

A tall, lattice-structured metal electricity pylon stands prominently in the center of the frame. It is silhouetted against a bright, low sun that creates a strong lens flare and illuminates the sky with a warm, golden light. The pylon is supported by several diagonal bracing beams. Power lines extend from the top of the pylon across the sky. The ground in the foreground is covered in snow, and a line of bare trees is visible in the background. The overall scene is a winter landscape at sunset or sunrise.

Kraftoverføringens kulturminner

Kraftoverføringens kulturminner

Kraftoverføringens kulturminner

Kraftoverføringens kulturminner

NVE-rapport nr. 17 – 2010

ISBN: 978-82-410-0728-6

ISSN: 1501-2832

Opplag: 5000

Forfattere: Sissel Riibe og Henning Weyergang-Nielsen, NVE

Design og ombrekking: Rune Stubrud, NVE

Ombrekking: 07 Gruppen AS

Kart: Øivind Bernhard Andersen, NVE

Trykk og innbinding: 07 Gruppen AS

Forsidefoto:

Mast nr 18 på ledningen Innset–Kanstadbotn. Foto: Sissel Riibe, NVE

Baksidefoto (fra venstre mot høyre):

Transformatorkiosk i Kragerø. Foto: Per Johnny Thoresen, Kragerø Energi AS

Måleinstrument i Ravneberget transformatorstasjon, Bergen. Foto: Henning Weyergang-Nielsen, NVE

Nedstigningstårn til underjordisk transformatorstasjon på Frogner i Oslo. Foto: Ivar E. Stav

Isolatorer på 22 kV-ledningen Porsa–Hammerfest. Foto: Sissel Riibe, NVE

Stolpetransformator ved Gjendesheim i Jotunheimen. Foto: Sissel Riibe, NVE

© Norges vassdrags- og energidirektorat, 2010

Henvendelser om denne boka rettes til:

Norges vassdrags- og energidirektorat

Postboks 5091 Majorstua

0301 Oslo

Telefon: 22 95 95 95

Telefax: 22 95 90 00

www.nve.no

Det må ikke kopieres fra denne boka i strid med åndsverksloven eller andre avtaler om kopiering inngått med Kopinor, interesseorgan for rettighetshavere til åndsverk.

Forord

Det er en glede å kunne presentere boka *Kraftoverføringens kulturminner*, som er sluttrapporten til et samarbeidsprosjekt mellom Statnett SF, Energi Norge, Riksantikvaren og Norges vassdrags- og energidirektorat.

Dette er den tredje av NVEs fire temaplaner om vassdrags- og energisektorens kulturminner. Denne gangen handler det om historien til en av de viktigste bærebjelkene i vårt moderne velferdssamfunn: overføringssystemet som er en sentral del av elektrisitetsforsyningen, de forbindelsene som bringer strømmen fra kraftstasjonene til forbrukerne.

I dag har vi et landsdekkende overføringsnett i Norge og godt utbygde forbindelser til andre land. Kraftoverføringens ledninger og stasjoner er til stede hvor vi enn ferdes, enten det er i en storby eller i mer landlige omgivelser. De er en del av infrastrukturen vår, på samme måte som veier, broer og jernbanelinjer.

Kraftledningene og stasjonene i overføringsnettet har tidligere ikke blitt viet særlig oppmerksomhet som kulturminner. I så måte er dette prosjektet et nybrottsarbeid – både i norsk og internasjonal sammenheng. Blant overføringsanleggene er det mange verdifulle kulturminner som vi må ivareta og forvalte på en god måte. Dette er en type kulturminner som gir et annet perspektiv på vår historie enn mer tradisjonell kulturarv.

Med dette prosjektet – og denne boka – ønsker vi å bidra til økt kunnskap om kraftoverføringens historie, og om den betydning elektrisiteten har hatt for utviklingen av det norske velferdssamfunnet. Vi håper at det vil gi økt forståelse og interesse for bevaring av denne typen kulturminner.

NVE retter en stor takk til de mange enkeltpersoner, nettselskaper og andre fagmiljøer som har bidratt med kunnskap og innspill under prosjektarbeidet. Deres innsats har vært veldig viktig for kvaliteten på prosjektet og denne sluttrapporten. Takk også til Statnett SF, Energi Norge og Riksantikvaren for et godt samarbeid.

Oslo, desember 2010



Agnar Aas
vassdrags- og energidirektør

Summary

The project entitled The Cultural Monuments of Power Transmission deals with one of the most important features of our modern welfare society – the power transmission system, which is a central part of the infrastructure of electricity supply. This system is the link between the power stations and the consumers and consists of power lines that transmit the electric power, as well as stations along the lines, which transform, switch and distribute the electric power. Throughout the history of Norwegian power transmission many valuable cultural monuments have been established, and these deserve to be taken care of and managed in a proper way.

From the perspective of cultural history, the history of power transmission is a brief one, but one that has played a decisive role in the development of society. From the very beginning with small, local electricity plants in the second half of the 19th century, the transmission grid has expanded to cover the entire country, and in addition it has developed links to other countries. Today, power lines, transformer stations and transformer substations are part of the public domain, whether in a city or in rural areas. They have become part of our “everyday landscape”.

The government has set out guidelines as to how the public sector shall ensure that a representative selection of its cultural monuments is recorded, managed, communicated and protected in a professional way. By way of this project the Norwegian Water Resources and Energy Directorate (NVE) is following up its responsibility for the cultural monuments of watercourses and the energy sector. NVE has previously implemented comparable projects for cultural monuments within power production (2006) and in watercourses (2010).

The main objective of the project is to present a selection of power transmission plants which are of value in terms of national cultural history. By this we mean a selection that reflects the development and diversity of power transmission installations in Norway. The selected installations will consti-

tute a documentation and communication of the history of the Norwegian power transmission.

In this project most of the installations considered for selection are linked to the main electricity grid and to the regional grid. The power transmission installations are considered in terms of their cultural context and cultural value. It needs to be emphasised that the selection shall exhibit the diversity as regards period, geographical situation, grid level and voltage level, technical solution and material use, adaptation to the landscape and the environment, architecture, area of application for the power and the organisation of the electricity supply. The selection also comprises installations associated with important historical milestones, political decisions and public involvement.

The project was initiated in the autumn of 2008 and is a cooperative effort between Statnett SF (the Norwegian state owned grid owner and operator), Energy Norway, the Norwegian Directorate for Cultural Heritage and NVE. The project was implemented by NVE, and a great many persons from grid companies and other professional environments have contributed much knowledge and professional competence in the field of power transmission in general, of other related professional fields, as well as knowledge of the individual installations that have been mentioned or selected.

This book is the final report of the project and consists of three main parts. The first part sets out information on the objective of the project and the project work itself. State directives are explained, as is NVE’s responsibility for the cultural heritage of watercourses and the energy sector. Management and conservation of the cultural monuments of power transmission, as well as proposals for follow-up, are also discussed.

By way of six articles, part two sheds light on the history of power transmission and electricity supply in Norway. The articles familiarise the reader with the history of the development

and is an introduction to the installations that have been selected. They provide an insight into various topics and professional fields, such as the organisation of the electricity supply, technical and technological development, landscape and environmental conditions and the architecture of the transformer stations. Finally, we gain an insight into the life of a line construction worker.

In the third part we present the selected power transmission installations, which are considered to be of cultural historical value in a national perspective. The selection consists of 24 power lines and 19 transformer stations. Each installation is described with a presentation of the installation’s background and history, and the technical construction is explained. Regarding the transformer stations, the architecture of the buildings is discussed, as is the relationship of the lines to the landscape and the environment. We also present a justification for why the installation has been selected. The description is supplemented by maps, pictures and illustrations, as well as reference to sources.

The book also contains an essay dealing with the individual’s relationship with nature, landscape and modern technology and attitudes to electricity and power transmission.

The final report of the project will serve as a professional basis for future work with management and conservation of the most important installations. This requires that both owners and authorities follow up the work. The final report also provides material for research and further communication of the Norwegian history of power transmission.

Through this project – and this book – we wish to bring to light more knowledge on the history of power transmission, and on the impact electricity has had on the development of the Norwegian welfare society. We hope that it will also provide increased understanding of and interest in conservation of these types of cultural monuments.

Innhold

Forord	5	DEL 3 Utvalgte anlegg	157
Summary	6	Utvalgte kraftoverføringsanlegg av nasjonal kulturhistorisk interesse	158
DEL 1 Om prosjektet	9	Ledninger	163
Elektrisitetslandet	10	Hammeren – Oslo	164
Prosjektets mål, arbeid og oppfølging	12	Tysso I – Odda Smelterverk	169
Helst glitrende byer, men også skogens ro	18	Glomfjord kraftverk – Glomfjord Industripark	175
<i>Gunnar Nerheim</i>		Hakavik – Asker	179
 		Follafooss – Steinkjer	184
DEL 2 Historikk	23	Taffjord – Nørve	190
Seks artikler om kraftoverføringens historie	24	Nore – Oslo	195
Fra turbin til lypære – utbyggingen av kraftoverføring i Norge	27	Porsa – Hammerfest	201
<i>Henning Weyergang-Nielsen</i>		Hol – Oslo	206
Organisering, samkjøring og systemansvar i norsk elforsyning	59	Nedre Vinstra – Oslo	211
<i>Dag Ove Skjold</i>		Lysebotn – Tronsholen	215
Kraftoverføringens teknologi og konstruksjoner	73	Bogen – Sortlandsund	219
Kraftledninger, landskap og miljø	95	Nea – Järpstrømmen	224
 		Innset – Kanstadbotn	228
Elektrisitetens hus, en arkitekturhistorie	107	Tokke – Rød	234
<i>Ivar E. Stav</i>		Hasle – Borgvik	239
Livet som ledningsbygger	143	Tunnsjødal – Strinda	243
<i>Dag Ove Skjold</i>		Alta - Kvæningen – Nordreisa	249
 		Refsdal – Fardal	255
		Boris Gleb – Kirkenes	260
		Orkdal – Snillfjord	264
		Sima – Dagali	268
		Grana – Orkdal	273
		Salten – Svartisen	276
		Stasjoner	283
		Tonsen	284
		Mosvatnet	290
		Paulinelund	295
		Hauen	299
		Smestad	305
		Namsos	310
		Katterat	315
		Moholt	320
		Børstad	324
		Flesaker	328
		Skollenborg	333
		Tronsholen	337
		Heggen	341
		Hasle	345
		Hammerfest	349
		Sengjanes	354
		Kristiansand	358
		Sautso	363
		Hillevåg	368
		Bilag	
		Begrepsforklaring	374
		Illustrasjonsliste	378
		Anleggsregister	381



"en sang i spente kabler"
Foto: Sissel Riibe, NVE



Del 1

Om prosjektet

Prosjektet *Kraftoverføringens kulturminner* tar for seg overføringssystemet i norsk elektrisitetsforsyning. Vi setter søkelyset på kraftledningene som transporterer strømmen fra produksjonsstedet, og på stasjonene som transformerer, kobler og fordeler elektrisiteten underveis mot forbrukerne. I denne boka, som er prosjektets sluttrapport, presenteres et utvalg ledninger og stasjoner som er vurdert som kulturhistorisk verdifulle i et nasjonalt perspektiv. Utvalget gjenspeiler utviklingen og mangfoldet av slike anlegg i Norge. Sammen med seks artikler som belyser ulike sider ved utviklingen av norsk elektrisitetsforsyning og overføringssystem, dokumenterer og formidler dette norske kraftoverførings historie. I de påfølgende sidene forteller vi mer om prosjektet og innholdet i denne boka.

Elektrisitetslandet

“Vi lever i en utviklings tid. Efter en stille utviklingsperiode i videnskabsmandens laboratorium erobrer tekniken med stormskridt alle arbeidsfelter i det daglige liv og bringer resultater, som selv ikke den dristigste fantasi for en menneskealder tilbage har kundet drømme om. ... Særlig er det elektriciteten, som har aabnet nye veie for udviklingen.”¹ Norske Electricitetsværkers Forening, 1908

I juli 1908 ga Norske Electricitetsværkers Forening ut heftet *“Elektricitetens praktiske anvendelse”*, som det innledende sitatet er hentet fra. På begynnelsen av 1900-tallet fikk stadig flere tilgang på elektrisitet, men foreningen mente at den fortjente å bli anvendt langt mer enn det som var tilfellet. Heftet ble derfor utgitt for å gjøre folk kjent med hva strømmen kunne brukes til, både i arbeidslivet og i hjemmene. I heftet finner vi også noen filosofiske tanker om fremtiden:

“Hvad electriciteten fremtidig kan udnyttes til, kan ingen vide. Dens art og væsen borger imidlertid for, at dens seiersgang vil vedvare, og at den vil erobre sig videre og videre felter til menneskenes nytte og kulturs fremme.”²

Den elektriske kraften hadde allerede i 1908 *“bevirket en hel omvæltning i det daglige liv over hele den civiliserede verden”³*, og vel hundre år etter at disse ordene ble skrevet, vet vi en god del mer om dens videre utnyttelse og seiersgang. Det som har gjort det mulig å utnytte elektrisiteten *“overalt”*, er oppbyggingen av overføringsnettene, som dette prosjektet – *Kraftoverføringens kulturminner* – setter søkelyset på. Før vi beveger oss inn i dette temaet, vil vi innlede med noen betraktninger om elektrisitetens betydning for den generelle samfunnsutviklingen.

Overgangen til et moderne industrielt samfunn kom senere til Norge enn til

1) Norske Electricitetsværkers Forening 1908:7
2) Norske Electricitetsværkers Forening 1908:2
3) Norske Electricitetsværkers Forening 1908:2

store deler av Europa for øvrig. For vår del er det vanlig å tidfeste inngangen til industrisamfunnet til omkring midten av 1800-tallet. Det store gjennombruddet for Norge som moderne industrinasjon kom imidlertid først på begynnelsen av 1900-tallet, med utnyttelsen av fossene til elektrisk kraft for ny storindustri, og etter hvert også stadig mer til alminnelig forbruk.

Til å begynne med var elektrisiteten et luksusgode, men den utviklet seg raskt til å bli den viktigste energikilden, både for industrien og i de tusen hjem. I privat sammenheng kom elektrisiteten i bruk først til belysning, etter hvert til husholdningsbruk, og deretter til oppvarming. I dag preger elektrisiteten vårt daglige liv i svært stor grad. Alt fra belysning til ulike husholdningsapparater, datamaskiner og mobiltelefoner drives direkte eller indirekte av elektrisk energi, og mange norske boliger baserer seg i dag utelukkende på elektrisk oppvarming. I dag er det norske folk vant til å ha tilgang på ubegrensede mengder elektrisitet med den beste kvalitet – *når vi trenger det og hvor vi enn finner oss.*

Elektrifiseringen har også hatt betydning for mange ulike samfunnsstrukturer. Sammen med oljen – og bilen – har elektrisiteten bidratt til at bosetningsmønsteret har endret seg og blitt mer løst fra naturgitte betingelser. Rammene for husbygging ble også langt friere etter hvert som man ikke lenger trengte å ta like mye hensyn til forhold som dagslys til trapperom og piper fra vedkomfyrer.

Samferdselssystemet ble bygget ut med elektrifiserte jernbaner, sporveier og forstadsbaner. Arbeidsforhold og yrkesstruktur endret seg dramatisk. Arbeidsplasser knyttet til gamle energisystemer forsvant og nye typer arbeidsplasser kom til. En lang rekke industri- og håndverksfag ble kraftig effektivisert på grunn av nye elektriske redskaper og hjelpemidler. Elektronisk teknologi har gjennomgått en utvikling som har gitt innpass på de fleste områder, og i dag er datamaskinen det viktigste arbeidsredskapet for svært mange mennesker. Datateknologien har i løpet av kort tid forandret vårt forhold til geografiske avstander.

I sitt verk *“The postmodern condition: A report on knowledge”* fra 1979 beskriver den franske filosofiprofessoren Jean-François Lyotard hvordan det moderne samfunnet har vært en tid for de store fortellingene. For Lyotard er de store fortellingene noe som samler folk og som får legitimitet utenfor sin egen tid. Disse fortellingene tilhører ikke små, fragmenterte grupper, men blir i stedet en del av den kollektive bevisstheten hos store befolkningsgrupper – og gjerne hos en hel nasjon. En av de virkelig store fortellingene som står igjen fra fremveksten av det moderne norske samfunnet, knytter seg til elektrifiseringen av landet vårt. Elektrifiseringen fremstår som et revolusjonerende tidsskille som satte befolkningen i en helt ny livssituasjon, med nye muligheter for en enklere hverdag og et bedre liv.

En sentral del av elektrifiseringens historie i Norge handler om overfø-

ringssystemet som bringer strømmen fra kraftstasjonene til forbrukerne. I dag har vi et landsdekkende overføringsnett i Norge og godt utbygde forbindelser til andre land. Kraftoverføringens ledninger og stasjoner er til stede hvor enn vi ferdes, enten det er i en storby eller i mer landlige og ubebodde strøk. De er en del av vårt samfunns infrastruktur, på samme måte som veier, broer og jernbanelinjer. De er en del av hverdagslandskapet.

De overføringsledningene og stasjonene som presenteres og omtales i denne boka forteller alle sine egne små historier, men de er samtidig en del av den store fortellingen om elektrifisering av det norske samfunnet.



Frimerke utgitt i 1985, da elektrisitetsforsyningen i Norge feiret 100 år. Motivet er ledningsarbeid over høyfjellet, etter et fotografi fra Zenith-Film i 1982. Kunstner: Sverre Morken. Posten Norge AS/Frimerketjenesten

Hva er kulturminner?

Med kulturminner menes alle spor etter menneskelig virksomhet i vårt fysiske miljø, herunder lokaliteter det knytter seg historiske hendelser, tro eller tradisjon til. *Kulturminneloven § 2.*

Hva betyr det at kulturminner har nasjonal verdi?

De dokumenterer sider ved kulturhistorien som kjennetegner og har vært viktige for utviklingen av landet som helhet. Videre kan de gjenspeile variasjonen ut over landet og særtrekk i for eksempel geografiske områder. Kulturminner av nasjonal verdi kan også ha lokal verdi, og omvendt.

Kraftsystemet i Norge

Elektrisk kraft blir produsert i kraftstasjoner og levert på overføringsnettet for deretter å bli transportert ut til forbrukerne. Kraftoverføringssystemet i Norge er inndelt i tre nivåer:

- Sentralnettet er landsdekkende og kan betegnes som riksveiene i norsk strømforsyning
- Regionalnettet fører strøm frem til de lokale områdene
- Distribusjonsnettet fordeler strømmen den siste strekningen frem til forbrukerne

Nettselskapene eier, driver og er ansvarlige for overføringsnettet. I 2010 har 158 selskaper i Norge nettvirksomhet på ett eller flere nivå. Mens det er konkurranse på produksjon og salg av kraft, er transport av strøm gjennom ledningene en monopolvirksomhet. Det vil være svært samfunnsøkonomisk ulønnsomt å ha konkurrerende nettselskaper som bygger parallelle strømmnett.

Du kan velge hvem du vil kjøpe strøm av, men du får den samme strømmen uansett hvilken kraftleverandør du velger. Kraftleverandøren kjøper inn strøm på kraftbørsen, direkte fra produsenter, eller de produserer strømmen selv.

I temaartikkelen *Kraftoverføringens teknologi og konstruksjoner* beskrives kraftoverføringssystemet med de tekniske komponentene utførlig. Det vises for øvrig til en egen *begrepsforklaring* i bokas bilagsdel.

Prosjektets mål, arbeid og oppfølging

Kulturminner representerer sentrale kilder til historien om utviklingen av det norske samfunnet. Dette prosjektet tar for seg historien til en av de viktigste infrastrukturene i velferdslandet Norge: overføringssystemet for elektrisitet.

Til tross for den betydningen som utbredelsen av elektrisiteten har hatt for samfunnsutviklingen, har anlegg knyttet til kraftoverføring tidligere ikke blitt viet særlig oppmerksomhet som materielle *kulturminner*, verken hos eierne, kulturminnemyndighetene eller blant allmennheten. Gjennom den norske kraftoverføringens historie er det imidlertid skapt mange verdifulle kulturminner som det er viktig å ivareta og forvalte på en god måte.

Tekniske og industrielle kulturminner har de siste tiårene fått økt oppmerksomhet, og behovet for dokumentasjon og bevaring er fremhevet av statlige myndigheter. Stortinget har også påpekt viktigheten av dette. Det har tidligere ikke vært gjennomført en systematisk kartlegging og vurdering av kraftoverføringsanlegg som kulturminner, og dette prosjektet er i så måte et pionerarbeid.

Med dette prosjektet følger NVE opp sitt ansvar for vassdrags- og energisektorens kulturminner. Tidligere har NVE gjennomført tilsvarende prosjekter for kulturminner i kraftproduksjon (2006) og i vassdrag (2010). I en egen faktaramme redegjøres det nærmere for de statlige retningslinjene og sektorens ansvar for kulturminner.

Målet med prosjektet

Hovedmålet med prosjektet er å presentere et utvalg kraftoverføringsanlegg av nasjonal kulturhistorisk verdi. Med dette menes et utvalg som gjenspeiler utviklingen og mangfoldet av

slike anlegg i Norge. Sammen med seks artikler om utviklingen på dette feltet, dokumenterer og formidler dette norsk kraftoverføringshistorie.

Prosjektet vil bidra til økt kunnskap om kraftoverføringens og elektrisitetsforsynings betydning for utviklingen av det norske velferdssamfunnet. Vi håper dette vil gi økt forståelse og interesse for bevaring av denne typen kulturminner.

Denne boka er prosjektets sluttrapport. Den er en temaplan som vil være et faglig grunnlag for fremtidig arbeid med forvaltning og bevaring av de viktigste anleggene. Dette krever oppfølging fra både eiere og myndigheter. Temaplanen gir også materiale til forskning og videre formidling av norsk kraftoverføringshistorie.

Avgrensning og omfang

Prosjektet omfatter overføringssystemet mellom kraftstasjonene og forbrukerne, og består av:

- *ledninger* for overføring av elektrisk kraft (luftledninger, kabler, master, traseer)
- *stasjoner* for transformering, omforming, kobling og fordeling av elektrisk kraft.

Det er i all hovedsak anlegg knyttet til sentral- og regionalnettet som er vurdert for utvelgelse. På grunn av prosjektets tidsramme har det ikke vært mulig å kartlegge kulturminneverdier i distribusjonsnettet, men noen få enkeltanlegg er likevel vurdert og tatt

med i utvalget. Kraftoverføringens og elektrisitetsforsynings historie beskrives mer i sin helhet i bokas *del 2 – historikk*. Der omtaler vi også anlegg som ikke er valgt ut. I innledningen til bokas *del 3 – utvalgte anlegg* gis det en grundig redegjørelse for hvilke anlegg som er kartlagt og vurdert for utvelgelse.

Beskyttelse av sensitiv informasjon om kraftforsyning

Det er av stor betydning for et moderne samfunn å ha en pålitelig kraftforsyning. Erfaringer fra blant annet siste verdenskrig har vist at det er nødvendig å beskytte visse opplysninger om kraftforsyningen for å redusere muligheten for effektive anslag som sabotasje, bombing og andre krigshandlinger.

Med hjemmel i tidligere lov av 1948 om forsvarsmessig sikring av kraftforsyningen, vedtok det daværende Industridepartementet alt tidlig på 1950-tallet sikkerhetsinstruksjoner som skulle hindre at uvedkommende fikk adgang til viktige kraftanlegg og sensitive opplysninger om slike anlegg. Bestemmelsene ble håndhevet av daværende Kraftforsyningens sivilforsvarnemnd. Denne type bestemmelser er revidert flere ganger og er blant annet gitt som ”sikkerhetsbestemmelser for kraftforsyningen” i Kronprinsregentens resolusjon av 11. januar 1991.

I dag er bestemmelsene om blant annet adgangskontroll, besøksrestriksjoner og beskyttelse av kraftsensitiv informasjon videreført i forskrift om

beredskap i kraftforsyningen fastsatt av NVE med virkning fra 2003, med hjemmel i energilovens kapittel 9 om beredskap. Sammen med ulike sikringstiltak skal slike tiltak i dag motvirke terror, sabotasje og andre kriminelle handlinger mot kraftforsyningen.

I denne sluttrapporten er disse bestemmelsene fulgt blant annet ved at det er gitt begrenset med informasjon om system, sårbarheter, sikringstiltak og andre sensitive forhold som kan misbrukes av uvedkommende. I beskrivelsen av de utvalgte anleggene er det derfor lagt vekt på den historiske fremstillingen. Av sikkerhetshensyn er det her kun gjort noen mindre justeringer i teksten, slik at ikke formålet med fremstillingen svekkes.

Fysiske sikringstiltak ved viktige kraftoverføringsanlegg

Kraftforsyningens sivilforsvarsnemnd påla ut fra nevnte lov av 1948 også forsvarsmessige sikringstiltak ved mange viktige kraftforsyningsanlegg. Bygningstekniske sikringstiltak har dermed i noen grad også satt sitt preg på arkitektur og annet utforming av mange anlegg fra etterkrigstiden. Utførelse med bygninger i solid plastøst betong, transformatorceller med bjelkestengsel ("splintvern") eller lagt i fjell er eksempler på dette. Av sikkerhetsgrunner har vi ikke omtalt slike tiltak spesielt i denne fremstillingen. Unntak er gjort ved noen få utvalgte anlegg der dette er ansett for å være av særlig historisk interesse. Også på dette området er relevante bestemmelser om sikring av kraftforsyningsanlegg videreført i beredskapsforskriften for kraftforsyningen.

Prosjektarbeid og sluttrapport

Organisering og samarbeid

Prosjektet er et samarbeid mellom Statnett SF, Energi Norge, Riksantikvaren og NVE. Det ble ledet av en styringsgruppe med representanter fra disse, og er finansiert av Statnett, Energi Norge og NVE med vel fire mil-

Prosjektets samarbeidspartnere

Statnett SF eier og driver hovedparten av sentralnettet, og er operatør for hele sentralnettet. Statnett har også det nasjonale ansvaret for å frakte strømmen og sørge for at strømproduksjon og strømforbruk er i balanse.

Energi Norge er en interesse- og arbeidsgiverorganisasjon for energibedrifter og er tilsluttet Næringslivets Hovedorganisasjon (NHO). Energi Norge organiserer 270 energibedrifter som produserer, transporterer og selger kraft.

Riksantikvaren er direktorat for kulturminneforvaltning og er faglig rådgiver for Miljøverndepartementet i utviklingen av den statlige kulturminnepolitikken. Riksantikvaren har også ansvar for at den statlige kulturminnepolitikken blir gjennomført.

Norges vassdrags- og energidirektorat (NVE) er direktorat under Olje- og energidepartementet med ansvar for å forvalte landets vann- og energiresurser. NVE ivaretar også de statlige forvaltningsoppgavene innen skredforebygging. NVEs Museumsordning har ansvaret for å koordinere arbeidet med dokumentasjon, systematisering og formidling av norsk vassdrags- og energihistorie.

Deltagere i prosjektarbeidet

Styringsgruppe:

Per Einar Faugli, NVE, leder	Helena Nynäs, NVE
Gustav Rossnes, Riksantikvaren	Kåre Schjetne, Statnett SF
Hans Olav Ween, Energi Norge	

Prosjektgruppe:

Sissel Riibe, prosjektleder, NVE	Henning Weyergang-Nielsen, NVE
----------------------------------	--------------------------------

Essay- og artikkelforfattere:

Gunnar Nerheim	Dag Ove Skjold
Ivar E. Stav	Henning Weyergang-Nielsen

Sentrale bidragsyttere:

Geir Bruun, Statnett
Erling Diesen, tidligere vassdrags- og energidirektør
Hans Haakon Faanes, professor emeritus i elkraftteknikk ved NTH/NTNU
Kåre Heskestad, Statnett
Jan Kure, Statnett
Knut Stabell, Statnett
Truls Sønsteby, NVE
Halvard Dahl Thommessen, Statnett
Rune Aasgaard, dr. ing. i geografisk informasjonsteknologi

Bokproduksjon:

Øivind Bernhard Andersen, NVE, kartografi
Jorunn og Michael Fergus, engelsk oversettelse
Stein Morch, bearbeiding og korrektur
Rune Stubrud, NVE, design og ombrekking
07 Gruppen AS, ombrekking og trykking



Lynet som symbol på elektrisitet. Fra utelampe på Kastellet transformatorstasjon fra 1925. Foto. Sissel Riibe, NVE

lions kroner. Prosjektet ble igangsatt høsten 2008 og har i løpet av to år gått gjennom fem faser:

- prosjektetablering og oppbygging av kontaktnett
- innsamling av informasjon, kartlegging av anlegg, befaringer
- verdivurdering og utvelgelse av anlegg
- utarbeidelse av fagartikler og anleggsbeskrivelser
- avslutningsfase med bokproduksjon

Arbeidet med prosjektet har involvert veldig mange. En prosjektgruppe på to personer tilknyttet NVEs Museumsordning har stått for den praktiske gjennomføringen og er sluttrapportens hovedforfattere. I sluttrapportens *del 2 – historikk* er noen av artiklene ført i pennen av faghistorikere, mens andre bygger på notater utarbeidet av fagpersoner innen energisektoren.

Et stort antall personer fra Statnett, mange nettselskaper og andre fagmiljøer har bidratt med mye kunnskap og fagkompetanse. Det gjelder både om kraftoverføringshistorie generelt, om de ulike fagområdene innen feltet, og om de enkelte anleggene som er omtalt eller valgt ut. I de enkelte artiklene og anleggsbeskrivelsene er det informert om hvilke muntlige kilder som er brukt. I tillegg har mange lagt til rette for at prosjektgruppen kunne besøke anlegg, og enda flere

har deltatt på befaringer. Mange har også stilt sine bilder og illustrasjoner til rådighet for prosjektet. I NVE har flere avdelinger bistått med hjelp og opplysninger, og medarbeidere i NVE har vært engasjert i bokproduksjonen.

Innsatsen fra alle disse har vært veldig viktig for prosjektarbeidet og kvaliteten på sluttrapporten. De som har vært mest sentrale bidragsytere i prosjektet, ut over artikkelforfattere og muntlige kilder, er nevnt i oversikten over deltagere i prosjektet.

Utvelgelsesprosessen

Kraftoverføringsanleggene er i dette prosjektet inndelt i to hovedgrupper, kraftledninger og transformatorstasjoner, som er vurdert med hensyn til kulturminneinnhold og -verdi. Utvelgelsesprosessen startet med en kartlegging av anlegg som var aktuelle for nærmere vurdering. Kartleggingen baserte seg på mange forskjellige kilder, både skriftlige og muntlige, samt kart, bilder, tegninger, databaser og internett.

Før det endelige utvalget ble foretatt, ble anleggene sortert etter ulike kategorier og vurdert ut fra forskjellige egenskaper. Det er lagt vekt på at utvalget skal vise spredning når det gjelder epoke, geografisk beliggenhet, nettnivå og spenningsnivå, tekniske løsninger og materialbruk, landskaps-

og miljøtilpasning og arkitektur, bruksområde for kraften og elektrisitetsforsynings organisering. Anlegg knyttet til viktige milepæler, politiske avgjørelser og folkelig engasjement er også valgt ut. For mer informasjon om utvelgelsesprosessen, vises det til innledningen i *del 3 – utvalgte anlegg*.

Sluttrapportens hoveddeler

Del 1 – om prosjektet innledes med noen betraktninger rundt elektrisitetens betydning i samfunnet. Det redegjøres for bakgrunnen for og målet med prosjektet, samt prosjektarbeidet og innholdet i sluttrapporten. Det informeres om statlige retningslinjer og NVEs ansvar for vassdrags- og energisektorens kulturminner. Forvaltning og bevaring av kraftoverføringens kulturminner, samt forslag til oppfølging av prosjektet, er også tema.

Del 2 – historikk belyser med seks artikler ulike sider ved kraftoverføringens og elektrisitetsforsynings historie. De gjør leseren kjent med sektorens historie gjennom innblikk i ulike temaer og fagområder. Artiklene er en introduksjon til anleggene som er valgt ut i prosjektet.

Del 3 – utvalgte anlegg presenterer kraftoverføringsanlegg som vurderes å være nasjonalt kulturhistorisk verdifulle. Utvalget består av 24 kraftledninger og 19 transformatorstasjoner. Hvert anlegg er presentert med en beskrivelse av bakgrunn og historikk, og det redegjøres for tekniske utførelse. For transformatorstasjonene omtales bygningenes arkitektur, og for ledningene forholdet til landskap og miljø. Til slutt gis det en begrunnelse for utvelgelsen av anlegget. Beskrivelsene suppleres med kart, bilder og illustrasjoner, samt henvisning til kilder.

Prosjektet inviterte også en "nøytral" stemme til å komme med noen refleksjoner om elektrifiseringen av landet. Idéhistoriker Gunnar Nerheims essay "*Helst glitrende byer, men også skogens ro*" handler om menneskets forhold til natur, landskap og moderne teknologi, og om holdninger til elektrisitet og kraftoverføringer. Essayet er plassert mellom del 1 og del 2 i boka.

Hvordan forvalte og bevare kraftoverføringens kulturminner?

Ansvar, eierskap og generell forvaltning

Olje- og energidepartementets sektoransvar for vassdrags- og energisektorens kulturminner ivaretas av NVEs Museumsordning, som dokumenterer og formidler historien og bidrar til å ta vare på kulturminner som reflekterer denne historien.

NVE er også konsesjons- og tilsynsmyndighet, og kan sette vilkår ved behandling av søknader om konsesjon (tillatelse) for kraftoverføringsanlegg etter energiloven. NVEs konsesjonsavdeling er dermed en sentral instans i oppfølgingen av dette prosjektet.

Hovedansvaret for å ta vare på kulturminner og kulturmiljøer ligger hos eierne. Kraftledninger og stasjoner i det norske kraftoverføringssystemet eies og/eller drives av nettselskaper. Disse selskapene har dermed hovedansvaret for å ta vare på anlegg som har kulturhistorisk verdi. Mange selskaper er opptatt av å formidle elektrisitetsforsynings historie innenfor sitt område, og en god del kraftoverføringsanlegg blir tatt godt vare på, spesielt stasjoner. Det finnes i tillegg en del utfasede anlegg av stor kulturhistorisk verdi, og enkelte stasjoner er overtatt av andre og tatt i bruk til nye formål.

Det overordnede faglige ansvaret for bevaring av kulturminner ligger hos kommunene og kulturminnemyndighetene på statlig og regionalt nivå. Som plan- og bygningsmyndighet har kommunene en nøkkelrolle i arbeidet med kulturminner. Det er kommunene som gjennom plan- og bygningsloven forvalter det viktigste juridiske virkemidlet for å sikre kulturminner som ikke er fredet eller kan fredes etter kulturminneloven. Kraftoverføringsanlegg i sentral- og regionalnettet som krever anleggskonsesjon etter energiloven, er imidlertid i hovedsak unntatt fra plan- og bygningsloven, mens anlegg innenfor områdekonsesjoner omfattes av loven.

Oppfølging av prosjektet

Å utpeke anlegg som kulturhistorisk verdifulle skaper forventninger om senere oppfølging. Det er utfordrende å finne løsninger som sikrer anleggenes historiske verdi for fremtiden. Arbeidet krever god dialog og samarbeid med en rekke aktører. Det omfatter i denne sammenhengen eierne, kommunene og kulturminnemyndighetene, samt NVEs Museumsordning og konsesjonsavdeling.

Aktuelle virkemidler for bevaring av kraftoverføringens kulturminner er:

- dokumentasjon
- bevarings hensyn satt som vilkår ved konsesjonsbehandling
- regulering til hensynssoner i henhold til plan- og bygningsloven
- fredning i henhold til kulturminneloven

Vi ser her nærmere på *dokumentasjon* og *konsesjonsbehandling*:

Stortingsmelding nr. 16 (2004–2005), *Leve med kulturminner*, konstaterer at fysisk bevaring av tekniske og industrielle kulturminner kun er mulig i begrenset omfang. Et alternativ til fysisk vern som virkemiddel for bevaring, er dokumentasjon. Dette er en *arkivmessig form for bevaring* som gir materiale til forskning og historiefremføring. For kraftoverføringsanlegg kan dette i noen tilfeller være en egnet løsning, for eksempel ved ombygging og fornying av ledninger. Dokumentasjon kan bestå av tegninger, skisser, intervjuer, beretninger, beskrivelser, foto, oppmåling og kart. Et godt eksempel på bruk av dokumentasjon som virkemiddel for bevaring, er Norsk Oljemuseums dokumentasjonsprosjekt for utvalgte oljeplattformen på norsk kontinentalsokkel.

Kraftledninger, transformatorstasjoner og andre elektriske anlegg i sentral- og regionalnettet kan kun bygges, eies og drives i medhold av en anleggskonsesjon etter energiloven § 3-1. Det samme gjelder ombygging eller utvidelse av bestående anlegg. Anlegg i distribusjonsnettet inngår i områdekonsesjon etter energiloven § 3-2.

For konsesjoner kan det i henhold til energiloven § 3-5 fastsettes nærmere

vilkår om blant annet vedlikehold, drift og nedleggelse av det elektriske anlegget. Det kan også fastsettes vilkår for å unngå skader på natur og *kulturverdier*. Denne bestemmelsen kan i utgangspunktet brukes som hjemmel til å stille vilkår om bevaring av kraftoverføringsanlegg som kulturminner. Det har imidlertid ikke vært praksis å bruke denne muligheten.

Det anbefales at NVE følger opp prosjektet slik:

- starte dialog med kulturminnemyndighetene om utfordringer, bevaringsformer og framtidig forvaltning av de utpekte anleggene
- formidle kunnskapen om disse verdiene i NVE, spesielt i fagmiljøene som arbeider med kraftoverføringsanlegg
- utrede ulike virkemidler, samt innarbeide rutiner for hvordan kulturhistorisk verdifulle kraftoverføringsanlegg skal tas hensyn til i NVEs saksbehandling, spesielt ved behandling av konsesjonssøknader
- følge opp med dokumentasjon og formidling av prosjektresultatene gjennom NVEs Museumsordning og museumsnettverket
- formidle anleggenes historiske verdier mer generelt gjennom for eksempel utstillinger, informasjonstiltak og arrangementer lokalt, regionalt, nasjonalt og internasjonalt
- gjennomføre en ny evaluering av kraftoverføringsanlegg om 10–20 år

I prosjektets vurdering av anlegg var det flere andre som kunne vært valgt ut. Det kan også komme frem ny informasjon om anlegg med kulturhistorisk interesse som dette prosjektet ikke har fanget opp. I tillegg er det flere temaer innen overføringsanlegg som kan belyses mer, som anlegg i distribusjonsnettet, overføringer knyttet til vindkraft, gasskraft og elektrifisering av sokkelen, samt kabler i jord og vann. Det er også fortsatt mye igjen å forske på innen arkitekturen til stasjonene i overføringsnettet.

Statlige føringer og sektoransvar for kulturminner

Det faglige grunnlaget for den norske kulturminnepolitikken er at Norge skal kunne vise frem mangfoldet i historien og kulturen. Dette er uttrykt både i stortingsmelding nr. 16 (2004–2005), *Leve med kulturminner*, og i stortingsmelding nr. 26 (2006–2007), *Regjeringens miljøpolitikk og rikets miljøtilstand*. Meldingene har følgende strategiske mål for kulturminnepolitikken: *“Mangfoldet av kulturminner og kulturmiljøer skal forvaltes og tas vare på som bruksressurser, og som grunnlag for kunnskap, opplevelse og verdiskapning. Et representativt utvalg av kulturminner og kulturmiljøer skal bevares i et langsiktig perspektiv”*.

Meldingene påpeker at statlige sektorer, som eier eller myndighetsutøver, har ansvar for å sikre at kulturhistoriske verdier blir tatt vare på i sektorpolitikken. Videre påpekes betydningen av at alle statlige sektorer utarbeider sektorvise verneplaner. Flere etater og statlige eiendomsforvaltere, eksempelvis Telenor (1998), Forsvaret (2000), Statens Vegvesen (2002) og Avinor (2009), har utarbeidet landsverneplaner, mens Statkraft (2010) er i gang. Planene utpeker bevaringsverdige anlegg og angir ulike verneklasser. De er utarbeidet med Riksantikvaren som sentral samarbeidspart.

I Olje- og energidepartementets *Miljøhandlingsplan for olje- og energisektoren* fra 1999 ble det formulert tre mål for sektorens kulturminner og kulturmiljøer:

- sikre at olje- og energisektorens kulturminner og kulturmiljøer ivaretas og forvaltes på en faglig forsvarlig måte
- sikre at olje- og energisektorens virksomhet ivaretar kulturminne- og kulturmiljøhensyn på en tilfredsstillende måte
- sikre ivaretagelse og formidling av forvaltningshistorien

Miljøhandlingsplanen påpekte den gang at både olje- og energisektoren manglet landsdekkende oversikter, dokumentasjon og vurdering av kulturminner. Departementet la til rette for at arbeidet var i gang i 2003 innen NVEs områder. Oljesektorens kulturminner omfatter blant annet oljeindustriens installasjoner, og i 2005 fikk Norsk Oljemuseum i oppdrag å utarbeide en kulturminneplan for petroleumsvirksomheten på norsk sokkel. Planen ble utgitt i 2010, og den presenterer et utvalg av anlegg og installasjoner som har nasjonal verdi som industrielle kulturminner.

NVEs arbeid med vassdrags- og energisektorens kulturminner

Norges vassdrags- og energidirektorat har i sin strategi for 2010–2014 uttalt at NVE skal ivareta og gi informasjon om vassdrags- og energisektorens kulturminner. Gjennom NVEs Museumsordning, som ble etablert i 2003, har direktoratet tatt ansvar for å utpeke og presentere nasjonalt bevaringsverdige anlegg innenfor sin sektor. Dette skal sikre god faglig dokumentasjon og gi en kulturminnefaglig vurdering av anlegg.

Formålet med NVEs Museumsordning er å *dokumentere, systematisere* og *formidle* historie tilknyttet norsk energi- og vannressursforvaltning, samt å bidra til å ta vare på kulturminner som reflekterer denne historien. Innenfor vassdrags- og energisektoren gjenspeiler kulturminnene både dagens og tidligere tiders bruk av vassdrag og tilknyttede arealer, og de forteller om elektrisitetens utbredelse i landet. Sektorens virksomheter spenner fra produksjon og overføring av elektrisitet til innretninger i vassdrag, så som kanaler, fløtningsinnretninger, dammer og flomverk.

NVEs temaplaner

I NVEs arbeid med sektorens kulturminner har fire tematiske prosjekter blitt prioritert. Det første prosjektet, *Kulturminner i norsk kraftproduksjon*, var ferdig i april 2006. Dette var et samarbeidsprosjekt mellom Riksantikvaren, kraftbransjen og NVE. Prosjektet presenterte 27 historisk verdifulle vannkraftverk. Det andre prosjektet, *Kulturminner i vassdrag – flom- og erosjonssikring, kanaler og miljøtiltak*, var ferdig i mars 2010 med presentasjon av 62 historisk verdifulle vassdragstekniske anlegg. Sistnevnte prosjekt tar opp sikring i, og tilrettelegging av, vassdrag. De påfølgende prosjektene er dette prosjektet, *Kraftoverføringens kulturminner*, samt prosjektet *Dammer som kulturminner*, forventet ferdig i 2011. I samtlige prosjekter har det vært nært samarbeid med Riksantikvaren.

For å skille NVEs arbeid fra statlige eiendomsforvalteres landsverneplaner, har NVE valgt å kalle sine prosjekter temaplaner. Dette er planer som tar for seg *“kulturminner som er knyttet til en statsetats virksomhet, men som ikke eies av staten”*, slik det er formulert i Riksantikvarens veileder *Arbeid med statlige verneplaner* (2003). Temaplanene er NVEs kulturminnefaglige bidrag til landsdekkende oversikter. De gir grunnlag for prioriteringer av anlegg i fremtidig bevaring og forvaltning av sektorens kulturminner. Siden NVE ikke eier anlegg, er eiernes og kulturminneforvaltningens oppfølging av temaplanene særdeles viktig.

Litteratur

- FOR 1991-01-11 nr 13: *Sikkerhetsbestemmelser for kraftforsyningen*. Olje- og energidepartementet.
- FOR 2002-12-16 nr 1606: *Forskrift om beredskap i kraftforsyningen*. Olje- og energidepartementet/NVE.
- Forsvarets bygningstjeneste (2000): *Landsverneplan for eiendommer, bygninger og anlegg i Forsvaret*. Oslo.
- Hovås, Elisabeth og Nynäs, Helena (2010): *Landsverneplan for Statkraft 2010*. NVE oppdragsrapport A 4/2010.
- LOV 1990-06-29 nr 50: *Lov om produksjon, omforming, overføring, omsetning, fordeling og bruk av energi m.m. (energiloven)*. Olje- og energidepartementet.
- Lyotard, Jean-François (1979): *The postmodern condition: A report on knowledge*. Manchester University Press.
- Miljøverndepartementet (2009): *Den europeiske landskapskonvensjonen. Hverdagslandskapet*. Brosjyre T-1475.
- Mømb, Anders (2010): *Kulturminner i vassdrag – flom- og erosjonssikring, kanaler og miljøtiltak*. NVE rapport nr. 8/2010.
- Norges vassdrags- og energidirektorat (2006): *Kulturminner i norsk kraftproduksjon*. NVE rapport nr. 2/2006.
- Norsk Telemuseum, Telenor AS (1998): *Historiske linjer – Verneplan for Telenors bygninger og installasjoner*. Oslo.
- Norske Elektrisitetsværkers Forening (1908): *Elektricitetens praktiske anvendelse*. Kristiania: J. Chr. Gundersens Bogtrykkeri.
- Olje- og energidepartementet (1999): *Miljøhandlingsplan for olje- og energisektoren 1999*.
- Olsen-Hagen, Bernt (red) (2009): *Kulturminner på norske luft-havner. Landsverneplan for AVINOR*. Oslo: Avinor.
- Riksantikvaren (2001): *Alle tiders kulturminner. Hvorfor og hvordan verner vi viktige kulturminner og kulturmiljøer?* Oslo: Riksantikvaren.
- Riksantikvaren (2003): *Arbeid med statlige verneplaner. Veileder*. Oslo: Riksantikvaren.
- Riksantikvaren (2010): *Kulturminner, kulturmiljøer og landskap. Plan og bygningsloven*. Veileder. Oslo: Riksantikvaren.
- Rossnes, Gustav (2007): *Dokumentasjon av industriminne*. I Fortidsminneforeningen: *Årbok 2007 – Kulturminner ute av bruk*, s. 48–54. Oslo: Fortidsminneforeningen.
- Statens vegvesen Vegdirektoratet (2002): *Vegvalg – nasjonal verneplan veger, bruer, vegrelaterte kulturminner*. Oslo.
- St. meld. nr. 16 (2004–2005): *Leve med kulturminner*. Miljøverndepartementet.
- St. meld. nr. 26 (2006–2007) *Regjeringens miljøpolitikk og rikets miljøtilstand*. Miljøverndepartementet.
- Tønnesen, Harald og Hadland, Gunleiv (2010) *Kulturminneplan for petroleumsvirksomheten på norsk sokkel*. Stavanger: Norsk Oljemuseum.

Helst glitrende byer, men også skogens ro

Gunnar Nerheim

Den intellektuelle og radikale eliten i Norge i siste del av 1800-tallet bekjente seg til utvikling og framskritt. Sosiale radikaler som Aasmund Olavsson Vinje, Eilert Sundt og Bjørnstjerne Bjørnson fant hverandre i en glad framtidstro. Veien fra mørke til lys, bokstavelig og i overført betydning, gikk gjennom ny vitenskap og teknologi og anvendelsen av denne.

Bjørnstjerne Bjørnson og hans samtidige i Norge befant seg midt i den intellektuelle strømmen internasjonalt. De herskende tanker og de herskendes tanker var dominert av troen på framskritt. Aasmund Olavsson Vinje og Eilert Sundt tillempet darwinismen til den alminnelige framskrittstro. Bjørnson var den mest optimistiske blant optimistene. Hvis det var bra nå, ville det bli enda bedre i framtiden.

Siden renessansen hadde utviklingen vært kjennetegnet av forbedringer og framskritt i kunnskap om mennesket og menneskets omgivelser, og vekst i naturvitenskapenes kunnskap. Det syntes som om det var et mønster i utviklingen av menneskenes historie som gikk i en bestemt retning, fra en mindre til en mer bestrebelsesverdig tilstand. På slutten av 1800-tallet var mange hellig overbevist om at anvendelsen av ny vitenskap og teknologi også ville føre til et bedre samfunn politisk og sosialt. Introduksjonen av det elektriske lyset rundt 1900 var nært knyttet til framskrittstroen og håpet om en bedre framtid og bedre verden.

Elektrifiserte byer var symbol på det moderne

Under verdensutstillingen i Paris i 1889 var Eiffeltårnet det store trekkplasteret. Men det elektriske lyset som var installert på strekningen mellom Place de la Concorde og operaen, vakte også begeistring. Besøkende på verdensutstillingen i Chicago i 1893 opplevde et elektrisk lyshav. Verdensutstillingen i Buffalo, New York i 1901 viste stolt fram betydningen av de nye, gigantiske kraftverkene ved Niagara-fallene. Et 130 meter høyt elektrisk tårn, som var dekket av 40 000 lyspærer, fanget publikums oppmerksomhet.

Glitrende byer ble symbolet på den moderne by. Gjennom kraftverksystemet tok mennesket kontrollen over naturkreftene og bestemte selv når og hvordan de skulle brukes for menneskelige formål. Kraftledningene ble symbolet på den hydrauliske sirkelen mellom himmel og jord. Kreftene i denne syklusen ble kontrollert gjennom den menneske-

bygd dammen. Vannet ble samlet opp og benyttet til lys, kraft og varme på det tidspunktet det passet menneskene, og ikke naturen. Dynamoene, den opplyste byen og den elektrifiserte fabrikken ble ikoner for det teknologisk opphøyde og storslåtte.

Slike forestillinger fant også god grobunn i Norge. I Bjørnsons novelle "Absalons hår" fra 1894 er hovedpersonen elektroingeniør. Etter utdanning i utlandet vender han tilbake til Norge med en grunnleggende tro på at han skal være med og løfte landet mot lys og velstand:

"Norge stod for ham som elektrisitetens forjettede land, fra dets uttallige fosser kan hele verden forsynes! Han så landet ligge i vintermørke, omglødet av elektrisk glans, han så det også som en verdensfabrik med skibe foran."

Det var ingen tilfeldighet at det ofte var Venstre-menn som kjempet mest iherdig for bygging av kraftverk og innføring av elektrisk lys i by og bygd. Tilfellet Gunnar Knudsen er best kjent. Han etablerte Norges første elektrisitetsverk for salg av strøm, Laugstol Bruk i Skien, og gjorde i 1893 Stortinget oppmerksom på hvilke muligheter Norge hadde som framtidig produsent av billig elektrisitet fra vannkraft. Kraften fra skittent kull skulle erstattes med kraften fra "hvit" og ren vannkraft. I tillegg ville Norge spare penger på mindre import av kull.

Det tok tid å gjøre vannkraftdrømmen til virkelighet. Dynamoene ved de første elektrisitetsverkene i landets to største byer, Oslo og Bergen, ble drevet med kull og damp. Da elektrisiteten fikk sitt virkelige gjennombrudd i Norge rundt 1905, var det nok mange ingeniører som følte seg litt som Bjørnsons Absalon. De bygde eventyrlig store kraftverk og var samtidig sentrale aktører i byggingen av det moderne, demokratiske Norge. Ingeniørenes følelse av å være spydspissen i utbyggingen av det gode samfunn gjennom elektrisitet, ble enda tydeligere i årene før og under første verdenskrig. Utbygging av kommunale elektrisitets-

verk ble definert som en viktig arbeidsoppgave for det kommunale selvstyre. Ingeniørens selvforståelse og kommunenes selvforståelse smeltet sammen. Det var et overordnet mål å sikre folk tilgang til billig elektrisitet så raskt som mulig. Når privat eiendomsrett kom i konflikt med interessene til fellesskapet, burde fellesskapets interesser prioriteres.

Den internasjonale høykonjunkturen under første verdenskrig ble høsten 1920 avløst av sviktende etterspørsel, prisfall og deflasjon. Norsk næringsliv ble hardt rammet, og norske kommuner fikk store problemer med å betale avdrag og renter på lån for nybygde elektrisitetsverk. Store planer og drømmer om kraftutbygging måtte innstilles og utsettes i påvente av bedre økonomiske tider. Men rådende oppfatninger om elektrisiteten som et gode og en løftestang for utviklingen av Norge, hadde ikke endret seg. Norske politikere og ingeniører i 1930-årene ville nok fortsatt ha sluttet seg helhjertet til mottoet for verdensutstillingen i Chicago i 1933: "Science Finds, Industry Applies, Man Conforms" – og også til diktet av Nordahl Grieg i 1926:

Ilden og lyset

*Der skjærer gjennom natten
høit over skog og hei,
en sang i spente kabler,
et øde sus på vei;
det er de løste krefter
fra svarte myr og tjern,
som dirrer mørkt der oppe
i stolpene av jern.*

Mer kraft, men også mer skogens ro

Vannkraftutbygging og produksjon av billig strøm var et prioritert samfunns mål de første tiårene etter andre verdenskrig. Under en debatt om prioriteringen av nye kraftverk i 1948 uttalte industriminister Lars Evensen at han var overbevist om at *"i våre fosser har vi i overskuelig framtid en kilde til økonomisk utvikling og framgang, og grunnlag for økt velstand og trivsel"*. Slike tanker i ulike varianter var en integrert del av den rådende kulturelle og politiske livsanskuelsen de to første tiårene etter andre verdenskrig.

Flertallet satte likhetstegn mellom elektrisitetsutbygging og modernisering. Enkelte med røtter og institusjonell forankring i naturvernbevegelsen, stilte spørsmål ved slike oppfatninger. Rundt 1900 ble det skapt forståelse for betydningen av å ta vare på gamle bygninger og minnesmerker, og om nødvendig frede dem for ettertiden. Men også naturverdier trengte vern. Fauna, flora og dyreliv i bestemte områder burde bevares slik de var. Verdens første nasjonalpark var Yellowstone i USA, opprettet i 1872 og etterfulgt av en rekke andre nasjonalparker både i Nord-Amerika og på andre kontinenter. Diktere, kunstmalere og naturforskere var ofte sterke talsmenn for naturvernet. Jotunheimen, med høye fjell, vakre vann og frodig plantevekst, fikk tidlig en sentral plass i litteraturen og blant fjellvandrere. I 1910 vedtok Stortinget *Lov om Naturfredning*. Den Norske Turistforening spilte en sentral rolle for å kjempe fram loven, og foreningen var gjennom årtier også den mest kritiske stem-

men når det gjaldt å påpeke negative konsekvenser ved kraftutbygging og kraftoverføring.

Kunne det være riktig å legge så mange av landets mektige fosser i rør, neddemme store landskapsområder og foreta blodige snitt i landskapet for å gi plass til stadig større kraftledninger? Kraftoverføringsnettene var en sentral del av elektrifiseringen, og flertallet mente at inngrep og sår i naturen var en pris samfunnet måtte akseptere for å oppnå et høyere gode. Etter hvert fikk flere problemer med kraftsosialismen. Det ble stadig oftere konflikt rundt valg av traséer for kraftledninger. Den første store saken blusset opp i Oslo i 1946 i forbindelse med valget av trasé for kraftledningen gjennom Nordmarka.

Oslo hadde ventet lenge på elektrisitet fra et nytt kraftverk i Hol i Hallingdal. Kraftledningen fra Hol til Oslo ville med 187 km bli den lengste i landet, og med 220 kV markerte den også ny norsk rekord i overføringsspenning. Friluftsfolket ble klar over at Oslo Lysverker skulle bygge en stygg kraftledning midt gjennom deres turområder i Nordmarka. Utsikt og skogens ro på søndagsturen ville bli forstyrret. Det ble organisert flere folkeaksjoner imot. Da formannskapet behandlet saken, gikk det fakkeltog fra Youngstorget til Rådhuset med paroler om at politikerne måtte finne en alternativ trasé. Politikerne tok ikke hensyn til folkeaksjonen.

Vi liker ikke konsekvensene av kraftforsyningen

Den gang ville Oslo-folk gjerne ha elektrisk kraft, men protesterte mot ledningene som var nødvendige for å transportere kraften fra Hallingdal til Oslo. I slutten av 1950- og 1960-årene ble det lignende protester i forbindelse med kraftutbygging og kraftledninger andre steder i Norge. Det store gjennombruddet for motkreftene mot kraftutbygging kom i 1970-årene, ikke bare i Norge, men også i USA og Vest-Europa. Radikal ungdom i Tyskland gikk til aksjon mot utbygging av atomkraft ut fra mottoet "Atomkraft – Nein Danke!"; radikal ungdom i Norge reiste til fjells for å lenke seg sammen mot gravemaskinene som skulle legge naturperler og fosser i rør. Var det ikke snart nok vekst og nok elektrisitet?

I spenningen mellom kraftutbygging og naturvern fikk verneverdig natur sterkere argumentasjonskraft enn noen gang tidligere i Norges historie. Det kom til uttrykk gjennom *Mardøla*-aksjonen sommeren 1970, og ved konflikten rundt *Alta*-utbyggingen i slutten av dette tiåret og begynnelsen av 1980-årene. Arbeiderpartiet hadde i hele etterkrigstiden vært garantisten for kraftsosialisme og vekst. Det ble etter hvert plagsomt for partiet at ungdom med sympati for nullvekstfilosofi og miljøvern forlot partiet til fordel for SV og Venstre. I 1970-årene var det stadig flere i landets dominerende parti som mente at partiet burde skifte kurs i energipolitikken. Materiell vekst måtte veies mot ikke-materielle goder, og bevaring av verneverdig natur var et av de viktigste ikke-materielle godene. Nærmiljø, næringsliv, arbeidsplasser og muligheter for kulturell og sosial velferd i vid forstand, ble tillagt større vekt i



Illustrasjon fra forsiden av boka "Die Elektrizität und ihre Technik" av W. Beck, Leipzig 1898

samfunnsdebatten. Protester mot bygging av kraftledninger i nærmiljøet ble fremmet med stadig større styrke. Skulle kraftledninger bygges, burde de graves ned.

Aldri har så mange nordmenn bodd i gjennomelektrifiserte urbane strøk som i dag. Det er et tankekors at det er den urbane delen av befolkningen, som er helt avhengig av elektrisiteten som system hver eneste dag, som sterkest ønsker å se uberørt natur når de i fritid og ferier søker skogens ro. Siden 1970-årene har vi måttet lære oss å leve med det paradokset at en sikker og tilstrekkelig strømforsyning er en sentral bærebjelke i vår hverdag, samtidig som vi helst ikke vil se kraftledningen som binder sammen foss og by. Den hissige debatten som blusset opp sommeren 2010 om bygging av kraftledning mellom Sima og Samnanger i Hardanger, er en god illustrasjon på herskende holdninger i den norske offentligheten vel hundre år etter at kraftutbyggingen ble ansett å være en hovedvei i byggingen av det moderne Norge.

Ny teknologi er verken god eller dårlig, men den er heller ikke nøytral. Våre politiske og verdimessige standpunkter i spørsmål om natur og energibruk kommer ofte i konflikt med hverandre. Vårt konkrete forhold til elektrisitet og kraftforsyning, til kraftverk og kraftledninger, er i begynnelsen av det 21. århundre mer konfliktfylt enn noen gang siden de første gatelysene ble tent i norske byer.

Gunnar Nerheim (f. 1949) er professor i økonomisk historie ved Det humanistiske fakultetet, Universitetet i Stavanger. Han var direktør ved Norsk Teknisk Museum 1995–2005. De siste 20 årene har Nerheim vært forfatter eller medforfatter i flere bøker om norsk elektrisitets- og oljehistorie.

Litteratur:

- Berntsen, Bredo (1977): *Naturvernets historie i Norge*. Oslo: Grøndahl.
- Bjørnson, Bjørnstjerne (1894): Absalons hår. I *Nye fortællinger*. Kristiania.
- Grieg, Nordahl (1926): *Ilden og lyset*. Dikt.
- Johannessen, Finn Erhard (1992): *I støtet. Oslo Energi gjennom 100 år, 1892–1992*. Oslo: Ad Notam Gyldendal.
- Nerheim, Gunnar og Gjerde, Kristin Øye (1998): *Energiske linjer. Stavanger Energi gjennom 100 år, 1898–1998*. Stavanger: Stavanger Energi AS.
- Nerheim, Gunnar (1999): Elektroingenjørene og det industrielle gjennombrudd, 1890–1920. I *Volund 1997–1998. Årbok for Norsk Teknisk Museum*, s. 7-46. Oslo: Norsk Teknisk Museum.
- Nye, David E. (1990): *Electrifying America. Social Meanings of a New Technology*. Cambridge, Mass.: MIT Press.
- Nye, David (1994): *American Technological Sublime*. Cambridge, Mass.: MIT Press.
- Nye, David (1998): *Consuming Power. A Social History of American Energies*. Cambridge, Mass.: MIT Press.
- Pollard, Sidney (1968): *The Idea of Progress. History and Society*. Harmondsworth: Penguin Books.
- Svensden, Paulus (1940/1979): *Gulladerdrøm og utviklingstro. En idéhistorisk undersøkelse*. Oslo: Gyldendal.
- Thue, Lars (1994): *Statens kraft. Kraftutbygging og samfunnsutvikling 1890–1947*. Oslo: Cappelen.



Utsnitt av helkapslet apparatanlegg isolert med SF₆-gass.
Foto: Sissel Riibe, NVE

Del 2

Historikk

Elektrisitetsforsyningen og utbyggingen av kraftoverføringssystemet i Norge har utviklet seg mye siden pionertiden sist på 1800-tallet. Gjennom seks artikler belyser vi her de samfunnsmessige og teknologiske hovedtrekkene ved denne utviklingen. Vi går først grundig gjennom hovedfasene i utbyggingshistorien her til lands, fra de første spede forsøkene i 1870-årene, gjennom 1900-tallet, og helt frem til anlegg bygget i det nye tusenåret. Så går vi mer i dybden og ser på den norske elektrisitetsforsyningens organisering. Videre gis det en innføring i kraftoverføringens tekniske og teknologiske utvikling, vi setter søkelyset på kraftledninger i forhold til landskap og miljø, og retter oppmerksomheten mot arkitekturen til stasjonene i overføringssystemet. Avslutningsvis får vi et innblikk i livet som ledningsbygger.

Seks artikler om kraftoverføringens historie

I denne delen settes kraftoverførings-systemet og elektrisitetsforsyningen i Norge inn i en historisk sammenheng. Utbyggingen av overføringsanlegg har gjennom årene blitt endret og utviklet som følge av mange ulike faktorer: Nye arbeidsmetoder, tekniske nyvinninger og utvikling av teknologisk kunnskap har påvirket både dimensjoner på og utforming av kraftledninger og stasjoner i overføringssystemet. Politiske, organisatoriske og økonomiske forhold har hatt stor betydning for utviklingen. Det har også skiftende holdninger til utbygging av både kraftverk og overføringsanlegg. Gjennom seks artikler belyses de ulike sidene ved kraftoverføringens og elektrisitetsforsyningens historie. Formålet med artiklene, som det er gitt resymé av nedenfor, er flerdelt:

- De vil gjøre leseren kjent med sektorens historie, gjennom innblikk i ulike temaer og fagområder. Forhåpentligvis vil de også gi impulser til å søke etter mer informasjon, for eksempel i litteraturen som det er vist til i hver artikkel.
- De gir en historisk og faglig bakgrunn for de anleggene som er valgt ut i prosjektet.
- De beskriver anlegg og sider ved kraftoverføringens historie som ikke omtales i forbindelse med de utvalgte anleggene i dette prosjektet. Blant annet omtales det anlegg som ikke lenger eksisterer.
- De er referanse til beskrivelsene av de utvalgte anleggene. Når man for eksempel leser om de tekniske installasjonene i en transformatorstasjon, vil artikkelen om kraftoverføringens teknologi og konstruksjoner gi mer innsikt i dette fagfeltet.

Fra turbin til lyspære – utbyggingen av kraftoverføring i Norge

I den første artikkelen tar Henning Weyergang-Nielsen oss med gjennom utbyggingshistorien i Norge. Artikkelen forteller om overføringsanlegg som er bygget i ulike tidsepoker, helt fra pionertiden i andre halvdel av 1800-tallet frem til vår tids anlegg for nasjonalt sentralnett og kraftutveksling med kontinentet, muliggjort med moderne teknologi. Den omhandler anlegg fra forskjellige deler av landet, i både byer og grisevredte strøk, og anlegg bygget for ulike bruksformål. Både små og store anlegg, med forskjellige tekniske løsninger, beskrives. I tillegg omtales markeds- og organisatoriske forhold som har virket inn på både utbyggingen og elektrisitetsforsyningen.

Organisering, samkjøring og systemutvikling i norsk elforsyning

Dag Ove Skjold tar for seg organiseringen av den norske elektrisitetsforsyningen, og gjennomgår utviklingen fra de tidligste, små og lokale anlegg til dagens mangfoldige organisasjons- og eierstruktur. Systemutviklingen i Norge sammenlignes med forholdene i andre industrialiserte land. Stikkord for innholdet er storskalaideologi, samkjøring, systemansvar, statens rolle, lokal selvvråderett og liberalisering.

Kraftoverføringens teknologi og konstruksjoner

Denne artikkelen omhandler de ingeniørfaglige sidene ved kraftoverføringssystemet. Den beskriver utviklingen av teknologi og konstruksjoner i overføringsanlegg, fra pionertidens lokale anlegg med lav spenning og

korte ledninger til dagens likestrømsforbindelser i lange sjøkabler til utlandet. Vi får en innføring i de viktigste komponentene i overføringsledninger og i systemets koblings-/transformatorstasjoner. Artikkelen beskriver også utviklingen innen planlegging, konstruksjon og bygging av kraftledninger. Dette gir et nyttig grunnlag for å forstå beskrivelsene av teknisk utførelse i presentasjonene av de utvalgte anleggene.

Artikkelen bygger på tekster skrevet av følgende fire ingeniører i teknologi- og prosjektdivisjonen i Statnett: Geir Bruun, Kåre Heskestad, Jan Kure og Halvard Dahl Thommessen. I tillegg har Rune Aasgaard, dr. ing. i geografisk informasjonsteknologi, og Hans Haakon Faanes, professor emeritus i elkraftteknikk ved NTH/NTNU, vært viktige bidragsytere til innholdet i artikkelen.

Kraftledninger, landskap og miljø

I denne artikkelen settes søkelyset på kraftledningene og deres omgivelser. Vi ser på hvordan hensynet til ulike aspekter ved landskap og miljø, sikkerhet og helse er ivarettatt ved bygging av kraftledninger gjennom ulike faser. Artikkelen belyser hvordan holdninger til både kraftverk og overføringsledninger har skiftet gjennom tidene. Det gis også en kort innføring i de mest sentrale lovene knyttet til verne spørsmål og bygging av kraftoverføringsanlegg. Artikkelen bygger på tekst skrevet av spesialrådgiver Knut Stabell i teknologi- og prosjektdivisjonen i Statnett.

Elektrisitetens hus, en arkitekturhistorie

Stasjonene i kraftoverføringssystemet spenner fra små transformatorkiosker

som står som smykker i en by, til store anlegg omringet av høye gjerder. I denne artikkelen tar Ivar E. Stav for seg stasjonene i forhold til arkitekturens utvikling siden forrige århundreskifte. Det blir redegjort for de tekniske installasjonene som legger føringer for utformingen av denne typen bygninger, og arkitektens og ingeniørens rolle i arbeidet blir diskutert. En viktig del av artikkelen er eksemplene som viser hvordan forskjellige epokers arkitektur gjenspeiles i "elektrisitetens hus".

Livet som ledningsbygger

Ledningsbyggerne representerer en arbeiderkultur som har stått helt sentralt i byggingen av det moderne Norge. I denne artikkelen gir Dag Ove Skjold oss et innblikk i hvordan arbeidsforhold og anleggsliv ved bygging av kraftledninger har vært og utviklet seg. Artikkelen beskriver hvordan det var å arbeide i kronglete terreng og sprengkulde med dårlige arbeidsklær, og hvordan det praktiske byggearbeidet ble lettere med nye tekniske hjelpemidler. Vi får også en levende skildring av livet på "brakka" med hensyn til bostandard og sosiale forhold.



Riis transformatorstasjon i Oslo. Utsnitt av bygningen med hjørnetårnet fra 1918. Foto: Sissel Riibe, NVE



Vindeltrapp i smijern ved Riis transformatorstasjon i Oslo. Foto: Sissel Riibe, NVE

Artikkelforfattere

Dag Ove Skjold (f. 1969) er utdannet historiker fra Universitetet i Oslo. Han har vært ansatt som forsker ved Handelshøyskolen BI, og er i dag doktorgradsstipendiat ved Høgskolen i Vestfold. Skjold har publisert en rekke bøker om norsk økonomisk historie på 1800- og 1900-tallet. Av energihistoriske studier har han blant annet skrevet "*For velferd og industri*", bind to i prosjektet "*Statens kraft*", og "*Statens Nett. Systemutvikling i norsk kraftforsyning 1890–2007*", sammen med professor Lars Thue. Han arbeider for tiden med en doktoravhandling om organiseringen av den norske kraftsektoren.

Ivar E. Stav (f. 1944) er cand. jur. fra Universitetet i Oslo i 1970 og cand. philol. med hovedfag i kunsthistorie fra Universitetet i Bergen i 1994. Fra 1996 til 2007 var han konservator hos kulturminneforvaltningen i Østfold fylkeskommune. Han var engasjert av NVE i forprosjektene til Verneplan for kraftverk i Norge og Kraftoverføringens kulturminner, og skrev den arkitekturhistoriske artikkelen i boken "*Kulturminner i norsk kraftproduksjon*". Stav har publisert artikler og holdt foredrag om industriarkitektur, teknisk-industrielle kulturminner og bilismens historie.

Henning Weyergang-Nielsen (f. 1979) er utdannet master i kulturminneforvaltning fra NTNU i Trondheim i 2008, med betydelig fokus på dokumentasjon og formidling av tekniske og industrielle kulturminner. Han er engasjert som rådgiver ved NVEs Museumsordning i prosjektet Kraftoverføringens kulturminner.



Utsikt mot Oslofjorden fra tårnet
på Riis transformatorstasjon.
Foto: Sissel Riibe, NVE

Fra turbin til lyspære – utbyggingen av kraftoverføring i Norge

Henning Weyergang-Nielsen

“Man staar lige overfor en helt moderne kraft, som rykker suverænt og skinnende inn i alle gamle forhold. En uendelig energi, der øser af selve naturen – en ild, der ikke hurtig og brutalt fortærer sin næring, men som holder sig straalende og let i det usmeltelige metal. Det hele er som et moderne mirakel. Mirakuløst er det, hvorledes denne fine kraft har trængt inn og erobret alle gebeter, ligefra de store larmende fabrikanlæg og ned til den unge dames krølltang.”¹

Dagbladet nr. 66, 7.3.1908

I vår tid kan vi mennesker lett ta elektrisiteten for gitt. Elektrisitet har blitt et dagligdags fenomen, med en rekke forskjellige bruksområder – både de helt åpenbare og de vi ikke like lett legger merke til. Det ligger imidlertid en meget lang prosess bak at Ola og Kari i dag kan koke en liter vann på to minutter, eller ta inn lyd og bilder fra

1) *Johannessen 1992: 58*

alle verdenshjørner, kun ved hjelp av å trykke på en liten knapp. Den elektriske kraften må produseres, og den må – som vi særlig skal fokusere på i denne artikkelen – transporteres og overføres til forbrukerne.

Kraftoverføringshistorien er preget av kontinuerlig utvikling. Overføringsnettet har stadig blitt utvidet, dimen-

sjoner og spenningsnivå likeså, og man kan se en stadig sterkere organisatorisk og markedsmessig integrering. Nye milepæler innen vitenskap og teknikk har stadig blitt nådd, hindringer har blitt overvunnet både i kontorer og møterom, på tegnebrettet og ute i felt, og bare her til lands har vi hatt flere særegne utfordringer. La oss starte med begynnelsen.



Elektrisk lys i enden av tunnelen. Ledningstunnel i Glomfjord, Nordland. Foto: Statkraft

Pionertid (1800-tallet)

“Tiden vil kanskje gi oss effektive midler til overføring av kraft over store avstander, men jeg kan ikke holde meg tilbake fra å peke på en metode som etter min mening bør kunne overveies, nemlig den elektriske ledning.”²

Charles W. Siemens, 1877

Allerede tidlig i antikken ble det kjent, gjennom den greske filosofen og vitenskapsmannen Thales fra Miletos omkring 600 år f. Kr, at rav hadde en magnetisk effekt og evnen til å trekke til seg lette ting når det ble gnidd. Det var imidlertid ikke før på 1800-tallet at man virkelig fikk en større utnyttelse av dette fenomenet. I 1820 påviste den danske fysikeren H. C. Ørsted sammenhengen mellom magnetisme og elektrisitet, og i 1831 skapte engelskmannen Michael Faraday den første elektromotoren. Begynnelsen for den praktisk brukbare sterkstrømsteknikken kan nok likevel dateres til 17. januar 1867, da Werner Siemens avslørte prinsippet for sin dynamoelektriske maskin.

Den tidlige elektrifiseringen

I elektrisitetens første fase fantes det

små muligheter for overføring av strøm over noe særlig avstand, og de fleste anlegg var derfor bedriftsinterne. Først ut her til lands var Lisleby Brug i Fredrikstad, der en liten dynamo ga strøm til to lysbuelamper allerede i 1877, mens det første vannkraftverket ble satt i drift i 1882 for å gi lys til åtte lysbuelamper i nikkलगруvene på Senja i Troms.

Det første elektrisitetsverket i landet som solgte strøm til private abonnenter, var Laugstol Brug i Skien, etablert i 1885. Med utviklingen av vekselstrømsystemet med opp- og nedtransformering, patentert av franskmannen Lucien Gaulard og hans britiske foretningspartner John D. Gibbs i 1881, fikk man imidlertid helt nye muligheter for lengre kraftoverføringsledninger. Høsten 1891 bygget

2) Johnsen 1971: 10

AEG og Oerlikon en trefase høyspentoverføring over 175 km, fra et vannkraftanlegg i Lauffen til den internasjonale elektrotekniske utstillingen i Frankfurt am Main. Dette var verdens første høyspente overføring med vekselstrøm, og innledningen til det trefase, høyspente kraftoverføringssystemet vi fortsatt ser i dag.

Selv om Norge lå et stykke etter i den begynnende elektrisitetsutviklingen, var vi forholdsvis tidlig ute med anvendelse av høyspent elektrisk kraftoverføring. Først ute var Hammerfest, mye takket være initiativrike krefter i byen, og da særlig telegrafist H. Wingaard Friis som hadde studert elektroteknikk i utlandet. Det fantes et passende vannfall med 40 meters fallhøyde i byens umiddelbare nærhet, og fra kraftverket som fikk navnet Elmstrand, bygget man i kommunal regi en ledning inn til sentrum



Kykkelsrud er et av de eldste, virkelig store kraftverkene i Norge, og har også en sentral plass som kraftprodusent til et overføringssystem som i sin tid var av oppsiktsvekkende dimensjoner. Første byggetrinn ble satt i drift i 1903. På bildet ser vi kraftverket etter utvidelsene i 1914. Foto: Statnett



for å forsyne byens belysning. Overføringen omfattet to strømsystemer: høyspent likestrøm for gatelysets buelamper i serie, og høyspent énfase vekselstrøm til belysning ellers i byen. Ledningen som ble satt i drift i 1891, var til sammen 1,8 km lang med et spenningsnivå på 1 kV. Dette var også verdens nordligste kraftledning.

Sentrale elektrisitetsverk

På slutten av 1800-tallet dukket det opp stadig flere private, stort sett dampdrevne blokkstasjoner for produksjon av elektrisk kraft til enkeltkvartaler i byene. Bare i Kristiania hadde man ved århundreskiftet om-

kring 100 av disse. Samtidig fikk også flere byer sentrale elektrisitetsverk, og til forskjell fra blokkstasjonene, som sjelden hadde overføringsanlegg av særlig betydning, kunne man stadig oftere se slike anlegg i forbindelse med enkelte av de sentrale elektrisitetsverkene.

Av de viktigste kan nevnes Røros Kobberverk, som forsynte sine tre største gruver med kraft fra Kuraasfossen over et 5 kV-nett på rundt 25 km i 1896. Snart fikk også smeltehytta inne i bergstaden elektrisitet fra dette, og samtidig ble det levert strøm til gatebelysning og noen nabobygninger. Dette var Norges første trefase veksel-

Hammerfest ble i 1891 den første byen i Norge med kommunal gatebelysning. Foto: Hammerfest Energi

strømoverføring av betydning. Ikke lenge etterpå fulgte Fredrikstad som fikk kraft over en 17 km lang 5 kV-ledning fra Hafslund, og Hønefoss som fikk kraft over en 12 km lang 4 kV-ledning fra Kvernvolden i Soknedalen. Begge disse ledningene ble satt i drift i 1899.

En ny milepæl i den norske kraftoverføringshistoriens første fase ble nådd 21. november 1900, da A/S Kristiansand Fossefald satte i drift en overføringsledning fra Kringsjø kraftstasjon i Otravassdraget til Kristiansand. Ledningen ble bygget med uimpregnerte trestolper med 35 meters spennvidde. Den ble bygget for 10 kV trefase vekselstrøm og var 22 km lang, og satte dermed ny norsk rekord både når det gjaldt lengde og spenningsnivå. Sett ut fra datidens forutsetninger var byggingen av denne overføringen et meget krevende prosjekt, og anleggsarbeiderne i den tilknyttede rallarleiren "Beverstaden" ble beskrevet som særdeles staute og seige karer. Ledningen mellom Kringsjø og Kristiansand var altså et pionerprosjekt i sin tid, men den ble samtidig bygget i en periode preget av en rivende utvikling innen overføringsteknikk. Det skulle derfor ikke gå lang tid før denne ledningens norske rekorder i både lengde og spenningsnivå ble grundig forbigått.



Apparatpulter i maskinrommet på Ankerløkka sekundærstasjon, der vekselstrømmen fra Hammeren kraftverk ble omformet til likestrøm. Opprinnelig gikk litt over halvparten av produksjonen til sporveiene, mens resten gikk til alminnelig forsyning. Bildet er tatt i 1914. Ukjent fotograf. Fra arkivet etter Oslo Lysverker / Oslo byarkiv

Korte ledninger – monumentale stasjoner (1900-1920)

“Byens elektriske erobring skrider stadig fremad”³

Ørebladet, 7.3.1908

Begynnelsen av 1900-tallet var en tid da elektrisiteten virkelig befestet sin posisjon i de norske byene, og da vannkraften en gang for alle etablerte seg som vårt lands viktigste energikilde. I hovedstaden hadde for eksempel bare et fåtall av innbyggerne tilgang på elektrisitet ved århundreskiftet, mens ca 90 prosent hadde slik tilgang i 1920. Kraften kom som regel fra vannkraftanlegg like utenfor bygrensene, og fra disse ble det bygget overføringer med kobberliner inn til transformatorstasjoner i befolkningsentraene. Disse mottakerstasjonene ble ansett som viktige statusanlegg, og bygningene fikk derfor ofte et påkostet og monumentalt uttrykk. Dette var også en tid med en stadig tydeligere overgang fra privat til kommunal elektrisitetsforsyning.

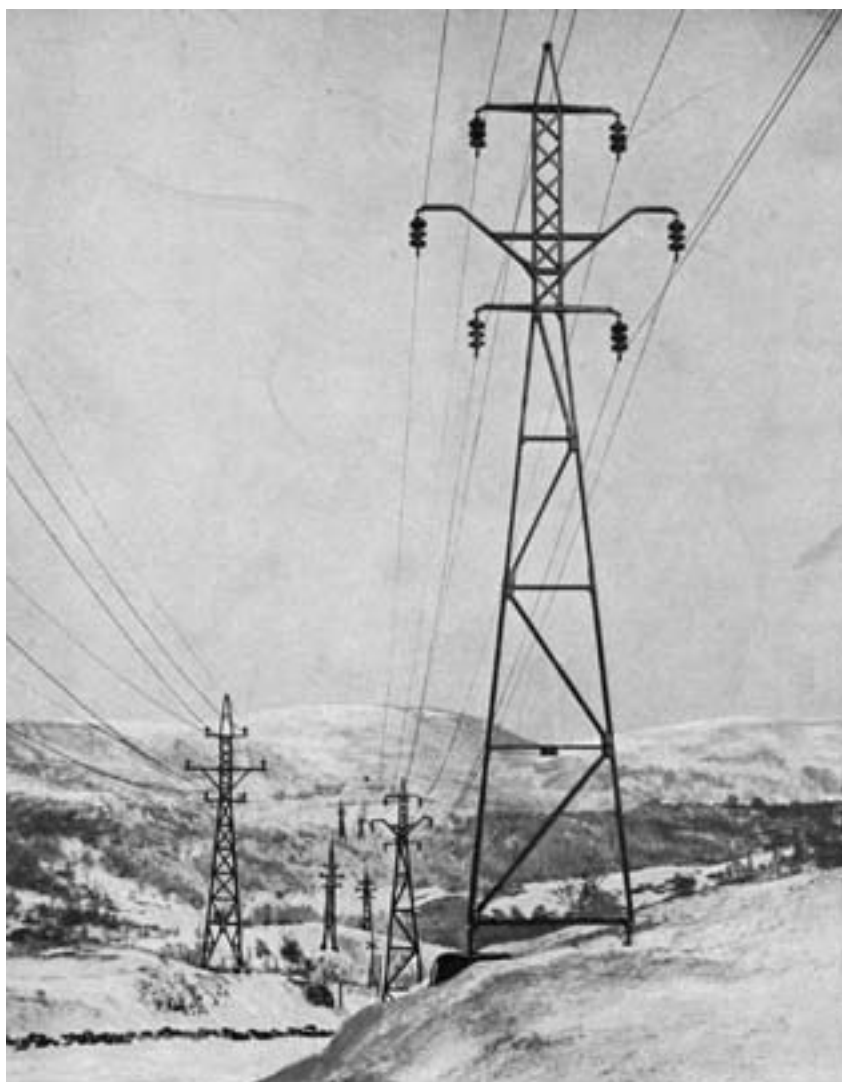
Vannkraft til byene

På dette tidspunktet hadde trefase vekselstrøm med 50 perioder per sekund allerede rukket å etablere seg som en effektiv standard for kraftoverføringer, og dette systemet skulle i løpet av 1900-tallets begynnelse befestet sin posisjon som mer eller mindre enerådende.

Kristianias aller første høyspente overføring fra vannkraft ble imidlertid bygget med et ganske særpregede tofasesystem med 46,6 perioder/sekund over 2×4 liner. Dette systemet hadde likhetstrekk med det systemet som ble brukt ved den første store Niagara-utbyggingen i USA i 1895. Trefasesystemet var på denne tiden støttet av de mest anerkjente leverandørene av elektroteknisk utstyr, som AEG og Siemens, men for denne utbyggingen

valgte man en mindre anerkjent leverandør av det elektrotekniske utstyret, og fikk dermed et elektrisk system som ikke direkte kunne kobles sammen med det som var i ferd med å utvikle seg til europeisk standard. Overføringen fra Hamneren kraftstasjon ved Skjærsvælvass utløp i Maridalen ble satt i drift i juni 1900, og

gikk som luftledning i 7,7 km forbi Tåsen og Nordre gravlund til en kiosk i Kingos gate, og derfra 1,35 km videre i jordkabel til sekundærstasjonen på Ankerløkka. I sekundærstasjonen, som ble satt i drift i forbindelse med overføringen, ble vekselstrømmen omformet til likestrøm som sporveiene benyttet. Bygningen ble tegnet av



Ledningen Frøland–Bergen, med den første masterekket fra 1912 fremst i bildet. Bak til venstre ser vi også den andre masterekket fra 1917. Foto: NVE

.....
3) Johannessen 1992: 57



arkitekt I. O. Hjorth, og oppført i nyromansk stil med fasader i rød tegl tilpasset den nærliggende Jakob kirke.

Hakavik kraftverk ved innsjøen Eikeren i Buskerud ble bygget for å produsere énfasestrøm til elektrifiseringen av statens jernbanestrekninger på Østlandet. Foran kraftverksbygningen ser vi mast 1 på ledningen mot Asker som muliggjorde elektrifiseringen av Drammensbanen i 1922. Foto: Statkraft

Den elektriske kraften som Kristiania fikk gjennom overføringen fra Hamneren var ikke dimensjonert for å kunne forsyne et stadig utvidet byområde, og det ble derfor raskt nødvendig med tilførsel fra nye forsyningskilder. I 1903 satte det tyske firmaet Glommens Træsliberi A/S i drift Kykkelsrud kraftverk i Glomma. Dette kraftverket var, i både størrelse og produksjon, overlegent alt man tidligere hadde sett her i landet, og også overføringsanleggene var av oppsiktsvekkende dimensjoner. Kraftverket skulle levere kraft til Christiania Portland Cementfabrik på Slemmestad via en 84 km lang ledning som ble ført gjennom Aker herred slik at den omkranset hovedstaden. For å unngå for store energitap over den rekordlange ledningen var man også nødt til å legge seg på det uvanlig høye spenningsnivået 20 kV, noe som riktignok sank til omkring 17 kV ved leveringen i Slemmestad.

Langs ledningen ble det bygget flere arkitektonisk påkostede stasjoner for nedtransformering fra 20 kV til 5 kV, for videre overføring over de enkelte distrikters lokale fordelingsnett. Av

disse kan spesielt nevnes: Riis, som i dag har tydelige likhetstrekk med den nærliggende Ris kirke; Bryn, som stod for den viktige viderefordelingen til Klemetsrud og Lambertseter; og ikke minst Tosen, som var hovedmotaker av Kykkelsrudkraften.

Norges hovedstad fikk altså tidlig på 1900-tallet strøm overført fra vannkraftanlegg utenfor bygrensene. Et tilsvarende mønster finner vi også i en rekke andre norske byer. I Stavanger satte byens elektrisitetsverk sitt første kraftverk i drift i Oltedal i 1909, og fra dette ble det bygget en 33,5 km lang 28 kV ledning til sekundærstasjonen ved Mosvatnet i Stavanger sentrum. Den monumentale stasjonen ble, i likhet med kraftverket, tegnet av stadskonduktør Eckhoff, og de to bygningene har derfor flere visuelle likhetstrekk.

I Trondheim hadde Øvre Leirfoss kraftstasjon fra 1901 produsert strøm til byens industri, sporvei og husholdninger. Den elektriske kraften ble overført med generatorspenning på 6,6 kV, først i luftledning frem til Valøya transformatorstasjon, og så videre i ka-

bel til den kombinerte trikkestallen/transformatorstasjonen på Hospitalsløkkan i sentrum av byen. I årene som fulgte økte forbruket, og stadig flere av byens næringsdrivende og privatpersoner fikk tilgang på elektrisk kraft. Elektrisitetsverket måtte derfor raskt utvide gjennom å sette i drift Nedre Leirfoss Kraftverk i 1910. Kraften fra Øvre og Nedre Leirfoss ble omfordelt videre ut i byens distribusjonsnett i Vollan (senere kalt Paulinelund 1) fordelingsstasjon, idriftsatt i februar 1911. Stasjonen ble, i likhet med Nedre Leirfoss kraftverk, tegnet av arkitekt Aksel Guldahl, og den ble plassert ved foten av Høyskoleparken like nedenfor Norges Tekniske Høyskole.

I Bergen hadde man ikke like god tilgang på vannkraftkilder i umiddelbar nærhet, og byens elektrisitetsforsyning ble derfor lenge basert på andre energikilder. I 1912 satte imidlertid Bergens Elektricitetsverk i drift Frøland kraftstasjon i Samnangervassdraget et stykke øst for byen. Derfra bygget de en 35 km lang 50 kV-ledning gjennom et forholdsvis kupert og værutsatt terreng til en sekundærstasjon i Solheimsviken. Ledningen ble satt

opp med én masterekke i 1912 og utbygd med en ny masterekke i 1917, og hadde for øvrig som Norges første kraftledning bæremaster med hengeisolatorer. I Solheimsviken (også bare kalt Solheim) transformatorstasjon ble vekselstrømmen omformet til likestrøm for byens fordelingsnett. Bygningen ble tegnet av arkitekt Sigurd Lunde og fremstår fortsatt som svært monumental.

Lenger nord i landet var byene Harstad og Tromsø tidlig ute med overføringer fra vannkraftutbygging utenfor bygrensene. Harstad fikk fra 1910 levert elektrisk kraft via en 25 km lang overføringsledning fra Gausvik kraftverk. Utenfor Tromsø ble Simavik kraftverk satt i drift i 1913, og en 23 km lang 12 kV-ledning ble bygget inn til sekundærstasjonen i Clodiusbakken på Tromsøya, og derfra videre til seks fordelingstransformatorer i byen med en spenning på 5 kV. Denne overføringen var særlig utfordrende, ikke minst med tanke på de 1000 og 800 meter lange sjøkablene over henholdsvis Kvalsundet og Sandnessundet. Dette var et pionerarbeid innen kabellegging i sjø med sterke og vanskelige strømforhold.

Kontinuerlig økning i spenning og dimensjoner

Hele denne perioden var preget av et stadig økende behov for overføring av større kraftmengder, noe som igjen medførte anvendelse av stadig høyere overføringsspenning.

20 kV-ledningen Kykkelsrud–Aker–Slemmestad fra 1903 er nevnt. Samme år bygget også Drammens Elektrisitetsverk en ledning på dette spenningsnivået over 40 km fra Gravfoss til Drammen, og der man ved leveringen i Slemmestad var nede i ca 17 kV, var leveringen i Drammen nærmere 20 kV. En kanskje enda viktigere milepæl ble imidlertid nådd i 1906, da overføringen fra Kykkelsrud til Hafslund ble satt i drift med en spenning på 50 kV. Dette var ikke bare det høyeste spenningsnivået i Norge, men også forholdsvis unikt i europeisk målestokk. Transformatorstasjonen som etter hvert ble bygget ved Hafslund smelteverk, ble for øvrig ut-



Bratt og kupert vestnorsk topografi har gjort landsdelen ideell for vannkraftutbygging, men dette har samtidig gjort det krevende å bygge kraftoverføringsanlegg. Reparasjonsarbeid kan være utfordrende, som her i Tyssedal tidlig på 1900-tallet. Foto: Statkraft

ført med upusset tegl i nyklassisistisk stil, og føyer seg inn i rekken av monumentale trafobygg fra denne perioden.

Den første 60 kV-ledningen i landet ble bygget i 1913 av Treschow-Fritzøe, og gikk fra Hogstad til Larvik på A-mester av uimpregnerte trestolper. Dette spenningsnivået – etter hvert kjørt som 66 kV – har senere blitt brukt i stort omfang i hele landet.

Da de første 50 kV-ledningene ble bygget fra Kykkelsrudanlegget i 1906, var det bare fem år etter at dette spenningsnivået først ble tatt i bruk i USA. Med de korte avstander og moderate effekter som ble brukt i Norge, var dette spenningsnivået tilstrekkelig for de fleste kraftselskaper i lang tid fremover. I USA gjorde derimot utviklingen av hengeisolatorene, og en bedre vitenskapelig forståelse av luftens

egenskaper som isolator, det mulig å gå til 110 kV i 1908 og videre til 140-150 kV i 1912-13, på samme tid som man i Norge innførte 60 kV.

Elektrifisering av jernbane og industri

Frem til tidlig på 1900-tallet hadde den norske jernbanen blitt drevet med kullkraft, men etter hvert fikk man nå en overgang til bruken av ”det hvite kull” – vannkraften – som jernbanens viktigste energikilde.

De første jernbanene som ble elektrifisert i landet var privatbaner. Av disse kan nevnes Thamshavnbanen, som ble elektrifisert i 1908 og transporterte malm fra Løkken gruber til Trondheimsfjorden, samt Norsk Hydros baner Tinnosbanen og Rjukanbanen, som ble elektrifisert i 1911. Thams-

havnbanen var for øvrig verdens første jernbane drevet med vekselstrøm. Den første statlige elektrifiseringen av jernbanen kom med Drammensbanen i 1922, og flere andre strekninger ble elektrifisert i årene som fulgte. I forbindelse med jernbanens elektrisitetsforsyning ble det også bygget flere påkostede transformatorstasjoner, blant annet på Bårdshaug (Thamshavnbanen), Asker (Drammensbanen) og Skollenborg (Kongsbergbanen).

De to første tiårene av 1900-tallet var også preget av en sterk og viktig industriutvikling basert på elektrisitet fra vannkraft, og ettersom man ennå ikke hadde utviklet gode nok løsninger for kraftoverføring over lange avstander, ble industribedriftene gjerne plassert i umiddelbar nærhet av kraftkildene. Kraftoverføringsledningene ble dermed korte, men samtidig livsviktige pulsårer for norsk industri. Vi skal ta et lite blikk på tre viktige eksempler:

Aktieselskapet Tyssefaldene ble konstituert 20. april 1906. Sam Eyde var initiativtaker og første generaldirektør, og selskapet hadde som formål å utnytte vannkraften i Tyssovassdraget ved indre del av Sørfjorden i Hardanger. Første byggetrinn av kraftverket i Tyssedal sto ferdig i 1908, og man kunne derfra levere kraft over en ca 7 km lang ledning til Odda. Ledningen ble bygget i til dels meget bratt og vanskelig terreng, og blant annet måtte omkring 1,2 km av den legges i tunnel. Overføringene fra kraftverket i Tyssedal ga elektrisk energi til britiske The Sun Gas Companys karbidfabrikk i Odda, som på dette tidspunktet var verdens største av sitt slag.

Sam Eyde var også svært sentral i utviklingen av et annet industristed tidlig på 1900-tallet. På Rjukan ble de enorme vannkraftverkene Vemork og Såheim satt i drift i henholdsvis 1911 og 1915, for blant annet å kunne levere elektrisk kraft til Norsk Hydro – Elektrisk Kvælstofaktieselskab, en av verdens mest avanserte elektrokjemiske bedrifter. Vannkraften endret stedet Rjukan fundamentalt, fra en bygd med om lag 50 beboende familier i 1907 til et bysamfunn med om lag 8000 innbyggere ti år senere. Som



Opprinnelig forankringsmast i betong fra 1920. Glomfjord.
Foto: Henning Weyergang-Nielsen, NVE

spesielt interessant i et kraftoverføringshistorisk perspektiv må nevnes den første ledningen over 3,5 km, på betongmaster mellom Vemork og Såheim. Dette var Norges første ledning med liner av helaluminium.

I Glomfjord, like nord for Svartisen i Nordland, ble elva Fykanåga tidlig vurdert som en svært gunstig kilde for elektrisitetsproduksjon, og i 1912 ble et kraftverk påbegynt av gruppen Glomfjord Aktieselskap. På grunn av en rekke ulike hendelser, blant annet knyttet til usikre økonomiske utsikter, ble imidlertid dette prosjektet aldri fullført. I 1918 kjøpte i stedet staten opp det allerede påbegynte kraftverket. I 1920 kunne endelig det nå statseide kraftverket levere strøm til sinkproduksjon i bedriften Glomfjord Smelteverk AS. Overføringen i det værutsatte terrenget mellom kraftverket og smelteverket ble bygget på kopperskinner i en fjelltunnel og videre over en rekke svært særegne og kraftfulle betongmaster.

Alle disse eksemplene fra tidlig på 1900-tallet viser hvordan vannkraften ga elektrisitet til en stadig større andel av landets innbyggere og industri. Overføringene fra produksjonsanleggene til forbrukerne var likevel, som vi har sett, forholdsvis begrensede med tanke på lengde, spenningsnivå og dimensjoner. Samtidig med dette var Norge – da som nå – et land der de virkelig store vannkraftressursene lå til dels langt unna majoriteten av elektrisitetsforbrukerne. Den store utfordringen de neste årene besto derfor i å utvikle teknikk og teknologi for å kunne bygge overføringsledninger med høyere spenningsnivå, over lengre avstander, over norske fjell, fjorder og daler.

Naturhindrene overvinnes (1920 -1930)



Foto: Sissel Riibe, NVE

”Se herr og fru Kraft
på vei til byen
over fjell og dal, to mektige riser,
vet de er uunnværlige, vet de må rekke frem,
stødige på sin vei, bærer uhørte krefter
til den forslukne byen.
Herr og fru Kraft vandrer over fjellene
som ranke kjemper, marken ryster under dem,
luften skjelver”⁴

Tove Lie, 1985.

Ikke bare er Norge et land med spredt bosetning og store avstander fra kraftkildene til befolkningssentraene. Norge er også et land med store klimatiske utfordringer, og med til dels meget vanskelig og kupert terreng med fjell og fjorder. I tillegg til at ledningsbyggingen i seg selv har vært et særdeles tungt og utfordrende arbeid både på tegnebordet og ute i felten, har kraftledninger i Norge måttet tåle store påkjenninger fra vind, is, snø og salt. 1920-årene var tiåret da kraftoverføringsteknikken for alvor utfordret disse naturhindringene.

Ledninger fra Rjukan og Nore

I 1921 ansatte fossedirektoratet i NVE overingeniør Johan Collett Holst, som blant annet hadde elektroingeniørutdanning fra Tyskland og bred erfaring fra bygging og drift av kraftoverføringsledninger. Holst fikk straks i oppgave å lede byggingen av en ledning fra Vemork til Kristiania (senere kalt Rjukan–Oslo). Oppgaven var formidabel, både med tanke på overføringens lengde på 144 km, og

ikke minst med tanke på det planlagte trasévalget gjennom høyfjellsområder i over 1100 meters høyde. Det ville ha vært mulig å legge ledningstraseen gjennom lavereliggende dalfører, men Holst var kritisk til en slik løsning ettersom dette ville ha gjort overføringen enda lengre.

Passasjen over fjellområdet sørøst for Vemork skapte store problemer for Rjukanledningen. Ledningen ble satt i drift i 1922, men allerede den første vinteren knelte en av mastene under vekten av store mengder is og snø på linene. I tillegg oppsto det en rekke driftsavbrudd som følge av at linene kom i kontakt med hverandre og forårsaket kortslutning, enten fordi den øvre linen ble presset ned mot den nedre under vekten av is og snø, eller fordi store mengder is og snø plutselig løsnet og forårsaket et vekttap som førte til svingninger der linene traff hverandre med voldsom kraft. De rykningene slike plutselige vekttap medførte var også en vanlig årsak til mastebrodd. Driftsavbruddene i dette området var ikke bare hyppige, men de kunne også ofte bli langvarige ettersom det var svært vanskelig å komme til med reparasjonsarbeid i høyfjellet vinterstid. Mastene i de mest værut-

satte områdene ble derfor tidlig bygget om og forsterket.

Ledningen Rjukan–Oslo utmerker seg også ved at den var landets første med strømførende liner av aluminium med stålkerne. Gjennom å kombinere aluminiumets letthet med stålets store mekaniske styrke kunne man blant annet strekke linene atskillig strammere enn tidligere, noe som igjen medførte at man kunne benytte seg av lavere master og lengre spennvidde. Dette hadde klare fordeler både med hensyn til økonomi og driftssikkerhet. Stålaluminium (FeAl) er i dag fortsatt det overlegent mest brukte linematerialet i kraftledninger.

Kun få år etter Rjukanoverføringen var nok en gang Johan Collett Holst sterkt involvert i et kraftoverføringsteknologisk pionerprosjekt. NVE skulle bygge to overføringer fra Nore kraftverk i Buskerud til Oslo og Tønsberg, og erfaringene fra arbeidet med Rjukanledningen var her av stor betydning. Noreledningene som ble satt i drift i 1928 var på henholdsvis 110 og 133 km, med det rekordhøye spenningsnivået 132 kV. Særlig byggingen av ledningen til Oslo bød på store teknologiske utfordringer.

4) Lie 1985: 39



Fra byggingen av Noreledningen. På bildet ser vi kabelutkjøring med hest i Rånsetlia vinteren 1927. Foto: Statkraft



Mastene på Rjukanledningen har på folkemunne blitt kalt "grantremaster", på grunn av grønnmalingen og løsningen med den lengste traversen nederst og den korteste traversen øverst. Siste stående parti av den opprinnelige Rjukanledningen fra 1922 finnes mellom Stengelsrud og Flesaker, men vil rives i perioden 2010–2011. På bildet ser vi en av de opprinnelige "grantremastene" like ved Flesaker transformatorstasjon. Foto: Henning Weyergang-Nielsen, NVE

I likhet med Rjukanledningen var Noreledningen planlagt i værutsatt høyfjellsterreng, og ikke minst var passasjen over Norefjell, med bratte nedstigninger mot Eggedal og Krøderen, en betydelig utfordring. De store kraftmengdene som skulle overføres fra Nore betydde også større tverrsnitt på linene, og dermed større frykt for snø- og islastproblemer.

For å unngå en del av problemene man opplevde under byggingen av Rjukanledningen, ønsket Holst å utvikle et mer nøyaktig system for liners og masters tåleevne under ulike klimatiske forhold. Til å utføre dette arbeidet satte Holst en av sine yngre medarbeidere, avdelingsingeniør Olav Strand, og Strand gikk raskt i gang med et omfattende forsknings- og eksperimenteringsarbeid. Ut fra sine beregninger kunne Strand deretter utvikle en generell modell for ulike ledningstypers styrke og belastningsevne, noe som igjen ble meget viktig både for driftssikkerhet og økonomi, ikke minst fordi man fikk mulighet til å bygge ledninger med gjennomsnittlig lengre spenn enn først antatt. Disse beregningene skulle komme til nytte, ikke bare i forbindelse med byggingen av Nore–Oslo, men de skulle også i flere tiår fremover danne en mal for dimensjonering og konstruksjon av nye kraftledninger.

Krafttak i Tafjord

Blant tidlige pionerprosjekter innen ledningsbygging i utfordrende norsk terreng og natur, kan en heller ikke unngå å nevne Tafjord Kraftselskaps overføring til Ålesund fra kraftverkene innerst i Tafjorden, satt i drift i 1923. Traseen måtte legges i svært værutsatte områder, mellom høye fjell, dype daler og utilgjengelig fjordlandskap. Dette gjorde byggingen av ledningen til et meget spesielt arbeid, som bød på enorme utfordringer både på tegnebordet og ute i felten. Til å begynne med forsøkte man å reise mastene med spill etter praksis fra flatere landskap, men dette ble snart gitt opp. De ulike mastekomponentene ble i stedet skrudd sammen uten en eneste klinknagle. Mange av mastene måtte spesialkonstrueres, spenn måtte forsterkes, og allerede



Paulinelund 2 i Trondheim, etter idriftsettelsen i 1927. Foto: Trondheim Energi

før ledningen var spenningsatt opplevde man mastehavari som følge av gufs fra fonner. Med tanke på særegne lednings- og mastekonstruksjoner kan særlig nevnes de spesialkonstruerte mastene i den stupbratte fjordveggen på nedsiden av Syltefjellet, samt i Uriskaret nesten 1200 m.o.h, der man har bygget master med opp til 12 meter høye betongfundamenter. Spenningsnivået på 110 kV var også, ved idriftsettelsen i 1923 og frem til byggingen av Noreledningen, landets høyeste.

Med Taffjord–Nørve nådde altså Norge en ny milepæl innen spenningsnivå. I internasjonalt perspektiv var den imidlertid ikke revolusjonerende høy. I Tyskland hadde 110 kV allerede vært i bruk i over ti år, og rundt San Francisco og Los Angeles i USA tok man samme år i bruk verdens første 220 kV-ledninger. Det som imidlertid gjorde Taffjord–Nørve unik også i et internasjonalt perspektiv, var kombinasjonen av høy spenning og ekstreme naturforhold.

Monumentale transformatorstasjoner i byene

På 1920-tallet fortsatte i tillegg mønsteret fra de foregående tiårene, med bygging av forholdsvis monumentale transformatorstasjoner i, eller like

ved, bykjernene rundt omkring i landet. Den nevnte ledningen fra Taffjord til Ålesund endte for eksempel opp i Nørve transformatorstasjon 5 km øst for sentrum i Ålesund, idriftsatt i 1923. Året etter stod Moholt transformatorstasjon like ved Trondheim klar for å levere strøm til utbyggingen av Løkaunet kraftverk i Hyttefossen, og for senere å ta imot kraften fra det samme kraftverket.

Både Moholt og Nørve er bygget med enkle, monumentale linjer som er typisk for tjuetallsklassisismen. I Trondheim ble også på 1920-tallet det tidligere nevnte Paulinelundanlegget utvidet med en ny fordelingsstasjon. Paulinelund 2, tegnet i nyklassisistisk stil av arkitekt Hagbart Schytte-Berg, ble plassert omkring 50 meter sør for Paulinelund 1, og var dermed med på å danne et helhetlig, urbant kraftfordelingsanlegg. I Bergen ble de nye sekundærstasjonene på Ravneberget og i Sandviken satt i drift i 1928.

I enden av de tidligere nevnte ledningene fra Rjukan og Nore til Oslo, bygget Staten og Oslo Elektrisitetsverk Smestad transformatorstasjon. Det første byggetrinnet, tegnet av arkitektene Berner & Berner, og med ingeniørene Bonde og Normann som

bygningstekniske konsulenter, stod klart i 1922, og transformerte Rjukankraften ned fra 60 kV til 30 kV for viderefordeling i Oslo. Det andre byggetrinnet, tegnet av Jørgen Berner og plassert i direkte forlengelse av ”Smestad 1”, stod klart i 1928. Dette ble bygget for at Oslo kunne ta imot Norekraften, og transformere denne ned til fordelingsnettet på 30 kV. På Smestad hadde i tillegg både Oslo Lysverker og – fra 1932 – Foreningen Samkjøringen sine driftsentraler, og i dag holder Statnett til i et moderne kontorbygg ved siden av den monumentale transformatorstasjonen. I 1928 ble også Flesaker transformatorstasjon i Buskerud satt i drift, blant annet for å ta i mot kraft fra Rjukan og Nore. Flesaker ble med dette et av de første virkelige eksemplene på transformatorstasjoner i mer landlige omgivelser, med enorme koblingsanlegg i friluft.

I Oslo og Østlandsområdet var ellers arkitekt Thorvald Astrup sterkt involvert i byggingen av en rekke større transformatorstasjoner. Dette gjaldt blant annet Tøyen transformatorstasjon, som ble satt i drift i 1917 og tok i mot kraft fra både Kykkelsrud, Rånåsfoss og Mørkfoss-Solbergfoss kraftverk, tvillingstasjonene Skøyen og Torshov fra 1922, og den arkitektonisk noe

enklere Ullevål transformatorstasjon fra 1927. Av Astrups arbeider fra denne perioden må også nevnes Glommens transformatorstasjon ved Nesparken i Moss fra 1921, samt den nyklassisistiske Børstad transformatorstasjon bygget like utenfor Hamar sentrum i 1924.

Lenger sør i landet bygget Kristiansands Elektrisitetsverk blant annet Lund transformatorstasjon i Kristiansand. Lund, som ble satt i drift i 1921, var et tidstypisk industribygg tegnet av arkitekt Thorvald Hauff, og stasjonen tok i mot kraft via en overføringsledning fra Nomeland kraftverk i Otravassdraget. Året etter fikk Mandal sin første etterlengtede kommunale elektrisitetsforsyning, da byen fikk elektrisk kraft over en 22 kV-ledning fra Tryland kraftverk i Vigmostad. Kraften ble så transformert ned til 5 kV i Hodnedalen transformatorstasjon før den gikk videre i jordkabel til byens fordelingsnett. Hodnedalen var en vakker nyklassisistisk teglsteinsbygning tegnet av arkitekt Heiberg i Oslo.

I Nord-Trøndelag bygget det fylkeskommunale elektrisitetsverket transformatorstasjoner i Steinkjer, Namsos



Åsen transformatorstasjon i Nord-Trøndelag. Bygningen har i nyere tid fått platekledning, men formen er i hovedsak den samme som den var ved idriftsettelsen i 1923. Legg særlig merke til hvordan ledningsinntaket er bygget som galleri inn i vegg. Foto: Sissel Riibe, NVE

og Åsen, i forbindelse med at de første 60 kV-ledningene i fylket ble satt i drift fra Follafoss kraftverk i 1923.

Både kraftverket og transformatorstasjonene ble bygget i nyklassisistisk stil, tegnet av arkitekt Olaf Nordhagen.



Hauen transformatorstasjon, midt mellom Skien og Porsgrunn, var det sentrale fordelingspunktet i den første samkjøringen på Østlandet i 1918, da Skiensfjordens Kommunale Kraftselskap og A/S Treschow-Fritzøe startet utveksling av kraft seg imellom. På den tiden bestod Hauen av hovedbygningen – basert på Olaf Nordhagen tegninger av Årlifoss kraftverk – til høyre i bildet. Senere har anlegget blitt utvidet, blant annet med tilbygget fra 1949 som vi ser til venstre i bildet. Foto: Henning Weyergang-Nielsen, NVE

Samkjøringen etableres (1930-1940)

“Ingeniøren i samkjøringens lastfordelingsstasjon kan stå som et symbol på teknikken i dens høyeste utviklingstrin... ..Samkjøringen er det strålende ideal for all organisasjon.”⁵ Georg Brochmann 1930

Slik beskrev ingeniøren, forfatteren og journalisten Georg Brochmann samkjøringens teknikk og organisasjon i verket “De store oppfinnelser” fra 1930. Etter at overføringene fra Nore stod ferdige i 1928 fulgte en periode preget av lavkonjunktur, sviktende kraftetterspørsel og store kraftoverskudd. Det ble derfor en mer eller mindre stillstand innenfor utbyggingen av kraftoverføringsanlegg i Norge på 1930-tallet. I stedet står dette tiåret igjen som perioden da samkjørings-systemet fikk sitt virkelige gjennombrudd.

Samkjøringen på Østlandet

Det var på Østlandet at prinsippet om samkjøring først fikk fotfeste. Samkjøring er i praksis en teknisk koordinering av drift mellom to eller flere ulike kraftverk som er koblet sammen via kraftoverføringsanlegg. En slik sammenkobling var, og er, avgjørende for å sikre en mest mulig omfattende, pålitelig og billig kraftforsyning. I vannkraftlandet Norge ble det ikke minst et sentralt poeng å samkjøre elvekraftverkens stabile grunnproduksjon, med muligheten til å ta ut toppkraft fra magasinverkene. I tillegg var man ikke like sårbar for nedbørvikt i ett enkelt område eller tekniske feil i ett enkelt anlegg. Ved samkjøring kunne hovedvekten i produksjonen til enhver tid legges til de anleggene der det passet best med de hydrologiske forholdene.⁶

Den første formen for samkjøring på Østlandet skjedde allerede i 1918, da Skiensfjordens Kommunale Kraftselskap og A/S Treschow-Fritzøe startet utveksling av kraft seg imellom. Senere knyttet flere kraftverk seg til dette samarbeidet, og særlig ble ledningen Rjukan–Oslo, med sine avgrensninger, svært sentral. Man fikk utover 1920-tallet flere mindre samkjøringsområder, blant annet et mellom Glommaverkene, et annet mellom Kristiania, Drammen og Buskerud, og et tredje mellom Drammen, Vestfold og Skiensfjorden.

Men tilbake til 1930-årene: Det ble etter hvert klart at man ønsket sterkere grad av integrasjon mellom de lokale samkjøringsområdene på Østlandet, og den 22. november 1932 ble Foreningen Samkjøringen formelt stiftet. Følgende elektrisitetsverker var representert: Akers Elektrisitetsverk, Akershus Elektrisitetsverk, Elektrisitetsforsyningen i Buskerud Fylke, Drammens Elektrisitetsverk, A/S Hafslund, Oslo Lysverker, Skiensfjordens Kommunale Kraftselskap, Vestfold Kraftselskap og Østfold fylkes elektrisitetsforsyning. Ifølge vedtektene var foreningens formål en *“rasjonell utnyttelse av kraftkilder, samkjøring, formidling og utveksling av elektrisk energi og hva dermed står i forbindelse”*⁷.

At samkjøringen i Norge på denne tiden begrenset seg til Østlandsområdet, skyldtes nok i stor grad om-

rådets demografiske utvikling. Etter første verdenskrig var den internasjonale trenden å knytte sammen varierende kraftprodusenter og konsumenter i store såkalte “superpower”-nettverk. De fleste områdene i Norge var imidlertid for spredt befolket til at dette kunne bli lønnsomt. Kostnadene til ledningsbygging oversteg de besparelsene man kunne få ved samkjøring. Bare på Østlandet vokste samkjøringen frem til noe som kan kalles et “superpower”-system i miniatyr.

Status for Samkjøringens nett på 1930-tallet var et 60 kV-nett som vest for Oslo bestod av Rjukanledningen med utløpere til Asker–Hurum, til Hauen ved Skien og videre til Herøya, Brevik og Siljan–Larvik–Tønsberg. Øst for Oslo bestod det av fem ledninger fra Solbergfoss kraftverk i Glomma. 60 kV-ledningene på hver side av hovedstaden hadde forbindelse gjennom Oslo Lysverkens 30 kV-kabelnett mellom Smestad og Tøyen. Til sammen var 60 kV-nettet på omkring 750 km trefaseledning. Samkjøringen hadde i tillegg et 45 kV-nett på omkring 900 km trefaseledning, og til hovednettet hørte også et supplement av 30 kV- og 20 kV-ledninger.

Mot slutten av 1930-tallet begynte etterspørselen etter elektrisk kraft igjen å øke. Samtidig fikk integreringstanken i kraftoverføringssammenheng stadig sterkere fotfeste, og et større sammenhengende nett – også tilknyttet større deler av landet – stod på terskelen til å bli bygget ut. Okkupasjonstiden på første halvdel av 1940-tallet satte imidlertid en midlertidig brems på dette arbeidet.

5) Brochmann 1930, her hentet fra Skjold & Thue 2007: 18

6) For en mer utfyllende beskrivelse av utviklingen innen samkjøring og systemorganisering: Se artikkelen “Organisering, samkjøring og systemutvikling i norsk elforsyning” av Dag Ove Skjold.

7) Foreningen Samkjøringen 1959: 173

Etterkrigstid – landet bygges med elektrisk kraft (1945-1960)

“Vannkraften er en av vårt lands største naturrikdommer og det er en av våre viktigste oppgaver å få denne utbygget og fordelt til alle landets borgere så langt det er teknisk og økonomisk gjennomførbart.”⁸ Industridepartementet, 1952

Under okkupasjonstiden skjedde det svært lite innenfor norsk kraftoverføringsutbygging. Tyskerne hadde riktignok jobbet for å utvide kraftproduksjonen i landet, ikke minst med tanke på produksjon av kraft til aluminiumsindustri i krigsøyemed, men mange av disse anleggene ble stående mer eller mindre halvferdige og kraften kom sjelden frem, nettopp fordi overføringsanleggene ikke var dimensjonert for å ta imot den økte produksjonen. Noen forsøk på ledningsbygging ble også gjennomført av okkupasjonsmakten, men ikke med større suksess enn at det ved krigens slutt var et voldsomt etterslep i utbyggingen av norsk kraftoverføring.

Staten leder an

I årene før 2. verdenskrig hadde mange hatt en skeptisk holdning til statlig engasjement i kraftutbyggingen, noe som ikke minst hadde sammenheng med nedgangstidene på 1930-tallet og vanskelighetene med å få solgt Norekraften. Etter frigjøringen i 1945 var imidlertid denne holdningen endret. Landet skulle bygges, og det var både politisk enighet og en alminnelig oppfatning i folket om at det var statens oppgave å stå i spissen for utbygging av norsk kraftproduksjon og -overføring.

Særlig ble kraft til industri viktig i denne perioden, og i 1946 vedtok Stortinget å bygge aluminiumsverk på Sunndalsøra. Aura kraftverk leverte fra 1953 kraft til det store industri-anlegget, og leveringen skjedde med
.....
8) St. meld. Nr. 38 (1952): 9



Arbeiderpartiets valgkamplakat i 1953. Foto: Arbeiderbevegelsens arkiv og bibliotek

12 kV generatorspenning over en 2,3 km lang ledning. Ledningen, som ble lagt over en rekke særegne betong-

master, er i dag revet. Av andre større industriprosjekter kan også nevnes aluminiumsverket i Øvre Årdal med

kraft fra Tyin fra 1947, og ikke minst Norsk Jernverk i Mo i Rana, som ble satt i drift i 1955. Jernverket fikk elektrisk kraft fra det samtidig idriftsatte Nedre Røssåga kraftverk.

Ledninger fra Hol og Vinstra

Et av anleggene som stod halvferdig ved krigens slutt, var Ruud (i dag kjent som Hol 1) kraftverk i Hallingdal. Oslo Lysverker så her en mulighet til forholdsvis raskt å skaffe etterlenget kraftforsyning til hovedstaden, og satte i gang arbeidet med en ferdigstillelse av anlegget. Det første aggregatet i Ruud ble satt drift 14. januar 1949, og kraften ble da midlertidig overført til Oslo via Follum transformatorstasjon og statens 132 kV-ledning Follum-Smestad. Den 12. desember samme år var både aggregat 2 i Ruud og den nye overføringsledningen til Oslo klar til bruk. Trasévalget gjennom Nordmarka var for øvrig svært omstridt og det fant sted store demonstrasjoner, uten at dette fikk konsekvenser for vedtaket. Ledningen Hol-Oslo var Norges første med 220 kV-spenning, og med sine 187 km ble den også den lengste enkeltledningen som til da hadde vært bygget her til lands.

Kort tid etter Hol-utbyggingen satte Oslo Lysverker, i samarbeid med Hamar, Vang og Furnes kommunale kraftselskap, også i drift Vinstra kraftverk (i dag kjent som Nedre Vinstra kraftverk). Herfra ble Norges andre 220 kV-ledning bygget, via Fåberg transformatorstasjon til Oslo. Kraftledningen ble bygget med portalmaster i armert betong, og med sine 207 km passerte den Hol-Oslo som landets lengste. For å ta i mot ledningene fra Hol og Vinstra ble det bygget store innføringsstasjoner i Oslo. Både Hol-Oslo og Vinstra-Oslo har for øvrig senere blitt spenningsoppgradert, og begge ledningene eies i dag av Statnett.

Det samkjørende nettet ble ikke bare stadig større, men hadde også større nyttevirksomheter enn man hadde forventet da det ble bygget. Et viktig steg i overgangen fra punkt-til-punktlinjer til et mer integrert nett skjedde da Skiensfjordens Kommunale Kraft-



Fra strekkingen av Sognefjordspennet på ledningen Refsdal-Fardal i 1967. Bildet viser arbeidet med å feste den strømførende linjen til en av énfasemastene for fjordspennet. Foto: NVE



Betongmastledningen med 12 kV spenning mellom Aura kraftverk og aluminiumsverket på Sunndalsøra var karakteristisk med sine fem parallelle masterekker. Foto: Statkraft



selskap og Vestfold Kraft i fellesskap bygget ut Åbjøravassdraget i Valdres i 1947-1951. Dette var første kraftutbygging i Norge uten en dedikert kraftledning fra kraftstasjonen og ned til eierselskapenes forbrukssentra. I stedet ble det i 1951 satt i drift en 75 km lang ledning til Gjøvik, og storparten av den over 200 km lange overføringen gikk derfra på det samkjørte nettet over andre kraftselskapers ledninger. I kontrast til ledningene fra Hol og Vinstra, kunne man altså her gjennomføre en omtrent like lang kraftoverføring ved å utnytte ledig kapasitet i allerede eksisterende ledninger.

Krevende ledningsbygging i vest og nord

Gjennom første halvdel av 1900-tallet hadde Sør-Rogaland vært et område preget av mange små og adskilte produksjonsheter, der knapphet og strømrasjonering vinterstid, særlig under okkupasjonstiden, ikke var uvanlig. Like etter 2. verdenskrig ble imidlertid Stavanger Elektrisitetsverk og Maudal Kraftlag enige om å gå sammen om å bygge ut Lysevassdraget og Årdalsvassdraget, og i 1947 ble Lyse Kraftverk formelt stiftet. Lyse kraftverk (senere Lysebotn kraftverk), med

trykksjakt og maskinsal sprengt inn i fjellet, var av meget store dimensjoner og et pionerarbeid i fjellsprenningsteknikk. Anlegget ble satt i drift like over nyttår i 1953, med overføringsledning til Tronsholen transformatorstasjon sprengt inn i fjellhaller like ved Sandnes. Den 64 km lange overføringen måtte på sin vei mellom Lysebotn og Tronsholen overvinne store naturhindringer, og blant annet krysser den både Lysefjorden og Høgsfjorden med fjordspenn på henholdsvis 2463 og 2163 meter.

I det hele tatt var Vestlandet i tidlig etterkrigstid arena for en rekke overføringsutbygginger preget av helt spesielle utfordringer knyttet til klimatiske og topografiske forhold, ikke minst ved kryssing av fjorder. Fjordspennene i Sør-Rogaland har vært nevnt. Omtrent på samme tid bygget Sunnhordland Kraftlag spenn på om lag 2300 meter over Langenuen mellom Tysnes og Stord, og på om lag 2400 meter over Åkrafjorden.

Lite kan imidlertid måle seg med den barrieren det var å krysse verdens dypeste, lengste og mest forgrenete fjord: Sognefjorden. I 1955 satte Sogne-

Ledningen Voss-Lønahorgi under særdeles stor belastning fra is og snø. Ispølsene kunne veie opptil 300 kg per meter. Foto: Voss Energi



Luftig byggearbeid på ledningen Vinstra – Oslo tidlig på 1950-tallet. Foto: Statnett

kraft A/S, med Betonmast A/S som hovedentreprenør, i drift det første spennet over fjorden. Spennet på 66 kV-ledningen mellom Njøs og Vange passerte fjorden mellom Ramnaberg og Fatlaberg, og var omkring 4900 meter langt. Et drøyt tiår senere skulle en enda sterkere forbindelse komme til å krysse fjorden da NVE-Statskraftverkene i 1966 satte i drift sin overføringsledning fra Refsdal til Fardal. Ledningen, som først ble satt i drift på 132 kV og spenningsoppgradert kort tid senere, krysset Sognefjorden mellom Ramnaberg og Fimreiteåsen i et spenn på 4570 meter. Statskraftverkene monterte for øvrig også et 4597 meter langt spenn på ledningen Aurland-Fardal i 1974. Disse spennene over Sognefjorden stod i flere år som de lengste i verden, helt frem til Statnetts ingeniører bygget et 5376 meter langt spenn over Ameralikfjorden ved Nuuk på Grønland i 1993.

Man kan i denne sammenhengen heller ikke unngå å nevne Voss Elektrisitetsverk, som på oppdrag fra Telegrafverket og NRK høsten 1956 bygget en 20 kV-ledning opp til fjernsynssenderen på toppen av fjellet Lønahorgi like nord for Voss. Allerede senere samme høst fikk man store problemer med line- og mastebrodd i det ekstremt værutsatte området, og ledningen måtte forsterkes i flere omganger. Det skulle imidlertid vise seg at heller ikke de tiltakene som ble satt inn klarte å holde ledningen oppreist gjennom vinterstormene, og ytterligere forsterkninger måtte utføres. Ved inngangen til 1960-årene fremsto overføringen som det som trolig var den sterkeste dimensjonerte kraftledningen i verden. I dag er denne ledningen revet og ny trasé er tatt i bruk på baksiden av fjellet, men den gamle ledningen til Lønahorgi har fortsatt norgesrekorden for høyeste målte islast, med ca 300 kg is per løpemeter. Til sammenligning regnes 2-3 kg per løpemeter som mye i store deler av verden.

Også lenger nord i landet utførte man i etterkrigstiden kraftutbygginger med overføringsanlegg som kunne forsyne befolkningen i større geografiske områder med elektrisitet. Niingen kraftanlegg i Ofoten stod klart i 1954, og



Statsminister Einar Gerhardsen og NVE-Statskraftverkens direktør Sigurd Aalefjær i hyggelig samtale under åpningen av Tokke kraftverk i 1961.
Foto: Statkraft

herfra bygget man 66 kV-ledninger mot Lofoten, Vesterålen og Sør-Troms. Året før var også Bardufoss kraftanlegg med 66 kV-ledning mot Tromsø blitt satt i drift. Videre ble kraftforsyningen i Vest-Finnmark betydelig styrket med utbyggingen av Porsa kraftanlegg og overføringene til Hammerfest, Alta og Honningsvåg, bygget i perioden 1959-62.

Den mest betydningsfulle utbyggingen med tanke på kraftforsyningen i Nord-Norge i denne perioden må likevel kunne sies å være Innsetutbyggingen. Innset kraftverk ble satt i drift i 1960, og herfra bygget man 132 kV-ledninger til Balsfjord, Narvik og Kanstadbotn. Disse overføringene knyttet Ofoten, Lofoten, Vesterålen og Troms fylke sør for Lyngen sammen til ett samkjøringsområde, og ga dette området en helt ny forsyningssikkerhet.

300 kV fra Tokke

Som vi har sett i dette kapitlet, var etterkrigstiden en periode preget av store fremskritt innen norsk kraftoverføring, og ved begynnelsen av 1960-årene ble nok en ny milepæl nådd. De statlig utbygde Tokke-merkene i Telemark skulle forsyne store deler av Sør-Norge med elektrisitet, og til denne oppgaven var det nødvendig å bygge ledninger med solid overføringskapasitet. Tidligere hadde de større overføringene i Norge hatt et spenningsnivå på 132 kV eller 220 kV, men

for Tokkeledningene valgte man 300 kV. Riktignok var det på samme tid nylig innført et overføringssystem på 400 kV i Sverige, og i Canada gjorde man forsøk med 750 kV, men for Norge var dette en ny milepæl innen spenningsnivå.

Fra Tokke ble det bygget en ledning mot Skiensområdet og videre til Vestfold. Det ble også bygget en ledning til Buskerud, med videre overføringer mot Oslo og til Follo i Akershus, samt at det ble bygget ledning vestover til Førre i Rogaland. Ledningen Tokke-Førre var for øvrig den første i landet der man benyttet helikopter i ledningsbyggingen, noe som gjorde dette arbeidet adskillig lettere og mer tidseffektivt. Den elektriske kraften kunne nå føres ut til de tusen hjem i et omfang man tidligere ikke hadde sett maken til her til lands.

Kraft til hver krok

“Da vi satte på strømmen i Kvalnes like før jul i 1946, var det ennå mange som ikke hadde blitt koblet til nettet. I to hus som lå like ved siden av hverandre, var installasjonene ferdig i det ene, mens det andre ennå ikke var koblet til. Da vi slo på strømmen lyste det så kraftig i huset som var tilknyttet nettet at naboen kom styrtende over i bare underbuksa. Han trodde det var brutt ut brann i huset.”⁹ Einar Bohinen (tidligere linjearbeider i Varanger Kraftlag), 1988

Som vi ser i eksempelet fra Varangerhalvøya, var det å få strøm ofte en meget spesiell opplevelse, og prinsippet om at alle skal få tilgang til strøm uavhengig av bosted har tradisjonelt vært viktig i norsk kraftoverføring. Ved frigjøringen i 1945 var godt over 20 prosent av befolkningen uten elektrisitet, og verst var forholdene i Finnmark der så mange som tre av fire innbyggere manglet slik tilgang. Forsyning av strøm til hele befolkningen ble derfor en viktig del av gjenoppbyggingen av landet i etterkrigstiden.

Elektrisiteten brer seg ut over landet

Initiativene til å forsyne befolkningen med elektrisitet kunne være både statlig initierte, og da i stor grad igangsatt av Arbeiderpartiets industriminister Lars Evensen, og av mer lokal karakter. Et typisk eksempel med statsstønning kunne bestå av bygging av et lite vannkraftverk (0,5–3 MW), med overføringsledninger på 22 kV og fordelingsnett på 220 V. Hvem som var initiativtaker, og andelen lånefinansiering/lokal kapital/statsstønning, kunne variere, men alle disse initiativene hadde uansett det til felles at de var med på å redusere den strømløse andelen av Norges befolkning betydelig. For eksempel fantes det i overkant av 600 000 mennesker uten tilgang til elektrisitet i 1945, mens dette tal-

⁹⁾ Mikkelsen 1988: 55

let var redusert til omkring 200 000 i 1955, og til under 3000 i 1965. I 1989 var det kun registrert 260 mennesker som ikke hadde tilgang til elektrisitet i Norge, og for alle praktiske formål var landet i realiteten fullstendig elektrifisert.

Finansieringen av strømforsyning til strømløse områder skjedde i stor grad ved hjelp av inntektene fra forbruksavgiften på elektrisk kraft (el-avgiften). Avgiften på 0,1 øre per kWh ble innført i 1951, og gjorde kraftforsyningen til et landsdekkende spleiselag. Prisen på denne avgiften har senere steget gradvis, og er for 2010 på 11,01 øre per kWh.

Sjøkabler til øysamfunn

Utviklingen av teknologi for sjøkabler har vært særlig viktig for å forsyne utkantstrøkene langs kysten med elektrisitet. Kraftoverføring med sjøkabler til øy- og kystsamfunn hadde forekommet i flere år også før 2. verdenskrig, men dette var da meget kostbare og teknologisk utfordrende prosjekter. Et interessant eksempel på kraftoverføring til øysamfunn i mellomkrigstiden er byggingen av det omfattende forsyningsnettet til øykommunene utenfor Ålesund i 1923, i forlengelsen av den tidligere nevnte ledningen fra Tafjord kraftverk. Forsyningen skjedde gjennom et nett av omkring 26 km sjøkabler, og enkelte av disse eksisterer fortsatt. Lengden på hver enkelt



Elektrifiseringen av nordmenns hytteområder på fjellet blir stadig mer utbredt. Bildet viser en nylig oppført nettstasjon av typen ABB Senior, i hytteområdene ved Nordre Syndinvann i Valdres i Oppland. Foto: Henning Weyergang-Nielsen, NVE

kabel varierte fra ca 500 til ca 3000 meter, og overføringene gikk på sitt dypeste ned mot 360 meter under havoverflaten. Dette må anses som et imponerende teknologisk pionerprosjekt i sin tid.

Etter 2. verdenskrig førte den teknologiske utviklingen til at arbeidet med kabling i sjø ble stadig enklere og billigere å gjennomføre. En viktig milepæl ble nådd da Standard Telefon- og



At alle landets kroker skal ha tilgang på elektrisitet har vært et viktig prinsipp i norsk elforsyning. Dette innebærer et velutbygd distribusjonsnett, her illustrert gjennom en stolpetransformator ved Gjendesheim i Jotunheimen. Besseggen i bakgrunnen.

Foto: Sissel Riibe, NVE

Kabelfabrikk (senere kjent som Alcatel/Nexans) gikk til anskaffelse av sitt eget kabelskip "Stanelco". Skipet hadde meget moderne utstyr, og gjorde det mulig å realisere de største kabelprosjektene langs norskekysten med relativt rimelige omkostninger.

ning var ofte på ulike måter et resultat av stor lokal innsatsvilje. Samtidig hadde slike prosjekter vært vanskelige å finansiere uten den tilretteleggingen som kom fra sentralt hold i samme periode. Særlig var samarbeidet mellom industriminister Lars Even-

sen og NVEs generaldirektør Fredrik Vogt fruktbart med tanke på å legge til rette for utbyggingsprosjekter som kunne forsyne store områder med elektrisk kraft. Av store utbygginger i perioden kan blant annet nevnes de statlige kraftverkene Mår, Aura, Røssåga, Tokke, Innset og Rana, samt Hol, Vinstra og Lyse kraftverker. I årene som fulgte ble derfor den virkelige store utfordringen å integrere denne produksjonen i et riksdekkende kraftoverføringsnett, samtidig som man også begynte å se ut over Norges grenser for internasjonale avtaler om kraftutveksling.

I 1958 ble "Stanelco" tatt i mot av ordføreren, kommunestyret og hele befolkningen på Utsira i Rogaland da sjøkabelen til øya ble ført i land. Øysamfunnet fikk elektrisk kraft via en kabel som var 17,4 km lang, og med det Norges daværende lengste. Det skulle imidlertid ikke gå lang tid før denne rekorden ble grundig slått. Kort tid etter fikk øykommunene Værøy og Røst i Nordland forskuttet statsstøtte fra Distriktenes utbyggingsfond, slik at befolkningen der kunne få overført elektrisitet fra fastlandets vannkraftanlegg. Den 25,8 km lange sjøkabelen til Værøy ble satt i drift i 1962, mens Røst fikk sin kraftoverføring året etter. Sjøkabelen til Røst var 35 km lang, altså nesten dobbelt så lang som kabelen til Utsira.



Kabelskipet Stanelco ankommer Utsira i 1958. Befolkningen på øya bidro sterkt med å dra den tunge sjøkabelen inn på land. Foto: Arbeiderbevegelsens arkiv og bibliotek

De mange prosjektene som førte elektrisiteten ut til hele Norges befolk-

Nettet knyttes sammen – og utvides (1960-1980)

“Her i nordenden av Europa var vi – vassdragsutbyggere og energiprodusenter – de første som knyttet tette internasjonale kontakter som førte til at “jernteppet” her ble gjennomsluttet.”¹⁰ Vitalij N. Meshkov (tidligere russisk befullmektiget for regulering av Enare), 1999

Sitatet ovenfor er hentet fra bokprosjektet “40 år for felles arbeide i Pasvikvassdraget”, som oppsummerte det finsk/russisk/norske samarbeidet om utnyttelse av vannkraften i våre nordøstligste grenseområder. Sentralt i dette samarbeidet stod ikke minst byggingen av en 10,7 km lang overføringsledning fra Boris Gleb kraftverk i Russland (den gang Sovjetunionen) til Kirkenes transformatorstasjon i Finnmark i 1971-72. Ledningen, som altså ligger delvis på russisk og delvis på norsk side av grensen, representerte et unikt industrisamarbeid mellom øst og vest midt under den kalde krigen.

Inn i et internasjonalt kraftmarked

Ledningen Boris Gleb–Kirkenes var en viktig milepæl for Norges arbeid med internasjonale kraftutvekslingsavtaler, men vi må bevege oss et par tiår tilbake i tid for å finne begynnelsen på dette eventyret. I perioden rundt 1950 ble det drøftet en lang rekke forslag til kraftutveksling mellom Norge og Sverige, og i desember 1955 vedtok Stortinget byggingen av en overføringsledning mellom Nea kraftverk i Sør-Trøndelag og Järpströmmen transformatorstasjon i Sverige. Nea kraftverk og 220 kV-ledningen til Järpströmmen ble satt i drift mandag 26. september 1960, og den høytidelige oppstarten ble foretatt av statsministrene Tage Erlander og Einar Gerhardsen. Det må i denne sammenheng nevnes at Norge allerede på 1920-tallet hadde hatt elektrisk forbindelse



med Sverige gjennom at Ofotbanen de første ti årene ble drevet av strøm fra kraftverket i Porjus, og at det i dette også inngikk samkjøring med Narvik Kommunale Elektrisitetsverk fra 1932. Dette initiativet var imidlertid ikke tilknyttet kraftoverføringsnettet for øvrig, og det er derfor vanlig å regne ledningen Nea–Järpströmmen som den første ordinære norske kraftutvekslingen med utlandet.

I årene etter idriftsettelsen av Nea–Järpströmmen ble det bygget flere overføringsledninger mellom Norge og Sverige. Senere i 1960 ble det bygget en ledning mellom Sørnes innenfor Narvik og Tornehamn på svensk side, og i 1963 ble det satt i drift to nye

På bildet ser vi ledningen Usta–Frogner, som Oslo Lysverker bygget i slutten av 1960-årene. Foto: P. O. Breifjell, Oslo Lysverker / Oslo byarkiv

ledninger over riksgrensen. Den ene gikk fra Nedre Røssåga kraftverk til Grundfors kraftstasjon i Umevassdraget, mens den andre gikk fra Hasle transformatorstasjon i Østfold over til Borgvik i Värmland. Særlig var Hasle–Borgvik-ledningen spesiell, i og med at dette var den første her i landet med spenningsnivå på 420 kV. En ny barriere i forhold til spenningsnivå ble altså brutt kun to år etter at Tokke–Rød hadde blitt Norges første 300 kV-ledning. I forbindelse med ledningen over til

10) Meshkov, Kotkasaari & Josefsen 1999: 19

Borgvik satte NVE også i drift Hasle transformatorstasjon ved Sarpsborg. Stasjonen, med sitt store tidstypiske industribygg i betong og tegl, ble Norges første med transformering på 420 kV spenningsnivå.

Sammenknytningen av et nordisk kraftoverføringsnett var ikke bare problemfritt. Ledningene mellom landene var relativt sett av begrensede dimensjoner sammenlignet med størrelsen på systemene, og man opplevde derfor betydelige stabilitetsproblemer. Gjennom å forbedre spennings- og frekvensregulatorene greide man imidlertid etter hvert å løse problemene.

Samkjøringsnettene integreres

Perioden fra 2. verdenskrig og frem til tidlig på 1960-tallet hadde på mange måter bestått i å bygge ut regionale samkjøringsnett rundt omkring i landet. Samkjøringen på Østlandet er allerede nevnt. I 1953 ble Nordenfjeldske Kraftsamband i Midt-Norge stiftet i forbindelse med idriftsettelsen av Aura kraftverk. To år senere fulgte L/L Vestlandske Kraftsamband i Sogn og Fjordane og den sørlige delen av Møre og Romsdal etter, og i 1960 ble Samkjøringen Nord-Norge etablert for å organisere samarbeidet mellom elverkene i Nordland og Troms. A/S Vest-Norges Samkjøringsselskap, som omfattet Rogaland og Hordaland, ble etablert i 1961, og i denne perioden hadde også den sørligste delen av landet gradvis blitt integrert i Foreningen Samkjøringen på Østlandet. På denne måten hadde altså nesten hele landet ved begynnelsen av 1960-årene blitt integrert og organisert i til sammen fem regionale samkjøringsområder.

I løpet av 1960-årene ble det en stadig viktigere oppgave å integrere de ulike regionale samkjøringsområdene inn i det som etter hvert skulle utvikle seg til å bli et sammenhengende nasjonalt kraftoverføringssystem. Det ble derfor bygget en rekke såkalte "landsdelsforbindelser", som gjorde det mulig å drive samkjøring og kraftutveksling mellom eksisterende samkjøringsområder.



Forsynings sikkerheten i Nordland og Troms ble kraftig forbedret etter at Innset kraftverk og de første ledningene derfra ble satt i drift i 1960. På bildet ser vi mast nr 18 vest for Altevåtn på ledningen Innset-Kanstadbotn. Foto: Sissel Riibe, NVE

Tokke-Førre-ledningen fra 1965 har allerede vært nevnt. Dette var den første ledningen mellom øst og vest, men dette var ikke den første landsdelsforbindelsen. Allerede i 1961 bygget nemlig staten en ledning som knyttet samkjøringen på Østlandet sammen med Aura og Nordenfjeldske Kraftsamband. Ledningen var på 132 kV, og med andre ord ikke spesielt stor for sin tid. Den gjorde det allikevel mulig å drive samkjøring mellom de to landsdelene, blant annet ved å bøte for nedbørsvikt eller tekniske utfall i et av områdene. Mot slutten av 1960-årene satte staten også i drift en 300 kV-ledning videre fra Trøndelag til Nordland, samtidig som det ble bygget et nett av 132 kV-stamlednin-

ger i Troms og den nordlige delen av Nordland, med de statlige kraftverkene Innset og Straumsmo som kjerne. Man hadde altså med dette kraftig styrket forsynings sikkerheten nordover i landet, og man muliggjorde samkjøring helt fra Nordland til Sør-Østlandet.

Med et nesten riksdekkende system av statseide "motorveier" med elektrisk kraft, og med en overgang til det vi kjenner som dagens sentralnett, ble det behov for en organisasjon som kunne administrere dette. NVE var en viktig initiativtaker i dette arbeidet, men også de lokale elverkene og regionale samkjøringsorganisasjonene var viktige pådrivere. Organisasjonen

”Samkjøringen av kraftverkene i Norge” ble etablert 1. januar 1971, og tok seg av mange av de oppgavene som i dag er tillagt Statnett.

Områdene lengst øst i Finnmark stod lenge uten tilknytning til det øvrige samkjøringsnett. Kraftforsyningen i området var derfor i mange år anstrengt og sårbar, og særlig førte tørrår til store energiunderskudd. Ledningen Boris Gleb–Kirkenes forbedret riktignok denne situasjonen betraktelig, men det var ikke før i 1973-74, med idriftsettelsen av ledningene Alta–Lakselv og Lakselv–Adamselv, at man fikk et sammenhengende samkjøringsnett gjennom Finnmark. Denne ledningsbyggingen førte med andre ord til en helt ny hverdag med hensyn til stabil og sikker kraftoverføring til dette området.

Pionerprosjekt over Skagerrak

Det er ikke mulig å formidle kraftoverføringshistorien på 1970-tallet uten å nevne det pionerprosjektet som knyttet det norske nettet sammen med det danske, den såkalte Skagerakoverføringen. Tanken om en kraftoverføring mellom Norge og Danmark – som ville utnytte fordelene ved samkjøring av den norske vannkraften og den danske varmekraften – hadde kommet opp allerede på 1920-tallet, og i 1950-årene ble det ført konkrete forhandlinger om en likestrømsoverføring med sjøkabel mellom Kragerø



Selv om de fysiske dimensjonene innen kraftutbyggingen økte sterkt i etterkrigstiden, måtte fortsatt en betydelig del av arbeidet utføres ved hjelp av ren muskeltkraft. På bildet ser vi trekking av kabel fra hovedtransformatorer til muffehus ved Tokke kraftverk i 1961. Foto: Statkraft

og Jylland. Planene ble imidlertid lagt på is i en periode, og ble realisert først i siste halvdel av 1970-årene.

I september 1973 undertegnet NVE og det danske samkjøringsorganet ELSAM en avtale om bygging og drift av en samkjøringsforbindelse mellom Norge og Danmark. Man ønsket å legge to 250 kV-likestrømskabler, med overføringsevne på til sammen 500 MW, mellom Lild Strand på Jylland og Kvarenes ved Kvåsefjorden øst for Kris-

tiansand. Avtalen ble undertegnet etter omfattende testing med sjøkabellegging i Hardangerfjorden, omtrent på samme dyp som de man måtte passere mellom Sør-Norge og Jylland. Oppdrag om leveranser til både disse testene og selve kabelproduksjonen gikk til Standard Telefon- og kabelfabrikk A/S.

Skagerrakkabel 1 og 2, hver med en lengde på omkring 130 km, ble lagt i henholdsvis 1976 og 1977. I utførel-



NVE–Statskraftverkens spesialskip ”C/S Skagerrak” under utleggingen av første Skagerrakforbindelse i 1976. Foto: Statnett



Det nordiske kraftledningssystemet i 1987.
 Illustrasjon hentet fra: Lalander (red.)
 1988: 49

sen av arbeidet tok NVE i bruk sitt nye spesialbygde kabelskip "C/S Skagerrak". Hver kabel var ca 12 cm i diameter, med en vekt på nesten 50 kg per meter, og disse måtte legges ut i full lengde for å unngå skjøting under utlegging. På sitt dypeste går kablene omkring 550 meter under havoverflaten. Dette var et enestående teknologisk pionerprosjekt, og elektrosjef Ommund Hauge i NVE uttalte i forbindelse med planleggingen at: "Det er aldri tidligere i verden blitt lagt kabel på så stort dyp og med så store dimensjoner og vekter som vi her har forutsatt"¹¹.

Samtidig med den første Skagerrak-kabelen ble Kristiansand transformatorstasjon satt i drift i 1976. Stasjonen har et stort veksel- og likeretteranlegg

11) Hauge, i Fossekallen nr. 2/1972: 5

som både sørger for at likestrøm fra Skagerrakkablene omformes til vekselstrøm før det føres ut på det norske nettet, og at norsk vekselstrøm omformes til likestrøm slik at det kan transporteres over Skagerrakkablene. Stasjonen har i tillegg vært meget viktig for den generelle kraftforsyningen i vår sørligste landsdel. Det ble i denne sammenheng også bygget nye store transformatorstasjoner i Arendal og Porsgrunn, samt overføringsledninger mellom disse.

Nye utenlandsforbindelser

Mot slutten av 1970-årene ble også den internasjonale kraftutvekslingen østover betydelig styrket. Høsten 1976 ble overføringskapasiteten på ledningen Nea-Järpstrømmen forsterket da denne ble spenningsoppgradert fra

220 til 300 kV, og i 1979 ble det bygget to nye 420 kV-ledninger mot Sverige. Den ene av disse gikk mellom Narvikområdet og Ritsem i Sverige, mens den andre gikk fra Østfold til Skogsäter. Ledningen til Skogsäter ble for øvrig den første triplex-ledningen i Norge, altså med tre ledere per fase. Utpå 1980-tallet ble også forhandlinger om kraftutveksling mellom Norge og Finland tatt opp, og dette endte med at det ble bygget en ledning fra Varangerbotn til Ivalo nær Rovaniemi. Denne ledningen ble satt i drift i september 1988.

Statistikk over antall kilometer sentral- og regionalnett

Fylke / Spenning i kV	33	45	66	110	132	150	220	300	420	Totalt
ØSTFOLD		481			89			33	304	906
AKERSHUS		440	368		30			132	36	1 006
OSLO	170	229			95			60	45	600
HEDMARK			701		527			55		1 283
OPPLAND			480		566			630		1 677
BUSKERUD		266	346		578			411	535	2 136
VESTFOLD		17	106		319			179	18	639
TELEMARK		106	195		1 043			419	262	2 025
AUST-AGDER		30	185		453			188	292	1 149
VEST-AGDER		54	68	415	90		466	421		1 515
ROGALAND		496	331		243			570	57	1 696
HORDALAND		290	559		756			709	102	2 417
SOGN OG FJORDANE			638		498			268	203	1 606
MØRE OG ROMSDAL			450		1 220			160	326	2 157
SØR-TRØNDELAG			788		432			109	100	1 430
NORD-TRØNDELAG			1 024		105			478		1 607
NORDLAND	26		791		1 467		75	308	488	3 156
TROMS	38		479		1 149				101	1 767
FINNMARK	45		1 138		918	9	29			2 139
Totalt	279	2 408	8 644	415	10 580	9	570	5 131	2 869	30 909

Tabellen viser fordeling av luftledninger og kabler fordelt fylkesvis på spenningsnivå (kun regional og sentralnett) i kilometer. Oppdatert per januar 2010.

Dersom man – i tillegg til sentral- og regionalnettet – også tar med høyspent og lavspent distribusjonsnett, er det samlede ledningsnettet i Norge på omtrent 300 000 kilometer. Dette er nok til å dekke distansen rundt ekvator mer enn syv ganger.

Nasjonale motorveier med elektrisk kraft (1980-1995)

”Få eller ingen kraftverk blir nå bygget for å drives isolert. Hvert nytt anlegg, enten det er et komplett kraftverk, et magasin, eller en ny maskin, føyer seg som et nytt ledd til et kraftproduksjonssystem som eksisterer fra før. Det har da begrenset interesse å regne på hva det nye anlegget kunne ha produsert hvis det hadde vært drevet isolert. Den virkelige nytten av nyanlegget ligger i den økningen det muliggjør, i hele systemets produksjon.”¹² Vidkunn Hveding, 1967

Sitatet ovenfor stammer fra tidligere statsråd, professor og generaldirektør i NVE Vidkunn Hvedings artikkel ”Driftssimulering av et kraftproduksjonssystem” i *Elektroteknisk tidsskrift*. Det oppsummerer på mange måter status for hvordan all kraftproduksjon i Norge ved inngangen til siste del av 1900-tallet ble ført ut på et felles omfattende, integrert og sammenhengende overføringsnett.

Rammene for kraftoverføringssystemet i Norge inn i det nye årtusenet var på mange måter nå lagt, men det var stadig behov for å styrke systemet innenfor disse rammene. De viktigste oppgavene handlet derfor om å frakte energien mest mulig effektivt fra de store produksjonsområdene til de store forbruksområdene, samt å konsolidere et sterkt og driftssikkert nett til hele landets befolkning.

Overføringer fra Vestlandet til Østlandet

1980-tallet ble et gyllent tiår for kraftutvekslingen mellom Vestlandet og Østlandet. En viktig ledning ble påbegynt i forbindelse med idriftsettelsen av Sima kraftverk i 1980, og går i vanskelig høyfjellsterreng over Hardangervidda. I 1989 ble denne ledningen ført videre til Nore, og bidro da, sammen med ledningen fra Aurland til Hallingdal som kom tre år senere, til at Østlandet kunne ta imot kraften fra nye installasjoner i kraftverkene Aurland og Jostedal.

Gjennom første halvdel av 1980-tallet ble også den enorme Ulla-Førreutbyggingen gradvis ferdigstilt. Ulla-Førre utnytter vannkraften i et 2000 km² stort nedbørsfelt nordøst for Stavanger, og blant kraftverkene finner vi Kvilldal som er Norges største målt i maksimal effekt. Fra Kvilldal ble det bygget to store overføringer mot Østlandet. Den ene overføringen går fra Kvilldal, via Holen kraftverk i Setesdalen, til Skiensområdet, og er derfra koblet videre mot Østfold. Ledningen er til sammen på hele 192 km, og omkring en tredjedel av denne går i høyfjellet i mer enn 1000 meters høyde over havet. Ledningsbyggingen var derfor preget av meget store utfordringer med tanke på vind, islast og rasfare. Strekingen gjennom Telemark og Buskerud stod klar samtidig med idriftsettelsen av Holen kraftverk i 1981, mens ferdigstillingen helt inn til Kvilldal stod klar i 1983.

Den andre overføringen fra Kvilldal ble bygget via Rjukan til Sylling i Buskerud. Med sine 230 km er denne ledningen enda lengre enn den første Kvilldalsledningen, og bortsett fra i det første partiet opp til Kvanndal ble den lagt i allerede etablerte traseer. I utgangspunktet var denne ledningen planlagt idriftsatt i 1989, men tidsplanen ble i løpet av arbeidsprosessen forsert slik at overføringen kunne tas i bruk allerede i slutten av oktober

.....
¹²) Hveding, i *Elektroteknisk tidsskrift* nr. 25/1967, her hentet fra Thue & Rinde 2001: 239

1988. Alle disse ledningene mellom Vestlandet og Østlandet ble bygget med 420 kV, som nå hadde etablert seg som normalt spenningsnivå i forbindelse med nye utbygginger i sentralnettet.

Sentralnett gjennom Nord-Norge

Der de fleste av 1980-årenes viktigste kraftoverføringsutbygginger hadde handlet om å forsterke utvekslingen mellom Vestlandet og Østlandet, handlet første halvdel av 1990-årene i stor grad om byggingen av et sammenhengende sentralnett gjennom Nord-Norge. Etter at Nord-Salten som det siste separate området hadde blitt tilkoblet samkjøringsnettet i 1980, var hele landets kraftforsyning omfattet av samkjøringen, men fortsatt hang ikke nettene i Nord-Norge og Sør-Norge sammen. En viktig milepæl ble derfor nådd i 1989 da det sørnorske og nordnorske nettet ble koblet sammen i Salten, i forbindelse med idriftsettelsen av ledningen Kobbelt-Salten. Imidlertid gikk fortsatt en del av innenlandsnettet gjennom Nordland på lavere spenning, og man var derfor avhengig av det svenske nettet for riksdekkende overføringer på sentralnettsnivå.

Gjennom slutten av 1980- og første halvdel av 1990-årene gjorde derfor Statkraft, og senere Statnett, store investeringer knyttet til sentralnettsbygging gjennom Nordland. I 1992



Ulla-Førre-utbyggingen var svært betydningsfull med tanke på å utnytte Vestlandets kraftressurser og å overføre disse til forbruksområdene på Østlandet. For Ulla-Førre ble vannmagasinet Blåsjø bygget opp med flere spektakulære dammer. Ikke minst er Stovassdammen imponerende. Dette er den største steinfyllingsdammen i Norge i damvolum med 9,7 millioner kubikkmeter steinmasser. Den har en høyde på 90 meter og en kronelengde på nesten 1500 meter. Foto: Statkraft

stod ledningen mellom Svartisen og Nedre Røssåga klar til drift, og to år senere var ledningen Salten-Svartisen ferdig. Salten-Svartisen var spesiell med tanke på at den ble bygget i et kupert og værutsatt terreng, som også inkluderte lange fjordspenn, men ikke minst vil den bli husket som den ledningen som en gang for alle knyttet kraftforsyningen i Norge sammen på sentralnettsnivå innenlands. For Nord-Norge ga dette et mer stabilt og sterkt nett med langt færre flaskehalser og mindre prisdifferenser.

Fortsatt teknologisk utvikling

I transformatorstasjonene rundt omkring i landet ble koblingsanlegg isolert med SF₆-gass stadig mer utbredt gjennom denne perioden. SF₆ (svovelheksafluorid) er omstridt ettersom det er en forholdsvis kraftig klimagass, men den har samtidig en rekke fordeler. SF₆-gass har høy isolasjonsevne, og gjør det derfor mulig å bygge kompakte, kapslede, gassisolerte anlegg innendørs, også for de

Utviklingen i norsk elektrisitetsproduksjon

1945: ca 10 TWh
1955: ca 20 TWh
1965: ca 50 TWh
1970: ca 70 TWh
1998: ca 125 TWh
2010: ca 130 TWh



Ledningen Salten-Svartisen i det svært værutsatte Mugskaret mellom Holandsfjorden og Glomfjorden. Foto: Ståle Enge, Statnett

Utvikling av spenningsnivå i Norge

År:	Spenning:	Ledning:	Utbygger:
1891	1 kV	Elmstrand – Hammerfest	Hammerfest Elektrisitetsverk
1896	5 kV	Kurås fossen – Røros gruber	Røros Kobberverk
1900	7 kV*	Hammeren – Oslo	Kristiania Elektrisitetsverk
1900	10 kV	Kringsjø – Kristiansand	Kristiansands Elektrisitetsverk
1903	20 kV	Kykkelsrud – Slemmestad	A/S Glommens Træsliberi
1906	50 kV	Kykkelsrud – Hafslund	A/S Glommens Træsliberi
1913	60 kV	Hogstad – Larvik	Treschow-Fritzøe
1923	80 kV	Porjus – Narvik	NSB/Den svenske stat
1923	110 kV	Tafjord – Nørve	Tafjord Kraftselskap
1928	132 kV	Nore – Flesaker	NVE-Fossedirektoratet
1949	220 kV	Hol – Sogn	Oslo Lysverker
1961	300 kV	Tokke – Rød	NVE-Statskraftverkene
1963	420 kV	Hasle – Borgvik	NVE-Statskraftverkene

* Dette var egentlig en 5 kV overføring. Men med et tofasesystem der ytterfasene stod 90° på hverandre ble spenningsnivået mellom ytterfasene 7 kV.

høyeste spenningsnivåene. Dette har store fordeler i forbindelse med arealbehov og estetikk. Gassen har i tillegg meget gode egenskaper når det gjel-

der å slukke lysbuer i effektbrytere, noe som også gjør disse rimeligere, sikrere og mer kompakte.

Når transformatorstasjonenes tekniske anlegg etter hvert begynte å ta adskillig mindre plass, fikk det også betydning for utformingen av stasjonenes bygningsmasse. Der etterkrigstiden hadde vært preget av bygging av trafostasjonsanlegg med store industribygg i betong, fikk man nå en overgang til stasjoner som var mindre omfangsrike i sin utforming. Bygningene fikk også stadig oftere preg av å etterligne arkitekturen i bolighus eller hytter, saltak ble vanligere og betongen ble som regel kledd med panel.

Når det gjelder luftledninger for kraftoverføring, har dimensjonene gradvis blitt større og 420 kV har etablert seg som normalt spenningsnivå ved nye utbygginger i sentralnettet, men teknikken er i stor grad den samme som tidligere. Enkelte innovative løsninger, både når det gjelder materialbruk, AUS (Arbeid Under Spenning), samt oppgradering av spenning og dimensjoner i allerede bestående ledninger, har imidlertid forekommet. Selskaper som Lofotkraft og TrønderEnergi kan, i tillegg til Statnett, nevnes som pionerer i en slik sammenheng.



Kompakt, kapslet, innendørs koblingsanlegg, isolert med SF₆-gass. Foto: Sissel Riibe, NVE

Effektivisering og et markedsbasert system (1995-2010)

“Statnetts oppgave er å få elektrisiteten dit den skal – til enhver tid, døgnet rundt, hver time året rundt – til rimeligst mulig pris.”¹³

Kjell Rønningsbakk (redaktør kraftnytt.no), 2001

Som vi har sett i tidligere kapitler, ble kraftoverføringssystemet fortløpende bygget ut gjennom siste halvdel av 1900-tallet. Nettet ble vesentlig styrket innenlands, samtidig som det i stadig større grad ble integrert i et internasjonalt kraftmarked. Fra midten av 1990-årene kan vi imidlertid se en markert nedgang i nybygging av kraftoverføringsanlegg. Parallelt med dette økte fortsatt elektrisitetsforbruket, og det ga derfor utbyggerne liten mulighet til å hvile på laurbærene. Perioden rett før og rett etter årtusenskiftet inneholder bygging av enkelte viktige kraftoverføringsanlegg, men vel så viktig var kanskje arbeidet med en mest mulig effektiv utnyttelse av bestående anlegg og systemer.



Vest-Finnmark har etter hvert fått styrket sin elektrisitetsforsyning vesentlig. Her ser vi forankringsmast på 132 kV-ledningen Skaidi–Alta fra 1989. Foto: Henning Weyergang-Nielsen, NVE

Før vi ser videre på utviklingen innen utbygging av kraftoverføringsanlegg, er det viktig å nevne at siste del av 1900-tallet var preget av en del organisatoriske endringer av kraftsektoren som kom til å prege denne utviklingen.

Energiloven, Statnett SF og en ny kraftbørs

Det tidligere direktoratet Statskraftverkene ble allerede i 1986 skilt ut fra NVE som egen forvaltningsbedrift og tok navnet Statkraft. Etter dette fulgte en lang diskusjon om hvordan den norske elektrisitetsforsyningen skulle organiseres, og hva Statkrafts rolle skulle være i dette systemet. Med hjemmel i Energiloven av 29. juni 1990 ble det innført markedsbasert omsetning av kraft i Norge. Med dette ble det også behov for en nøytral eier og driftsoperatør av sentralnettet, uavhengig av produksjonsfunksjonen. Fra 1. januar 1992 ble derfor Statkraft delt i de to nye statsforetakene Statkraft SF, som overtok eier-, drift- og utbyggingsansvaret for statens kraftproduksjon, og Statnett SF, som overtok eier-, drift- og utbyggingsansvaret for statens del av sentralnettet og tilknyttede overføringsanlegg. Statnett ble konsesjonær for sentralnettet, hvilket medførte at også eiere av regional- og distribusjonsnett måtte forholde seg til sentralnettet, og få sine vilkår satt gjennom omsetningskonsesjoner etter Energiloven.

Som en konsekvens av den nye branseorganiseringen ble også Samkjøring
.....
13) Rønningsbakk, i Rønningsbakk (red.) 2001:

gen i Norge nedlagt, og dens oppgaver flyttet til Statnett fra 1. januar 1993. Driften av kraftbørsen ble organisert i datterselskapet Statnett Marked AS og senere videreført i selskapet Nord Pool ASA, i samarbeid med Sverige (1996) og etter hvert også Finland (1998) og Danmark (1999-2000).

Dereguleringen og myndighetenes økende fokus på økonomisk effektiv drift av energisektoren, medførte at takten i nybygging og reinvesteringer i kraftoverføringsanlegg sank betraktelig. Kraftsystemet ble på mange måter oppfattet som ferdig utbygget. En viktig milepæl var særlig idriftsettelsen av den nevnte ledningen fra Salten til Svartisen i 1994, som ga Norge ett sammenhengende innenlands sentralnett.

Fra flere hold ble det hevdet at det gamle regimet hadde medført til dels betydelig overkapasitet i systemet. Med avkastningsreguleringen, som ble praktisert for nettselskapene, kunne nettarriffene settes slik at inntektene dekket de faktiske kostnadene ved utbygging, noe som også kunne gi incentiver til overinvesteringer i nye nettanlegg, uavhengig av bedrifts- og samfunnsøkonomisk effektivitet.

For å nå de politiske ønskene om økt effektivitet ble derfor avkastningsreguleringen erstattet av en økonomisk incentivregulering i form av en inntektsrammeregulering for nettselskapene fra og med 1997. Endringen innebar at NVE fastsatte en årlig individuell inntektsramme for hvert nettselskap, for på denne måten å legge til rette for mest mulig kostnadseffektiv

drift og nettutbygging. I praksis måtte altså kraftledninger bli vurdert som sikkert lønnsomme før de kunne bygges. Endringen medførte et betydelig økt fokus på effektivisering av nettet, med tilhørende reduserte investeringer i systemet.

Et tilleggsmoment som også kan ha hatt betydning for den reduserte aktiviteten i sektoren er den stadig økende bevisstheten rundt miljø- og landskapsvern, som også kom til uttrykk i form av motstand mot nye større kraftledningsprosjekter.

Effektivisert utnyttelse av nettet

Når takten innen nybygging av kraftoverføringsanlegg sank betraktelig, ble det i stedet særdeles viktig å utnytte det bestående nettet på en mest mulig effektiv måte. Gjennom en tiårsperiode fra 1995 til 2005 fikk Statnett et helt nytt driftssentralsystem, bestående av tre regionsentraler og en landssentral koblet sammen i et tett integrert system. Dette førte til bedre oversikt og kontroll i nettet, noe som igjen gjorde at man kunne øke belastningen på ledninger og andre komponenter. Noen ganger foregikk dette uten materielle utskiftninger, mens andre ganger ble man nødt til å skifte ut og/eller forsterke ulike komponenter. Gjennom utbyggingen av systemvern, i stedet for det tidligere systemet med primærvern av enkeltkomponenter, kunne man nå også koble ut større kraftverk eller store forbrukere ved alvorlige driftsforstyrrelser i nettet, og på denne måten verne mot totalt eller delvis systemsammenbrudd. Man kunne med dette betraktelig øke belastningene på tidligere flaskehalser i nettet.

Nye prosjekter i Sør- og Midt-Norge

Ledningsbyggingen har til tross for dette ikke stått fullstendig på stedet hvil i de siste årene. Enkelte viktige utbyggingsprosjekter har blitt gjennomført, og særlig har Sørlandet og Midt-Norge fått oppgradert sine kraftoverføringsnett. I 1999 bygget Statnett en ny 50 km lang ledning



Ledningsbygging i Setesdalen sommeren 2009. Foto: Trond Isaksen. Fotoeier: Statnett

fra Kristiansand til Skåreheia og Evje, blant annet for å styrke nettet i denne delen av landet og samtidig legge til rette for økt utveksling på Skagerrakkablene mellom Norge og Danmark. Ledningen ble først bygget med 300 kV, men ble spenningsoppgradert i 2009. Den ble med dette første byggetrinn i en sterk 420 kV-forbindelse gjennom Setesdal, som ble fullført 21. august 2009. I denne forbindelse ble det også bygget ny transformatorstasjon på Brokke, samt at transformatorstasjonene Kristiansand og Holen ble oppgradert.

Midt-Norge får sin forsyningssituasjon betydelig styrket ved at den gamle ledningen mellom Nea og Järpstrømmen skiftes ut med en ny 420 kV-ledning i perioden 2007-2010. Den nye ledningen vil bli bygget helt inn til Klæbu, slik at den sterke forbindelsen føres nærmere de store forbrukerområdene rundt Trondheim. Det bygges også en ny transformatorstasjon på Nea. De mange vindkraftprosjektene langs kysten sør og nord for Trondheimsfjorden fører i tillegg til at Statnett planlegger et kraftig overføringsnett langs hele Trøndelagskysten. Dette er et godt eksempel på hvordan nye kilder til kraftproduksjon påvirker utbyggingen av overføringsnettet.

Sjøkabler – store prosjekter og ny teknologi

Det er likevel innen arbeidet med kraftoverføring i sjøkabler at vi kanskje har sett de mest imponerende prosjektene og den sterke tekniske utviklingen gjennom de siste 20 årene. Da plattformen Troll A ble satt i drift i 1996, var dette den første offshoreinstallasjonen utenfor Norge som ble forsynt med elektrisitet fra land. Den første overføringen gikk med vanlig trefase høyspentkabel, men da Statoil bestemte seg for å installere nye kompressorer på plattformen ble det klart at det eksisterende overføringsanlegget ikke lenger var i stand til å levere de nødvendige kraftmengdene. ABB hadde nå utviklet en ny overføringsteknologi for HVDC-anlegg (HVDC Light), med PEX-kabler og krafttransistorbaserte omformeranlegg. Statoil fattet interesse for dette, og den nye HVDC Light-overføringen, over 76 km fra Kollsnes nordvest for Bergen til plattformen, stod klar i 2005. Denne nye teknologien gir langt lavere overføringstap enn tidligere.

For å forsterke kraftutvekslingen mellom Norge og Danmark, ble Skagerrakforbindelse nr 3 satt i drift i november 1993. Byggingen av sjøkabelen tok i underkant av to år og kostet



Som vannkraftnasjon har Norge en stolt og innholdsrik historie, både med tanke på kraftproduksjon og kraftoverføring. Flere av de anlegg som representerer viktige milepæler innenfor denne historien finnes fortsatt i mer eller mindre opprinnelig form i dag. Av anlegg som utmerker seg kan nevnes det fredete kraftverket Tyssø 1 i Tyssedal fra 1908, her representert gjennom rørgaten med smisveisete rør nedenfor Lilletopp, og kraftledningen Nore–Oslo fra 1928, her representert gjennom "englemast" i Sørkedalen. Foto: Statkraft

820 millioner kroner. Statnett arbeider for øvrig nå med planleggingen av en fjerde Skagerrakforbindelse. Også mulighetene for sjøkabler til Storbritannia og Tyskland er under utredning.

Avslutningsvis må også nevnes et allerede gjennomført sjøkablingsprosjekt som fremstår som enestående også i internasjonal sammenheng. I perioden 2005 til 2008 bygget Statnett og nederlandske TenneT en likestrømskabel mellom Norge og Nederland. NorNed-kabelen er med sine 580 km verdens lengste med klar margin, og den har en samlet vekt på om lag 47 000 tonn. Den ble satt i prøvedrift 6. mai 2008, med offisiell åpningsmarkering 11. september samme år. Overføringskapasiteten er på formidable 700 MW. Nå, allerede kort tid etter idriftsettelsen av NorNed 1, planlegger Statnett og TenneT en NorNed 2-kabel.

En stolt historie – et godt fremtidsgrunnlag

Norge har, gjennom hele den perioden som beskrives i denne artikkel-

en, vært verdensledende både med hensyn til elektrisitetsforsyningens utbredelse og elektrisitetsforbruk per innbygger. En avgjørende årsak til dette er selvfølgelig Norges topografi og klima, med mye nedbør, store høydeforskjeller, og dermed svært rik tilgang på vannkraftkilder rundt om i hele landet. Årsaken er imidlertid, som denne artikkelen viser, også sammensatt av en rekke andre faktorer. Politiske subsidieringsordninger, beslutninger og føringer fra både lokalt og sentralt hold, bransjens egen organisering, enkeltindividers og gruppers enorme arbeidsinnsats og et stort fokus på kontinuerlig teknisk og teknologisk utvikling, har utvilsomt bidratt meget sterkt.

Den norske kraftoverføringshistorien er omfattende og stolt, og etterlater seg en mengde kulturminner – både materielle og immaterielle – som det er viktig å ivareta og forvalte på en god måte. Samtidig legger den et meget solid grunnlag for fremtidig trygg og stabil kraftforsyning, både til norske forbrukere og det internasjonale kraftmarkedet vi nå er en del av.



Foto: Henning Weyergang-Nielsen, NVE

Kilder

Litteratur

- Akers Elektrisitetsverk (1932): *Akers Elektrisitetsverk 1922/1932. Årsberetning og regnskap 1931*. Oslo: Nationaltrykkeriet.
- Aktieselskapet Hafslund (1973): *Aktieselskapet Hafslund 1948 – 1973*. Oslo.
- Daling, Unn Kristin (1996): *Nord-Saltens største sak – Nord-Salten Kraftlag 1946-1996*. Nord-Salten Kraftlag.
- Diesen, Erling (2001): Krafthandel over landegrensene. I Rønningsbakk, Kjell (red.): *Balansekunst – Statnett 10 år*, s. 121-130. Oslo: Statnett.
- Electrical World (1923): Christiania visitor tells of farm service in Norway. *Electrical World*, Vol. 82, No. 6, 1923.
- Electrical World (1923): Transmission, Substations and Distribution. *Electrical World*, Vol. 82, No. 25, 1923.
- Eliassen, Finn-Einar (red.) (1995): *Mandal bys historie*. Mandal kommune.
- Endresen, Knut (red.) (1992): *Vår vidunderlige vannkraft*. Oslo: Universitetsforlaget.
- Faanes, Hans Haakon (2001): Ti år med energiloven. Utviklingen i elforsyningen og kraftmarkedet – sett fra styreboardet i Statnett (og NTNU). I Rønningsbakk, Kjell (red.): *Balansekunst – Statnett 10 år*, s. 85-92. Oslo: Statnett.
- Foreningen Samkjøringen (1959): *Samkjøringen gjennom 25 år 1932-1957*. Oslo: Foreningen Samkjøringen.
- Hauge, Ommund (1963): Hasle transformatorstasjon. En oversikt. I særtrykk av *Elektroteknisk tidsskrift* nr. 32/1963: 1-10.
- Heggenhougen, Rolv (red.) (1982): *Samkjøringen av kraftverkene i Norge 1932 – 1982*. Oslo: Samkjøringen.
- Hoelsæter, Odd Håkon (2001): Ti turbulente år. I Rønningsbakk, Kjell (red.): *Balansekunst – Statnett 10 år*, s. 15-18. Oslo: Statnett.
- Hughes, Thomas P. (1983): *Networks of power – Electrification in Western Society 1880-1930*. Baltimore/London: The Johns Hopkins University Press.
- Hveding, Vidkunn (1992): *Vannkraft i Norge*. Trondheim: Universitetet i Trondheim – Norges tekniske høgskole.
- Industridepartementet (1952): *Om utbyggingen av elektrisk kraft*. St. meld. nr. 38/1952.
- Jacobsen, Fr. & Somdal, J. A. (1942): *Aluminium og stålaluminium kraftledninger*. Oslo: Norsk Aluminium Company.
- Jensen, Lill-Ann (1985): *Kraft til vekst gjennom 100 år*. Oslo: Elforsyningens informasjonstjeneste.
- Johannessen, Finn Erhard (1992): *I støtet – Oslo Energi gjennom 100 år*. Oslo: Ad Notam Gyldendal.
- Johnsen, Rolf R. (1971): *Elektriske kraftledninger*. Oslo: Universitetsforlaget.
- Just, Carl (1952): *Oslo Elektrisitetsverk 1892-1952*. Oslo: J. Chr. Gundersen.
- Kvaal, Stig & Wale, Astrid (2000): *En spenningshistorie – Trondheim Energiverk gjennom et århundre*. Trondheim Energiverk AS.
- Lalander, Sven O. (1988): *Nordel 25 år*. Oslo: Nordel.
- Larsen, Oddmund (2001): Fra monopol til konkurranse i kraftmarkedet. I Rønningsbakk, Kjell (red.): *Balansekunst – Statnett 10 år*, s. 23-32. Oslo: Statnett.
- Lie, Tove (1985): *Rullesteiner samler ikke mose*. Oslo: Aschehoug.
- Lorentzen, Bernt (1950): *Vi følger strømmen – Bergens Elektrisitetsverk 1900-1950*. Bergen: AS John Griegs Boktrykkeri.
- Lorentzen, Schmidt, Strand, de Lange & Jakobsen (1978): *Lysekraft i 25 år*. Oslo: Lyse Kraftverk.
- Lurås, Ragnar (2006): *Ljos og kraft til alle heimar – historia om Tokkeanlegget, eit 50 års minne*. Skien: Telemarks-Magasinet.
- Meshkov, Kotkasaari & Josefsen (1999): *40 år for felles arbeide i Pasvikvassdraget*. Russland.
- Mikkelsen, Anstein (1988): *Med lys over landet – Varanger Kraftlag gjennom 50 år*. Vadsø: Varanger Kraftlag A/L.
- Nerheim, Gunnar & Gjerde, Kristin Øye (1998): *Energiske linjer – Stavanger energi gjennom 100 år*. Stavanger Energi AS.
- Nilsen, Yngve & Thue, Lars (2006): *Statens kraft 1965-2006. Bind 3 – Miljø og marked*. Oslo: Universitetsforlaget.
- Nordstrand, Leiv (1993): *Lys og kraft til bygdens behov – kraftforsyningen til Sogn og Fjordane 1893-1993*. Sandane: Sogn og Fjordane Energiverk.

NVE: *Fossekallen nr. 1/1961, 4/1963, 2/1972, 6/1973, 3/1976, 4/1977, 4/1978, 3/1979, 5/1980, 4/1982, 10/1982, 9/1983, 1-2/1986, 1/1989, 2/1989, 10/1989*. Oslo: NVE.

NVE (2006): *Kulturminner i norsk kraftproduksjon*. Oslo: Norges vassdrags- og energidirektorat, rapport nr. 2/2006.

Næss, Atle (1998): *Fossekraft og lange linjer: Hafslund ASA 1898-1998*. Oslo: Gyldendal.

Rønningsbakk, Kjell (red.) (2001): *Balansekunst – Statnett 10 år*. Oslo: Statnett.

Sandberg, Johannes (red.) (1951): *Trekk fra elektrisitetsforsyningens utvikling. Bind 1 & 2*. Oslo: Norske Elektrisitetsverkers Forening.

Sandberg, Per Øivind (1998): *Hamar-regionen Energiverk 1913-1988, fra forvaltning til foretning*. Hamar: Hamar-regionen Energiverk.

Sandvik, Pål Thonstad & Andresen, Espen (2000): *Kristiansand Energiverk: i elektrisitetens århundre, 1900-2000*. Kristiansand Energiverk.

Skjold, Dag Ove (2006): *Statens kraft 1947-1965. Bind 2 – For velferd og industri*. Oslo: Universitetsforlaget.

Skjold, Dag Ove (2009): *Power for Generations. Statkraft and the role of the state in Norwegian electrification*. Oslo: Universitetsforlaget.

Skjold, Dag Ove & Thue, Lars (2007): *Statens nett – systemutvikling i norsk elforsyning 1890-2007*. Oslo: Universitetsforlaget.

Solem, Arne (1954): *Norske kraftverker*. Oslo: Teknisk ukeblads forlag.

Solem, Arne & Vogt, Fredrik (1966): *Norske kraftverker – Bind 2*. Oslo: Teknisk ukeblads forlag.

Statkraft (ikke datert): *Ulla-Førre*. Haugesund: Statkraft – Vestlandsverkene.

Steine, Matias (1976): *Soga om kraftutbyggjinga i Voss*. Voss elektrisitetsverk.

Svendsen, Oddvar (1998): *Et felles gode – Kraft og samfunn i Troms gjennom hundre år 1898-1998*. Troms Kraft AS.

Thue, Lars (2006): *Statens kraft 1890-1947. Bind 1 – Kraftutbygging og samfunnsutvikling*. Oslo: Universitetsforlaget.

Thue, Lars & Rinde, Harald (2001): *Samarbeidets kraft*. Oslo: Energi Forlag AS.

Tjelmeland, Sjur (1996): *Sunnhordland kraftlag i 50 år*. Husnes: Sunnhordland Kraftlag AS.

Vogt, Johan (1971): *Elektrisitetslandet Norge*. Oslo: Universitetsforlaget.

Muntlige kilder

Rune Aasgaard, dr. ing., geografisk informasjonsteknologi

John Guttorm Cock, NVE

Erling Diesen, tidl. vassdrags- og energidirektør

Nils Martin Espegren, NVE

Hans Haakon Faanes, tidl. professor i elkraftteknikk ved NTH/NTNU

Truls Sønsteby, NVE



66 kV-ledning på regionalnettet fra Kvæningen kraftverk i Nord-Troms nordover til Øksfjord i Vest-Finnmark.
Foto: Sissel Riibe, NVE

Organisering, samkjøring og systemutvikling i norsk elforsyning

Dag Ove Skjold

“Den lokale energiforsyningen er i dag preget av en svært uensartet organisasjonsstruktur fra fylke til fylke. I de fleste fylkene domineres bildet stadig av mange små, noen middelstore og få større verk.”¹ Olje- og energidepartementet, 1985

Den norske elforsyningen har gjennom hele det 20. århundret hatt en organisasjonsstruktur som skiller seg vesentlig fra den vi finner i de fleste industrialiserte land. Mens denne sektoren i hovedsak har fulgt en historisk utvikling fra små, lokale til store, regionale, og i enkelte tilfeller nasjonale organisasjoner, har norsk elforsyning helt frem til i dag i det alt vesentlige hatt en utpreget desentralisert og småskalabasert organisasjons- og eierstruktur.²

Dette faktum reiser flere interessante problemstillinger som vi skal ta opp og drøfte i denne artikkelen. Hva skyldes den langt på vei særegne organisasjonsstrukturen vi finner i Norge? Og

hvilke konsekvenser har denne strukturen hatt for sektorens evne til å løse sine oppgaver på en effektiv og rasjonell måte? Sistnevnte spørsmål er ikke minst relevant fordi den mer eller mindre allmenne historiske utviklingen henimot stadig større organisasjonsenheter først og fremst er blitt tolket som en nødvendig og naturlig tilpasning til tekniske og økonomiske rasjonalitetshensyn.³

Storskalaideologiens fundament

Før vi går løs på den historisk-kronologiske fremstillingen, la oss kort se litt mer konkret på hvordan den allmenne tendensen til integrasjon og organisatorisk vekst er blitt fortolket og

forklart. Hvorfor er det slik at storskalabaserte organisasjonsstrukturer i kraftforsyning har en tendens til å bli fremhevet som mer rasjonelle enn småskalabaserte?

Storskalaorienteringen har først og fremst bakgrunn i teknisk-økonomiske særtrekk ved kraftproduksjon. For det første har store kraftverk gjennomgående lavere enhetskostnader enn de mindre. Dette gjelder i særlig grad termisk (varmebasert) kraftproduksjon. Et tidlig og godt illustrerende eksempel på dette fikk man ved utviklingen og innføringen av damp-turbinen rett etter 1900.

Damp-turbinen var betydelig mer energieffektiv enn den tradisjonelle stempeldampmaskinen. I tillegg hadde damp-turbinen den egenskapen at enhetskostnadene sank med turbin-størrelsen. Store turbiner krevde imidlertid større markeder, eller, mer presist, større forbrukere og/eller forsyningsområder. Damp-turbinen representerte slik sett “tilbud på jakt etter etterspørsel”, som den amerikanske teknologihistorikeren Thomas Hughes treffende har formulert det, og den bidro til å presse utviklingen i retning av systemintegrasjon og større forsyningsområder.⁴



Utviklingen av et kraftforsyningsystem i Norge – der de største kraftkildene i mange tilfeller ligger langt vekk fra de største forbruksområdene – har medført særegne tekniske og økonomiske utfordringer. Her er det en av Oslo Lysverkers master på fjellet mellom Vestlandet og Østlandet som bukker pent for fotografen. Ukjent fotograf. Fra arkivet etter Oslo Lysverker / Oslo byarkiv

1) St. meld. nr. 71 (1984-85): Norges fremtidige energibruk og produksjon, s. 124.
2) Den mest omfattende oversikten over og analysen av den norske elsektorens organisasjonsstruktur er gitt i Skjold og Thue (2007).
3) Et av de klassiske bidragene innenfor en slik fortolkningsramme er Hughes (1983).
4) Hughes (1983), s. 364.

Slike storskaladrivkrefter gjør seg for øvrig også gjeldende innen vannkraftproduksjon, selv om de ikke er fullt så fremtredende der. Vannkraftturbiner har også visse skalafordeler. Her er imidlertid bygge- og konstruksjonskostnadene i sin helhet vel så viktig. Fallende enhetskostnader var blant annet en viktig grunn til at den norske staten, gjennom NVE, etter andre verdenskrig særlig satset tungt på å bygge store vannkraftverker.

Nok et særtrekk ved kraftproduksjon og kraftforsyning som har virket i retning av både systemvekst og større enheter, er de teknisk-økonomiske fordelene som kan oppnås gjennom samarbeid mellom kraftverk. I slikt samarbeid ligger betydelige synergieffekter – det vil si at produksjonsenheter som samarbeider oppnår en større samlet produksjon enn om hver enkelt enhet arbeider isolert. Særlig er dette tilfellet ved koordinering – det som på fagspråket gjerne kalles "samkjøring" – mellom varmekraftverk og vannkraftverk. Men det gjelder også i stor grad mellom vannkraftverk. For eksempel knytter det seg store økonomiske fordeler til samarbeid mellom såkalte magasin- og elvekraftverk, altså kraftverk med og uten mulighet til å lagre vann over lengre perioder i magasiner.

Mens produksjonen i et elvekraftverk i prinsippet langt på vei er prisgitt den naturlige vannføringen over året, kan et magasin kraftverk lagre vann, og dermed et stykke på vei frigjøre seg fra denne. Gjennom koordinert samarbeid mellom elvekraftverk og magasin kraftverk kan imidlertid det totale produksjonspotensialet økes. Dette kan skje på den måten at elvekraftverkene produserer for fullt i vannrike perioder, og dekker det meste av forbruket, mens magasin kraftverkene i slike perioder kan redusere produksjonen og i stedet lagre mer vann i magasinene. Dermed, i perioder med mindre vannføring, i Norge typisk på vinterstid, kan magasin kraftverkene overta hovedtyngden av produksjonen.

Et slikt samarbeid gjør det for det første mulig å utnytte elvekraftverkens potensial bedre, fordi de kan nyttig-



Bygging av kraftverk med mulighet for å magasinere store mengder vann har vært avgjørende for en mest mulig rasjonell utnyttelse av vannressursene i Norge. Illustrasjonen viser plan for Svartisen-utbyggingen med hovedmagasinet Storglomvatn, som er Norges største magasin med en kapasitet på 3 506 millioner kubikkmeter vann. Svartisen-utbyggingen var også helt avgjørende for byggingen av et sterkt sentralnett for kraftoverføring gjennom Nord-Norge. Illustrasjon: Statkraft

gjøre de store vannmengdene i vannrike perioder – vann som uten samarbeid med magasin kraftverk ville rent utnyttet forbi kraftstasjonene. I et vannkraftbasert system som det norske, knytter det seg også store fordeler til samarbeid mellom vannkraftverk i områder med ulik nedbørsstruktur. Gjennom slik integrasjon blir det mulig å redusere den innebygde risikoen for nedbørs- og derigjennom produksjonssvikt som ligger latent i vannkraftdominerte elsystemer.

For å oppsummere, knytter det seg altså betydelige bedrifts- og samfunnsøkonomiske fordeler til koordinering og samarbeid i kraftforsyningen. Og det er ikke minst i lys av slike faktorer vi må forstå utviklingen av stadig større systemer og organisasjoner i nær samtlige industrialiserte land opp gjennom 1900-tallet. La oss se litt nærmere på hvordan denne utviklingen konkret har forløpt.

Det norske regionalnettet er viktig for leveransene av elektrisitet til større forbruksområder, industri og jernbane. Her ser vi Lyse Elnetts 50-kilovolts betongmastledning fra 1949 mellom Oltedal og Ålgård i Rogaland.
Foto: Sissel Riibe, NVE





Fra kraftoverføringens tidlige epoke: Kristiania Elektrisitetsverk under arbeid med strekking av jordkabel til Ankerløkka sekundærstasjon på Østre Elvebakke i 1915. Ukjent fotograf. Fra arkivet etter Oslo Lysverker / Oslo byarkiv

Elsystemenes organisatoriske faser

Den historiske system- og organisasjonsutviklingen i kraftforsyningen har selvsagt variert til dels betydelig fra land til land. Det gjelder både hastigheten i utviklingen og "modellene" for organisering. Om vi tillater oss å generalisere litt, er det like fullt mulig å identifisere visse mer eller mindre allmenne utviklingstrekk. Det ser vi ikke minst i systemutviklingen, der vi litt grovt kan identifisere fem distinkte faser som de fleste industrialiserte land mer eller mindre synes å ha fulgt.

Den første av disse fem fasene omfatter elektrisitetens pionertid, som vi grovt sett kan tidfeste til perioden fra 1870-årene til omkring århundreskiftet. I denne tidligste fasen var elforsyning utelukkende en småskalabasert virksomhet der små og isolerte anlegg

– såkalte enkeltanlegg og blokkstasjoner som forsynte en bedrift, bygård eller lignende – dominerte helt, og der bruksområdet primært var belysning.

Den neste fasen, som omfatter perioden fra omkring begynnelsen av 1890-årene og frem til rundt 1920, kjennetegnes av fremveksten av det vi litt løselig kan kalle "lokale elsystemer", det vil si systemer som omfattet noe større områder, som en bydel eller by, en bygd eller deler av den. I denne perioden vokste altså elsystemene smått og gradvis ut over de helt umiddelbare rammene som definerte enkeltanleggene og blokkstasjonene, men i hovedsak ikke lengre enn at de fremdeles utgjorde en høyst lokalt avgrenset teknologi.

Den tredje fasen innledes rundt første verdenskrig, og kjennetegnes av frem-

veksten av regionale elsystemer, det vil si systemer som favnet over større regioner og besto av integrerte, sammenkoblede kompleks av kraftverk og overføringssystemer. Slike systemer vokste først frem i de største industrilandene, som USA, Tyskland, Storbritannia og Frankrike.⁵ Senere, i mellomkrigsårene, begynte en gradvis regionalisering også i en del andre europeiske land, deriblant i Norge og Sverige.⁶

Fase fire omfatter tiden fra 1940- til 1960-årene, og kjennetegnes av det vi kan kalle "interregionalisering", det vil si sammenknytning av regionale elsystemer, og derigjennom, i mange land, til fremveksten av nasjonalt in-

5) For USA og Tyskland, se Hughes (1983), for Storbritannia, se Hannah (1979), og for Frankrike, se Laffont (1994).

6) For en komparativ studie av systemutviklingen i Norge og Sverige, se Kaijser (1995).



Utviklingen av samkjøringsområder i Norge i perioden 1932-1994. Illustrasjonen viser hvordan det har vært en gradvis utvikling fra enkelte isolerte samkjøringsområder til et sammenhengende nasjonalt sentralnett. I 1932 var det kun i et begrenset område på Østlandet at kraftverkene samkjørte sin produksjon. Senere fikk man en rekke regionale samkjøringsområder, og disse ble videre knyttet sammen gjennom såkalte "landsdelsforbindelser". I 1980-årene ble Norge koblet sammen til ett samkjøringsområde, men da via det svenske nettet for å knytte sammen hele Nord-Norge. I 1994, med ledningen Salten-Svartisen fikk Norge endelig et sammenhengende, innenlands sentralnett. Kart basert på illustrasjon i Skjold og Thue 2007: 1

tegrerte elsystemer. I denne perioden skjer i økende grad også integrasjon over landegrensene.

Den femte og siste fasen innledes i 1980-årene, og kjennetegnes av nok en organisatorisk "rekonfigurasjon". Denne fasen er imidlertid, i motsetning til de foregående, preget av et langt mindre entydig utviklingsmønster. Bak denne ligger den gryende liberaliseringen og i mange land den påfølgende privatiseringen av sektoren. Liberaliseringen har i noen land ført til økende organisatorisk fragmentering, som for eksempel i Storbritannia, der det statlige kraftmonopolet CEBG i 1980-årene ble splittet opp i et knippe regionale selskaper og privatisert.⁷ I andre land, for eksempel Norge, har liberaliseringen på sin side ført til økt organisatorisk konsentrasjon, i hovedsak på grunn av det statlige kraftselskapet Statkrafts oppkjøp av regionale kraftselskaper.⁸ I andre land igjen, som for eksempel Frankrike og Danmark, har liberaliseringen hatt ubetydelige konsekvenser for organisasjonsstrukturen.

Systemvekst og organisatorisk endring

I de aller fleste land har systemveksten gått hånd i hånd med organisatoriske endringer. Så lenge elforsyning var en lokal teknologi, var også eierskapet primært lokalt. I noen land ble riktignok elforsyning tidlig et viktig forretningsområde for multinasjona-

le investerings- og holding-selskaper. Allerede før første verdenskrig var for eksempel både fransk, østerriksk, gresk, italiensk, russisk og spansk elforsyning i varierende grad dominert av utenlandske eierselskaper.⁹ Hovedmønsteret i denne fasen var likevel lokalt eierskap, særlig i de landene der elforsyningen tidlig ble en offentlig oppgave. Med regionaliseringen kom imidlertid det lokale eierskapet under press.

I elektrisitetens pionerfase var de elektriske anleggene eid av bedrifter og enheter hvis hovedformål ikke først og fremst var å produsere elektrisitet for salg, men å tjene egen næringsvirksomhet eller personlige behov. Først med fremveksten av det lokale elsystemet ble elektrisitetsproduksjon et selvstendig virksomhetsområde. I denne fasen tok det lokale elektrisitetsverket gradvis over som den dominerende enheten for produksjon og/eller fordeling av strøm. Med elverkets fremvekst som organisasjonsform ble altså strømforsyning en skarpere definert, og i økt grad også profesjonalisert, virksomhet.

Med den begynnende regionaliseringen omkring første verdenskrig, ble de lokale elverkene i sin tur utfordret av nye, og langt større og mektigere aktører. Bak de regionale elsystemene sto selskaper med helt andre økonomiske ressurser enn de tradisjonelle lokale enhetene. Det var i denne perioden at mange av de senere så store og

mektige nasjonale kraftaktørene, som for eksempel Rheinisch-Westfälisches Elektrizitätswerk (RWE) i Tyskland, ble etablert. De nye regionale selskapene la stor vekt på å utnytte storskala fordelene i kraftforsyningen gjennom bygging av store kraftverk og integrasjon av lokale forsyningsområder i større, regionale systemer gjennom bygging av store kraftoverføringsforbindelser. De var i tillegg som regel tuftet på en utpreget sentraliserings- og planfilosofi. Gjennom plan og overordnet samordning var målet å utnytte de betydelige synergieffektene som vi har sett at følger med samkjøring og koordinering av kraftverk. For etablerte lokale enheter representerte imidlertid de nye regionale selskapene ofte en trussel. De kunne for det første ofte tilby en mye billigere og mer stabil strømforsyning. For det andre utfordret de den lokale elforsyningens selvråderett.

Innenfor de regionale systemene fremsto lokale, frittstående elverk gjerne som en flaskehals, ettersom de ikke var integrert i de sentraliserte drifts- og koordineringssystemene. I kraft av sine økonomiske ressurser, og ikke sjelden også i kraft av en betydelig politisk legitimitet, kunne imidlertid de regionale selskapene sikre seg innflytelse over det lokale nivået, dels gjennom oppkjøp, og dels gjennom andre, mer indirekte virkemidler. Resultatet var en svekking av det lokale til fordel for store, regionale aktører, og videre at myndigheten over, og styringen av den videre utviklingen gikk samme vei. Det lokale elverket for-

7) Newberry (1999).

8) Skjold (2009).

9) Hausman et. al. (2008), tabell 1.4.



I Italia var elektrisitetsforsyningen i stor grad dominert av utenlandske eierselskaper frem til 1962, da man fikk et statlig elektrisitetsmonopol. Bildet viser en liten nettstasjon med kabelmuffer i Bagni di Lucca, Toscana.

Foto: Henning Weyergang-Nielsen, NVE

svant vel og merke ikke ut av historien. I en del land fortsatte lokale enheter lenge å spille en viktig rolle i sektoren, særlig på distribusjons-siden. I Tyskland overlevde langt på vei den lokale elforsyningen til tross for den omfattende regionaliseringen der fra og med første verdenskrig. Det samme var tilfellet i Sverige. Likevel var det regionale selskaper som etter hvert kom til å dominere innenfor

både produksjon, overføring og distribusjon i de fleste land, herunder også i land der det lokale nivået besto.

Den fjerde fasen, det vil si i interregionaliseringen og det nasjonale elsystemets epoke etter andre verdenskrig, brakte ikke like store allmenne organisatoriske endringer. De største endringene i denne fasen skjedde i Frankrike, Storbritannia og Italia, der

elforsyningen ble nasjonalisert, altså overtatt av statlige elektrisitetsmonopol. Det skjedde i henholdsvis 1946, 1948 og 1962.¹⁰ I andre land var det først og fremst etablerte regionale storselskaper, eller statlige kraftselskaper, som drev frem interregionaliseringen, altså sammenknytningen av de regionale systemene. Det var også i hovedsak regionale og statlige selskaper som sto for de tidlige mellomstatlige forbindelsene. Sistnevnte fikk vel å merke ingen stor betydning i denne fasen.¹¹

Den internasjonale integrasjonen har først fått virkelig omfang med liberaliseringen av de europeiske kraftmarkedene etter 1990. Som nevnt ovenfor, har også denne fasen vært preget av organisatorisk endring. Drivkreftene bak endringene i denne fasen skiller seg imidlertid fra dem som har ligget bak endringene i tidligere perioder. Mens teknisk-økonomiske rasjonalitetsmotive synes å ha vært den viktigste drivkraften i foregående perioder, er strukturendringene i de siste par tiårene først og fremst drevet frem av bedriftsøkonomiske og markedsstrategiske ambisjoner. I et stadig mer internasjonalt og konkurransebasert kraftmarked er det nå de bevegelige målene størrelse, markedsmakt, kapitalstyrke og strategisk posisjonering som det siktes etter, i alle fall for de selskapene som har internasjonale ambisjoner. I denne siste fasen, som vi i dag er midt inne i, spiller samfunnsøkonomiske rasjonalitetsmålsettinger og planorienterte styringsvirkemidler en langt mindre rolle.

Systemutviklingen i Norge

Når det gjelder systemveksten, har Norge langt på vei fulgt den samme utviklingen som andre land – også her i retning av stadig større og tettere koblede elsystemer. Det første kjente elektriske anlegget i Norge, lysanlegget ved Lisleby Brug i Fredrikstad, ble satt i drift i 1877. I årene frem mot århundreskiftet ble det bygd hundrevis av slike små elektriske anlegg, særlig i tilknytning til industri. Dette var anlegg som i hovedsak kun forsynte

10) For Frankrike, se Frost (1994), for Storbritannia, se Hannah (1982).

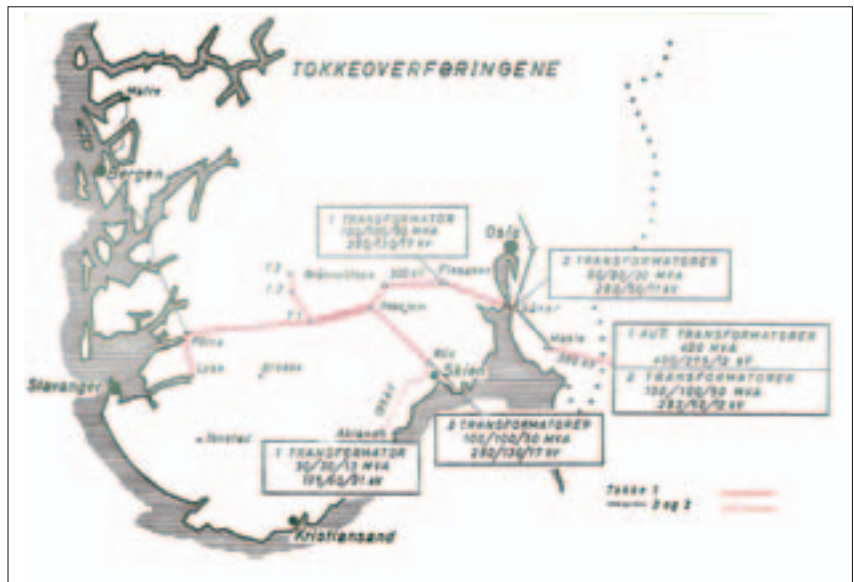
11) For den mellomstatlige integrasjonen i Skandinavia, se Lalander (1988).



Idriftsettelsen av Nore kraftverk i 1928, og ledningene som derfra ble bygget til Oslo og Tønsberg, var en avgjørende årsak til etableringen av Foreningen Samkjøringen på Østlandet. Bildet viser bygging av mast i 1926, på ledningen fra Nore til Smestad i Oslo. Masteseksjonen heises opp ved hjelp av hånddrevne vinsjer og et spir øverst i masten. Foto: Statkraft

egen virksomhet. I 1890-årene kom så den første bølgen av elektrisitetsverke- etableringer, det vil si lokale enheter som solgte strøm til abonnenter. Tallet på lokale elverk steg voldsomt frem til begynnelsen av 1920-årene, da majoriteten av landets kommuner hadde etablert elforsyning i en eller annen form. På dette tidspunktet hadde rundt to tredjedeler av den norske befolkningen innlagt strøm i hjemmet, og nordmenn brukte suverent mest strøm per innbygger i hele verden.¹²

Inntil omkring 1920 var norske elverk i hovedsak elektriske enklaver, det vil si isolerte enheter uten forbindelser til andre lokale elverk. På Østlandet endret dette seg i 1920-årene, da staten bygde ut et regionalt overførings-system i forbindelse med etableringen av Nore kraftverk. Gjennom "Nore-
.....
12) For statistikk, se Skjold (2009), kapittel 1.



Ledningsnettet som i første halvdel av 1960-årene ble bygget ut fra Tokke-verkene var meget viktig, både for forsyningen til samkjøringsområdet på Østlandet, og ikke minst for å knytte dette området sammen med samkjøringsområdet til A/S Vest-Norges Samkjøringssselskap i Hordaland og Rogaland. Illustrasjon: NVE

systemet" ble en rekke lokale elsyste- mer knyttet sammen i et større, regionalt system. I midten av 1930-årene var nær samtlige større kraftverk på det sentrale Østlandet blitt en del av dette systemet. Utenfor Østlandet skjedde ingen tilsvarende regionalisering i mellomkrigsårene. I de øvrige landsdelene skjøt denne utviklingen først fart i årene etter andre verdenskrig. I 1950- og 1960-årene ble både Vestlandet, Midt-Norge og Nord-Norge gradvis knyttet sammen i lignende regionale elsystemer. Som på Østlandet i mellomkrigsårene var statlig engasjement viktig også i disse landsdelene og regionene.

Det var staten som bygde ut de aller fleste regionale kraftoverføringsforbindelsene, som var en forutsetning for integrasjonen. Dette skjedde i hovedsak med utgangspunkt i statens kraftverksbygging, som gjerne hadde et dobbelt formål – dels å forsyne storindustri, dels lokale elverk. Regionaliseringen var i stor grad et produkt av en statlig elektrifiserings- og moderniseringsstrategi. Store kraftverk ga lavere enhetskostnader, men krevde omfattende forbruksområder for å oppnå avsetning på kraften. I distriktene fantes det i utgangspunktet ikke forbruksgrunnlag for store kraftverk, men dette kunne oppnås gjennom å

bygge kraftoverføringer som knyttet større forbruksområder sammen. Forbruket var imidlertid lavt i forhold til det et så omfattende system kunne forsyne. Dette ble løst med i tillegg å koble til industri med høyt kraftforbruk. Slik oppnådde man både industrielle og sosiale mål: industriell vekst og modernisering i distriktene basert på kraft og storindustri, samt sosial utvikling gjennom billig kraft til husholdningene og småindustrien. Dette var på mange måter modellen for norsk statlig elektrifisering etter andre verdenskrig.¹³

Staten var også drivkraften bak for det første utviklingen av et nasjonalt elsystem, og for det andre den begynnende tilknytningen til nabolandene. Begge deler begynte i 1960-årene. Staten la gjennom NVE i dette tiåret ned store ressurser i bygging av såkalte interregionale kraftoverføringsforbindelser, det vil si forbindelser som knytter sammen de regionale elsystemene i ulike deler av landet. Store forbindelser ble bygd mellom Østlandet og Vestlandet, mellom Østlandet og Midt-Norge, og mellom Midt-Norge og Nord-Norge. Dette førte til at nesten hele landet ved inngangen til 1970-tallet var knyttet sammen i et felles elsyste-
.....
13) Skjold og Thue (2007).



For å knytte sammen de ulike regionale samkjøringsområdene bygget staten flere såkalte "landsdelsforbindelser". Den første av disse var 132 kV-ledningen mellom Vågåmo og Aura, som fra 1961 knyttet samkjøringen på Østlandet sammen med Norden-fjeldske Kraftsamband. I 1973 ble det i tillegg bygget en 300 kV-ledning i omtrent samme trasé. På bildet ser vi 300 kV-ledningen til venstre og 132 kV-ledningen til høyre. Foto: Sissel Riibe, NVE

tem. Ved det tidspunktet sto kun Finnmark og Troms utenfor dette systemet.

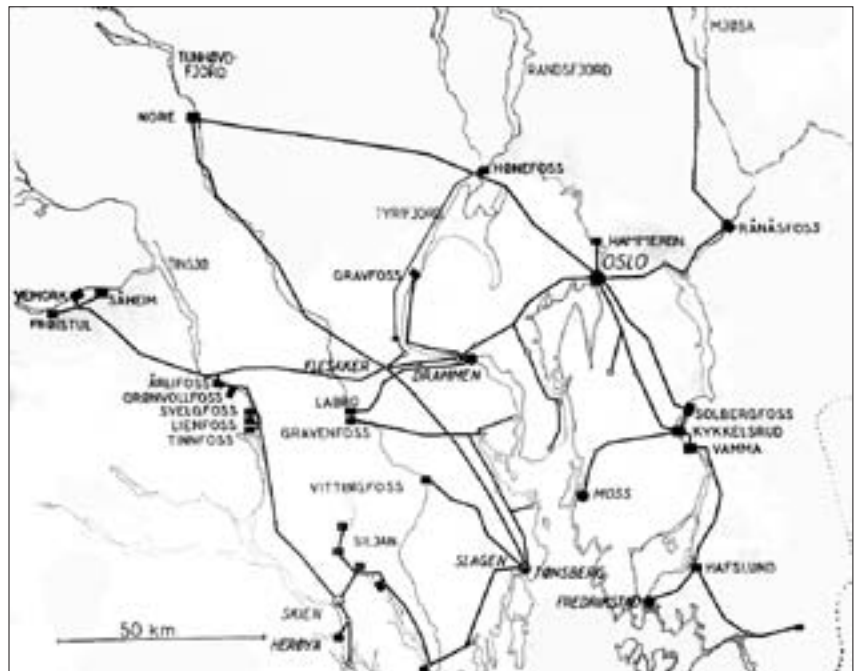
I samme tiår ble også de første forbindelsene mellom Norge og Sverige bygd ut. Sverige var i sin tur knyttet til det finske og danske elsystemet, og Norge ble med det også indirekte knyttet til disse landene. I 1970-årene kom i tillegg den første Skagerrak-kabelen, en sjøkabel som for første gang koblet det norske elsystemet til det danske. Fokuset på og betydningen av utenlandsforbindelsene er for øvrig økt sterkt etter liberaliseringen av de nordiske elsystemene opp gjennom 1990-årene. I 2008 kom i tillegg sjøkabelforbindelsen som medførte direkte kraftutveksling mellom Norge og Nederland. I dag gir det god mening å snakke om at Norge er integrert i et nordisk og et stykke på vei et europeisk elsystem.¹⁴

Den norske modellen: samarbeid fremfor integrasjon

Som vi har vært inne på ovenfor, har systemintegrasjon og organisatorisk endring ofte løpt hånd i hånd. Den norske kraftsektoren representerer imidlertid et skarpt og ganske unikt unntak: I Norge har den småskalabaserte og lokalt forankrede organisasjonsstrukturen i mye større grad enn i de fleste andre land overlevd den omfattende systemintegrasjonen som har foregått også i vårt land.

Riktignok ble det i årene omkring 1920 etablert en del større kraftselskaper i Norge, først og fremst av fylker eller kommuner i fellesskap, selskaps-etableringer som i betydelig grad var produkter av tidens storskala- og systemtenkning.¹⁵ Og etter andre verdenskrig er det blitt etablert et betydelig antall større, regionale kraftselskaper. Men det er et viktig moment at disse nye selskapsdannelsene sjelden har resultert i at de lokale elverkene i de aktuelle regionene har blitt avvirket. Det har heller vært slik at de regionale selskapene primært har vært redskaper for de lokale elverkene, mer enn selvstendige aktører som har utfordret dem.

¹⁴ Midttun (2001); Skjold (2009).
¹⁵ Rinde (2001).



Nettet av kraftverk og ledninger på Østlandet, slik det fremstod ved opprettelsen av Foreningen Samkjøringen i 1932. Illustrasjon: Statnett

Forklaringen på den særegne norske utviklingsveien ligger dels i det lokale nivåets tradisjonelt sterke posisjon her til lands. Helt siden elektrisitetens barndom har kommunene lagt stor vekt på å beholde lokal kontroll med elforsyningen. Dette har de gjort gjennom å opprettholde lokale selskaper selv om de etter hvert også har gått med i større, felleseide selskaper. Forklaringen på dette er dels kommunenes evne til å samarbeide om oppgaver som de ikke har vært i stand til å løse enkeltvis. Mest utbredt har slike samarbeidsformer vært på kraftutbyggingssiden, der det finnes mange eksempler på at lokale elverk og kommuner har forent krefter i forbindelse med større utbyggingsprosjekter.

Den mest typiske organisasjonsformen i slike forbindelser har vært interkommunale selskaper, det vil si selskaper der de samarbeidende kommunene enten direkte eller gjennom sine lokale elverk har stått som medeiere. Slike selskaper har i hovedsak plassert seg som et nytt nivå ved siden av de lokale elverkene, og bare sjelden tatt opp i seg disse. Med andre ord har det lokale nivået gjennom samarbeid maktet å utnytte storskalafordelelene i kraftutbyggingen, men uten å miste

innflytelse og styring innenfor egne grenser. De interkommunale selskapene har således dannet et alternativ til regionale, vertikalt integrerte selskapsdannelser.

Denne formen for organisering, som vi kan karakterisere som et løst nettverkssamarbeid, har også preget norsk samkjørings- og produksjonsvirksomhet. Som nevnt var fremveksten av regionale, vertikalt integrerte selskaper begrunnet dels i behovet for å sikre en rasjonell koordinering av kraftverksdriften. I Norge har man imidlertid løst slike koordineringsbehov innen rammen av frivillige samarbeidsordninger fremfor gjennom organisatorisk integrasjon.

Grunnlaget for det norske samkjøringsystemet ble lagt på Østlandet i 1920- og 1930-årene, da de større kraftprodusentene i regionen begynte å samarbeide om produksjon og utveksling av kraft. Dette var et samarbeid som baserte seg på frivillighet og gjensidighet, det vil si at det skulle være en rimelig jevn og rettferdig fordeling av samarbeidets fordeler og byrder partene imellom. Det tidlige samkjørings-samarbeidet fikk altså preg av et slags solidarisk spleiselag.



Samkjøringens driftssentral ved Smestad transformatorstasjon. Herfra ble både Oslos og – fra 1932 – hele samkjøringens drift koordinert. Det var herfra mulig å fordele nettets belastning, regulere spenning og frekvens, samt å gjennomføre inn- og utkoblinger av nettgrupper. Ukjent fotograf. Fra arkivet etter Oslo Lysverker / Oslo byarkiv

Årstall for iverksettelse av samkjøringsorganisasjoner

- 1932: Foreningen Samkjøringen (Østlandet)
- 1953: Nordenfjeldske Kraftsamband
- 1955: L/L Vestlandske Kraftsamband
- 1960: Samkjøringen Nord-Norge
- 1961: A/S Vest-Norges Samkjøringselskap
- 1971: Samkjøringen av kraftverkene i Norge
- 1992: Statnett
- 1993: Statnett overtar oppgavene til Samkjøringen

Dette var en modell som syntes å passe norske kraftprodusenter godt.

I 1932 dannet kraftselskapene på Østlandet en egen organisasjon, Foreningen Samkjøringen, for å ivareta og koordinere samarbeidet. Denne organisasjonen fikk tidlig en viktig betydning. Den kom også til å danne forbilde for andre deler av landet. I 1950- og begynnelsen av 1960-årene etablerte også kraftselskapene i de øvrige delene av landet slike regionale samkjøringsorganisasjoner, og det skjedde i stor grad etter mønster av Foreningen Samkjøringen på Østlandet. I 1971 ble for øvrig disse organisasjonene – det dreide seg om til sammen fem – slått sammen til én nasjonal samkjøringsorganisasjon, Samkjøringen av kraftverkene i Norge, som eksisterte helt frem til 1992.

I den norske elsektoren har altså de fleste koordinerings- og samordningsutfordringene blitt løst gjennom en nettverks- og samvirkebasert struktur fremfor ved vertikal integrasjon. Denne modellen hadde imidlertid vanskelig lutt seg realisere på en funksjonell måte uten at staten hadde tatt et særlig ansvar for utbygging av de store kraftoverføringene. Ettersom de fleste selskapene verken har hatt finansiell styrke til eller interesse av å bygge nettforbindelser for overføring og samkjøring mellom regioner og landsdeler, har det vært avgjørende at staten har tatt seg av denne oppgaven. På Østlandet gjorde statens særlige rolle på dette området seg gjeldende allerede på 1920-tallet, da staten bygde de såkalte Nore-overføringene i forbindelse med Nore kraftverk. Disse var en viktig forutsetning for oppbyggingen av det tidlige samkjøringssamarbeidet i regionen i 1930-årene.

Etter andre verdenskrig investerte staten tungt i nettforbindelser i de fleste deler av landet, og disse dannet svært ofte ryggraden i regionaliseringen og samkjøringssamarbeidet også utenfor Østlandet. Et interessant trekk ved dette systemet er for øvrig at staten, til tross for at det var den som bar hovedbyrden ved byggingen av forbindelsene, i stor grad lot kraftprodusentene utforme reglene for bruken av dem. Staten har altså tatt et hoved-

ansvar for den overordnede systemintegrasjonen, og derigjennom for å muliggjøre samkjøring og produksjonssamarbeid, men har i betydelig grad overlatt til kraftprodusentene å utforme rammene og betingelsene for denne virksomheten. Gjennom denne type oppgavefordeling og samvirke mellom staten og den lokale/regionale kraftforsyningen, har man dermed løst mange av de koordineringsutfordringene som i de fleste andre land har begrunnet utviklingen mot større enheter og vertikal integrasjon.

Liberalisering og organisatorisk endring

Først med dereguleringen av sektoren i begynnelsen av 1990-årene har den desentraliserte og brukerstyrte norske modellen blitt utfordret. Dette gjelder særlig ansvaret for samkjøringen og produksjonskoordineringen, altså de oppgavene som tradisjonelt har ligget under den nasjonale samkjøringsorganisasjonen Samkjøringen av kraftverkene i Norge. I 1992 ble denne organisasjonen nedlagt og dens oppgaver overlatt til det nyetablerte statsforetaket Statnett SF. Statnett fikk eneansvar for all systemkoordinering. Det fikk i tillegg ansvaret for driften av markedsplassen – kraftbørsen – som ble organisert i datterselskapet Statnett Marked AS og satt i drift i 1993. Sist men ikke minst overtok dette selskapet det såkalte sentralnettet, det vil si det øverste nivået i overførings-systemet, det som knyttet sammen regioner og landsdeler innenlands, og det norske systemet med nabolandene. Denne delen av overføringssystemet

hadde tidligere vært eid av staten gjennom Statkraft. Statnett fikk med andre ord status som såkalt Transmission System Operator (TSO), det vil si et selskap som hadde både drifts- og eieransvar for sentralnettfunksjonene.¹⁶

Nok et viktig skifte skjedde i 1996 med etableringen av en felles norsk-svensk kraftbørs. Denne kom i stand som følge av at Sverige dette året gikk samme vei som Norge og liberaliserte kraftsektoren. Den felles børsen, verdens første internasjonale kraftbørs, fikk navnet Nord Pool, og var eid med en halvpart hver av Statnett og dets svenske motpart og TSO, Svenska Kraftnät. Nord Pool har senere tatt opp både Finland (1998) og Danmark (1999/2000) som medlemmer.¹⁷ Gjennom internasjonaliseringen av kraftmarkedet har med andre ord den lokale selvråderetten og medbestemmelsesretten blitt vesentlig svekket.

Liberaliseringen har også presset frem endringer i de lokale og regionale kraftselskaperes interne organisasjonsstruktur. Én viktig konsekvens av liberaliseringen var opphevingen av netteierens såkalte områdemonopol, det vil si deres posisjon som eneleverandør innenfor egne nettområder. Med opphevelsen av områdemonopolet og innføring av konkurranse har netteierne gradvis blitt pålagt strengere krav om å skille mellom nettdrift, som fremdeles er et monopol,

16) Skjold (2009).

17) For utviklingen av det nordiske markedet, se Houmøller (2000).

Nettselskaper i Norge

I 2010 har 158 selskaper i Norge nettvirksomhet på ett eller flere nivå (distribusjonsnett, regionalnett eller sentralnett). Av disse er det 118 såkalt vertikalt integrerte selskaper som driver både kraftproduksjon og/eller kraftomsetning og nettvirksomhet, mens 40 er rene nettselskaper. De fleste nettselskapene som driver distribusjonsnett og regionalnett er helt eller delvis eid av kommuner og/eller fylkeskommuner. Gjennom Statnett SF eier staten om lag 90 prosent av sentralnettet. Resten av sentralnettet eies av private selskaper, fylkeskommuner og kommuner.

Kilde: NVE og Statnett



Gjennom de senere årene har det vært en viktig oppgave for Statnett å planlegge og bygge ut et sterkt og effektivt sentralnett på 420 kilovolt. En rekke prosjekter er under planlegging, og enkelte er allerede fullført, som her på strekningen Kristiansand–Holen idriftsatt med 420 kilovolt i 2009. Foto: Henning Weyergang-Nielsen, NVE

og kraftsalg, som er en konkurranseutsatt virksomhet. Kravet om skille mellom disse virksomhetene har sammenheng med behovet for å unngå at kraftselskaper ikke utnytter sitt netteierskap til å sikre seg konkurransefordeler innenfor kraftsalg.

I enkelte europeiske land har behovet for å skille mellom monopol- og konkurranseoppgaver ført til krav om de facto oppsplitting av disse virksomhetene i ulike selskaper. I Norge har myndighetene så langt nøydt seg med å kreve regnskapsskille mellom de to oppgavene for selskaper som har virksomhet på begge disse områdene. Unntaket er altså Statkraft, som måtte gi slipp på sitt sentralnett. Utover de eierskapsendringene som har fulgt

med fusjoner, har eierskapet til overføringsnettet med andre ord stort sett forblitt uforandret sammenlignet med tiden før markedsreformen. Men i kraftforsyningen mer generelt har liberaliseringen medvirket til forandringer i eierstrukturen. I motsetning til i mange andre land har den norske kraftsektoren riktignok ikke blitt gjenstand for en mer omfattende privatisering i kjølvannet av liberaliseringen. Fremdeles er sektoren nesten utelukkende offentlig eid. Høyst sannsynlig vil den også forbli det i fremtiden. I 2009 ble det offentlige eierskapet endog ytterligere styrket gjennom Stortingets vedtak om å utvide hjemfallsinstituttet i konsesjonslovgivningen til også å omfatte kommunalt eide kraftverk.

På den andre siden har det vært en klar tendens til økt omsetning av kraftselskaper og eierandeler i slike, og dette har ført til økt eierkonsentrasjon. Statens eget kraftselskap, Statkraft, har vært den mest aktive aktøren på dette feltet. I perioden 1993 til 2002 kjøpte Statkraft opp flere regionale kraftselskaper og betydelige eierandeler i slike selskaper flere steder i landet. I tillegg kommer flere større fusjoner mellom regionale selskaper, ikke minst på Sørlandet og Østlandet. Også her har Statkraft spilt en meget aktiv rolle, både som tilrettelegger for fusjonene og som eier. De to største fusjonerte selskapene der Statkraft har spilt og spiller en viktig rolle, er Agder Energi, som består av tidligere Aust-Agder Energi, Vest-Agder Energi-

verk og Kristiansand Energiverk, og Skagerak Energi, som består av tidligere Skiensfjordens kommunale kraftselskap og Vestfold Kraft. Statkraft eier per 2010 henholdsvis 45,5 prosent i Agder Energi og 66,6 prosent i Skagerak Energi. Videre strukturendringer ble imidlertid delvis blokkert i 2003, da Statkraft av konkurransehensyn i praksis fikk forbud mot oppkjøp av flere aktører i norsk kraftforsyning. Blant de tallrike lokale og regionale selskapene som fortsatt eksisterer, synes interessen for fusjoner enn så lenge å være heller moderat. Slik sett kan man kanskje si at den desentraliserte modellen, i alle fall så langt, i hovedsak har overlevd også i markedsregimets epoke.

En av forløperne til det store energikonsernet Agder Energi AS er Kristiansand Elektrisitetsverk, etablert i 1900. Her representert ved den monumentale Lund transformatorstasjon fra 1920 i Kristiansand. Foto: Ivar E. Stav



Samkjøringsentralen på Smestad, etter en ombygging i 1951. Foto: Statnett

Litteratur

- Frost, Robert L. (1991): *Alternating Currents. Nationalized Power in France 1946–1970*. Cornell University Press.
- Hannah, Leslie (1979): *Electricity before Nationalisation, A Study of the Development of the Electricity Supply Industry in Britain to 1948*. Macmillan.
- Hannah, Leslie (1982): *Engineers, Managers and Politicians. The First Fifteen years of Nationalised Electricity Supply in Britain*. Macmillan.
- Hausman, William, Hertner, P. and Wilkins, M. (2008): *Global Electrification: Multinational Enterprise and International Finance in the History of Light and Power, 1878–2007*. Cambridge.
- Hjalmarsson E. (2000): *Nord Pool: A Power Market without Market Power*. Department of Economics, Göteborg University.
- Houmøller, Anders (2000): The Nordic Power Exchange. I Eivind Magnus og Midttun, Atle (eds.), *Electricity Market Reform in Norway*. MacMillan.
- Hughes, Thomas (1983): *Networks of Power. Electrification in Western Society 1880–1930*. Johns Hopkins University Press.
- Kaijser, Arne (1995): Controlling the grid. The development of High-Tension Power Lines in the Nordic Countries. I Kaijser og Hedin (eds.): *Nordic Energy Systems. Historical Perspectives and Current Issues*. Science History Publications.
- Laffont, Jean-Jacques (1994): The French electricity industry. I Gilbert, Kahn, Newberry (eds.): *International Comparisons of electricity regulation*. Cambridge University Press.
- Lalander, Sven O. (red.) (1988): *Nordel 25 år. 1963–1988*. Oslo.
- Midttun, Atle (ed.) (2001): *European Energy Industry Business Strategies*. Elsevier.
- Myllyntaus, Timo (1991): *Electrifying Finland. The Transfer of a New Technology into a Late Industrialising Economy*. McMillan.
- Newbery, David M. (1999): *Privatization, Restructuring and Regulation of Network Utilities*. MIT press.
- Newbery, David M. (2004): *Privatising Network Industries* (February 2004). CESifo Working Paper Series No. 1132.
- Rinde, Harald (2001): Todeling og kommunalisering. Noen hovedtrekk ved organiseringen av elektrisitetsforsyningen før 1920. I Thue, Lars og Rinde, Harald: *Samarbeidets kraft. Elforsyning og bransjeorganisering 1901–2001*. Oslo: Energi Forlag AS.
- Skjold, Dag Ove (2006): *Statens kraft 1947–1965. For velferd og industri*. Oslo: Universitetsforlaget.
- Skjold, Dag Ove (2009): *Power for Generations. Statkraft and the Role of the State in Norwegian Electrification*. Oslo: Universitetsforlaget.
- Skjold, Dag Ove og Lars Thue (2007): *Statens nett. Systemutvikling i norsk elforsyning 1890–2007 (The state network. The development of systems serving Norway's electricity supply 1890–2007)*. Oslo: Universitetsforlaget.
- St. meld. nr. 71 (1984-85) *Norges fremtidige energibruk og produksjon*. Olje- og energidepartementet.
- Thue, Lars (1992): Den politiske kraften: Fredrik Vogt og historien om norsk krafteksport. I: Knut Endresen (red.): *Vår vidundrlige vannkraft. Fredrik Vogt og norsk vannkraftutbygging*. Oslo: Universitetsforlaget.
- Thue, Lars (2006): *Statens kraft. Kraftutbygging og samfunnsutvikling 1892–1947, 2. utg.*. Universitetsforlaget.

Kraftoverføringens teknologi og konstruksjoner

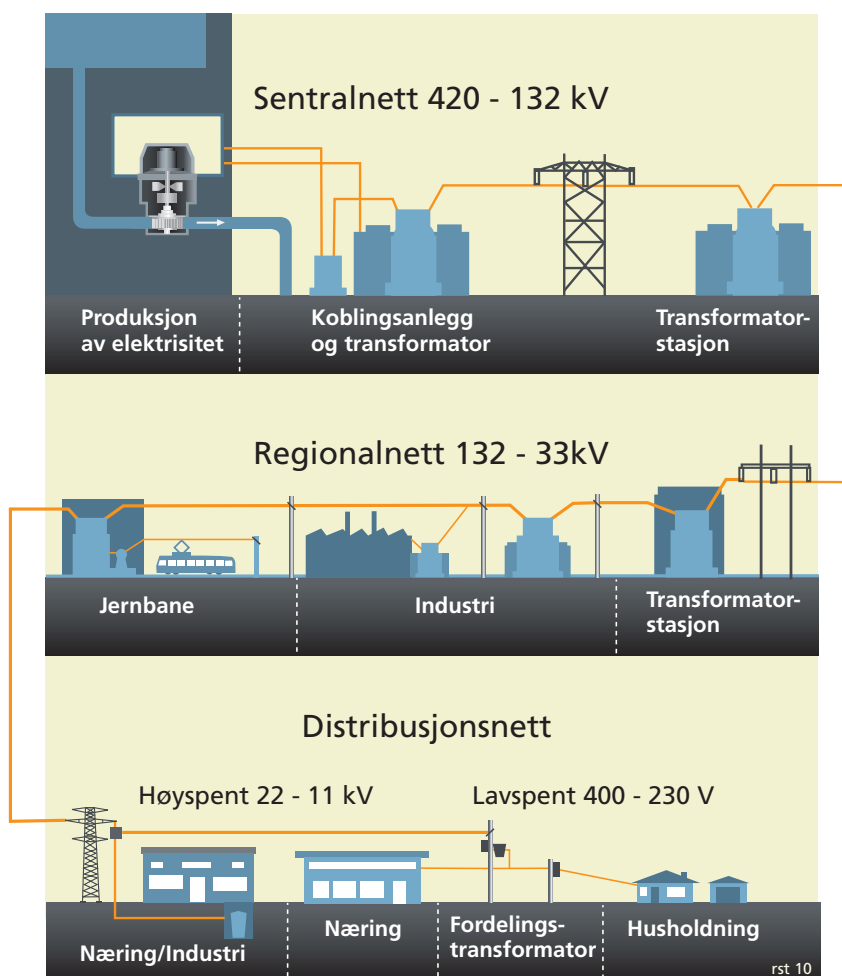
”Ja la oss gå rett i tunnel-gapet. Teknikk-gapet.”¹ Tarjei Vesaas, 1958

Forfatteren Tarjei Vesaas vokste opp i kraftbygda Vinje i Telemark, der de store Tokkeutbyggingene ble gjennomført i siste halvdel av 1950- og store deler av 1960-årene. Han lot seg fascinere av de konstruksjonene og den moderne teknologien som fulgte med kraftutbyggingen.

I det følgende vil vi også stige ned i ”teknikk-gapet” og se nærmere på teknologi og konstruksjoner i kraftover-

føringssystemet. Dette omfatter en kort innføring i de viktigste komponentene i koblings-/transformatorstasjoner og overføringsledninger, både sett i lys av dagens situasjon og i historisk kontekst. Det vil også bli gitt en oversikt over utviklingen av prosessene knyttet til planlegging, konstruksjon og bygging av kraftledninger.

1) Vesaas 1958, her hentet fra Vogt 1971: 11



Prinsippkisse av kraftoverføringssystemet i Norge. Illustrasjon: Rune Stubrud, NVE

Hva er elektrisk strøm og spenning?

En elektrisk strøm er en strøm av elektroner. Når en slik strøm foregår over tid, utvikles det elektrisk energi. Styrken på strømmen måles i ampere (A), som er et mål på hvor mange elektroner som passerer per sekund. For at elektronene skal bevege seg, må de presses frem av en spenning. Spenning måles i volt (V), og er mål på den kraften som driver elektronene gjennom ledningen. Det sier også hvor mye arbeid strømmen kan utføre.

Hva er effekt?

Effekt = produktet av spenning og strømstyrke, og dette måles i watt (W). For å sende samme effekt gjennom ledningen må man altså bruke mye strøm dersom spenningen er lav, og lite strøm dersom spenningen er høy. Samtidig vil det i en kraftledning alltid oppstå et varmetap som gjør at man mister energi når det går strøm gjennom den, og dette energitapet vil være proporsjonal med strømstyrken ganget med seg selv. Tapet øker derfor kraftig med økende strømstyrke. For å minimalisere energitapene, særlig over lange overføringer, er det derfor avgjørende å få spenningen så høy som mulig og dermed strømstyrken så lav som mulig.

Kraftoverføringsystemet

“Navigare necesse est – det er nødvendig å seile. Dette var deisen den gang de hvite seil sto for vår ære og vår makt. I dag er det “de hvite kull” som står i forgrunnen. Det er nødvendig at driften flyter jevnt og pålitelig – puls 50.”²

Einar Dahl, 1982

Med disse ordene reflekterer Einar Dahl, tidligere lastfordeler i Samkjøringen, over flyten i det kraftoverføringsystemet som har utviklet seg i Norge gjennom et drøyt århundre – fra den spede begynnelse med blokkstasjoner og små, bedriftsinterne anlegg på slutten av 1800-tallet, til vår tids omfattende internasjonale kraftutvekslingssystem.

Bakgrunn

De første kraftoverføringsanleggene ble som regel kjørt med generatorspenning og kort avstand til forbrukerne. Man transformerte altså ikke opp til overføringsspenning. På begynnelsen av 1900-tallet økte imidlertid forbruket av elektrisitet i byene kraftig, noe som førte til et behov for å bygge større kraftverk med lengre overføringsledninger til de store forbruksområdene.

For å minske strømtapene på disse lange overføringene ble det helt nødvendig å transformere spenningen opp til egnet overføringsspenning, og deretter ned igjen til forbruksspenning i den andre enden. For denne oppgaven ble trefase vekselstrøm mer eller mindre enerådende som strømsystem, ettersom vekselstrøm, i motsetning til likestrøm, forholdsvis enkelt kan transformeres opp og ned. Vekselstrøm er elektrisk strøm som skifter retning periodisk: halvparten av en periode går den ene veien, så snur den og går den andre veien gjennom lederen. Vanlig frekvens i Europa er 50 perioder per sekund (hertz) – “puls 50”.

² Dahl, i Heggenhougen (red.): 1982: 46

Gjennom samkjøring, det vil si samordnet drift av flere kraftverk og overføringsnett for best mulig total utnyttelse, ble overføringsystemet i Norge gjennom 1900-tallet stadig mer integrert. Parallelt med dette har også Staten vært en aktiv utbygger av et hovednett av ledninger og transformatorstasjoner som har koblet ulike samkjøringsområder sammen. På siste halvdel av 1900-tallet fikk man også en rekke utenlandsforbindelser som medførte at Norge ble integrert i et internasjonalt marked for kraftutveksling.

Overføringsystemet

I dag består kraftoverføringsystemet i Norge av tre ulike organisatoriske nivåer:

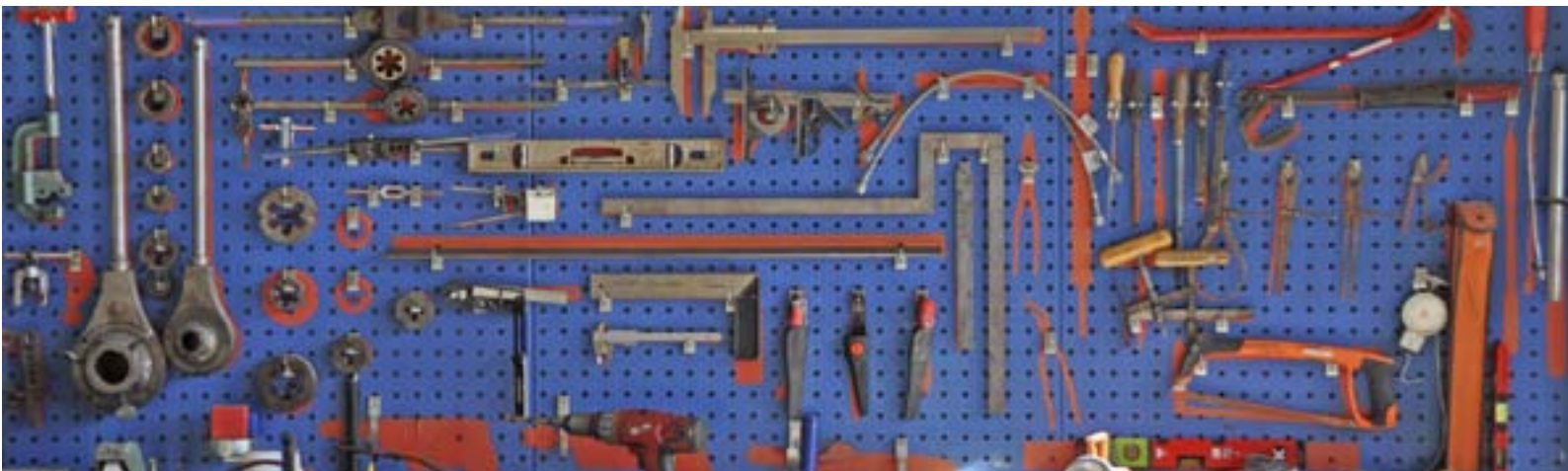
- **Sentralnettet** er riksveiene i det norske kraftnettet og eies i hovedsak av Statnett. Her inngår også utenlandsforbindelsene. Spenningsnivået er vanligvis 420 kV eller 300 kV, men også 220 kV, 154 kV og 132 kV forekommer.
- **Regionalnettet** er et hovedfordelingsnett til større områder, indu-

Lastfordeleren

En lastfordeler var en person med den viktige oppgaven å holde frekvensen (puls) i vekselstrømsystemet stabil, fordi denne forteller hvorvidt det er balanse mellom produksjon og forbruk i nettet. Om det for eksempel ble forbrukt mer strøm enn generatorene i kraftverket kunne levere, ville disse arbeide tungt og rotere langsommere. Pulsen falt, og lastfordeleren måtte gi ordre om mer produksjon for å holde pulsen oppe. I dag skjer denne prosessen automatisk.

Hvorfor ellevegangen?

Standardspenningene i kraftsystemet har ofte en verdi som er delelig med elleve. Hvorfor er det slik? Dette er en tradisjon som skriver seg helt tilbake til Thomas Alva Edisons (1847-1931) dager. Da de valgte spenning for sine første lysanlegg i New York i 1882, fant de at 100 volt var et godt kompromiss mellom hvor høy spenning man den gang kunne bygge lyspærer for, og hvor lavt man kunne gå for fortsatt å få tilstrekkelig kapasitet i ledningene. For å kompensere for spenningsfall i ledningene la de på 10 prosent ved generatoren og kom fram til 110 volt, noe som fortsatt er stikkontaktspenningen i USA. Denne tradisjonen har fortsatt, med spenningsnivåer på “et rundt tall pluss 10 prosent”, eller altså ellevegangen: 11, 22, 66 og 132 kV.



Redskapstavle i verkstedet på en transformatorstasjon. Foto: Henning Weyergang-Nielsen, NVE

stri og jernbane. Spenningsnivået er vanligvis 132 kV eller 66 kV, men også 45-50 kV forekommer.

- **Distribusjonsnett**et er fordelingsnett for kraft til forbrukerne. Høyspent fordelingsnett er vanligvis på 22 kV eller 11 kV, og lavspenning fordelingsnett er ned til forbrukspenning på 400 og 230 V.

Fra kraftverkene transformeres spenningen opp til overføringsnivå. Deretter transformeres spenningen ned mellom de ulike nettnivåene. Omkring halvparten av den kraften som produseres i Norge leveres til sentralnettet, mens den andre halvparten

går direkte til regional- og distribusjonsnett. Et eksempel: I et kraftverk som leverer strøm til sentralnettet er det vanlig at spenningen først transformeres opp til 300 eller 420 kV før strømmen ledes ut på en sentralnettsledning. Deretter transformeres spenningen ned til 66 eller 132 kV i en av Statnetts større transformatorstasjoner før strømmen ledes ut på ledningene til en operatør på regionalnettsnivå. Når strømmen videre nærmer seg forbrukerne, transformeres spenningen ned til 11 eller 22 kV i en mindre transformatorstasjon, før den ledes ut på distribusjonsnett. I distribusjonsnett senkes spenningen

igjen ned til 400 eller 230 V i små nettstasjoner (trafokiosker) og stolpetransformatorer, før strømmen fordeles ut til hver og en av de ulike sluttbrukerne. Hele kraftoverføringsnett overvåkes, styres og samkjøres via de ulike operatørens driftssentraler.

Hvorfor trefase vekselstrøm?

De aller første elektrisitetsverkene var basert på likestrøm. Samtidig var det kjent at vekselstrøm kunne transformeres opp og ned, slik at man kunne bruke høyere spenning på lange overføringer, men vekselstrømmen hadde også en stor mangel: Datidens vekselstrømsmotorer var langt mindre effektive enn likestrømsmotorer.

Det store gjennombruddet kom da man rundt 1890 fant på å sende ut tre vekselstrømsbølger, forskjøvet med en tredels periode i forhold til hverandre. Ved å la de tre vekselstrømmene mate tre elektromagneter, satt opp i hjørnene av en trekant, var det mulig å bygge opp et roterende magnetfelt mellom dem. Når et metallstykke blir plassert inne i det roterende magnetfeltet, vil det rotere med, og dette gir en svært enkel, rimelig og kraftig elektromotor. Som en ekstra bonus kan et trefasesystem overføre 70 prosent mer effekt til kostnaden av 50 prosent mer ledning i forhold til et enfasesystem.

Oppfinnelsen av trefasesystemet er et eksempel på en viktig oppfinnelse som ble gjort av mange forskjellige oppfinnere samtidig og uavhengig av hverandre:

- Nicola Tesla i USA
- professor Galileo Ferraris ved ingeniørhøyskolen i Torino, Italia
- Mikhail Dolivo-Dobrovolsky ved AEG i Berlin
- Jonas Wenstrøm ved ASEA, Sverige

Transformator- og koblingsstasjoner

“Ved Buelampebelysning i Vekselstrømsanlæg bruges ofte Dæmpespoler. Dæmpespolerne kan til en vis Grad gøre Forbrugerne uafhængige af den Spænding, Dynamoen giver; men i langt højere Grad kan dette dog opnaas ved de saakaldte Transformatorer eller Spændingsomformere... ..Transformatoren er saaledes et Apparat, ved hvilket vi fuldstændig kan beherske Spændingen i et Vekselstrømsanlæg og indrette den, som det passer bedst for forskellige Formaal.”³

Helge Holst, 1910

Slik beskrev den danske fysikeren og forfatteren Helge Holst transformatorrens funksjon på en tid da denne var i ferd med å introduseres som komponent i kraftoverføringsanlegg. Nå hundre år senere kan vi se hvordan stasjoner for transformering og fordeling av elektrisk energi har vært, og fortsatt er, helt avgjørende for vår moderne kraftforsyning. I det følgende beskrives det hvordan transformator-

og koblingsstasjoner er bygget opp og fungerer. Vi vil se på dagens situasjon, samt på viktige utviklingsfaser og milepæler innenfor dette feltet.

Hensikten med en koblingsstasjon er å distribuere kraft til ulike områder, og å koble til og fra andre elektriske anlegg som transformatorer, generatorer og kompenseringanlegg. Svært mange koblingsstasjoner inneholder én eller flere transformatorer, som igjen tilsier flere spenningsnivåer i stasjonen. Stasjonen kalles i slike tilfeller for en transformatorstasjon.

Koblingsanleggene i stasjonen er som sikringsskapet hjemme, der strøm fra hovednettet fordeles på ulike kurser i huset. Et koblingsanlegg består av apparat- og kontrollanlegg. Apparat-anlegget omfatter brytere, skinneforbindelser og komponenter for måling av strøm og spenning. Kontrollanlegget omfatter utstyr for avlesing av strøm, spenning og effekt, kontroll- og reguleringsutstyr og vern.

Da de første koblings- og transformatorstasjonene ble bygget tidlig på 1900-tallet, ble stort sett alt teknisk utstyr plassert innendørs. Spenningsnivået var i svært liten grad standardisert, men var som regel fra 20 til 60 kV på overføringsledningene og fra 5 til 20 kV i distribusjonsnettet. Etter hvert som høyspenningsteknikken utviklet seg, ble spenningen økt, og i 1928 fikk vi Noreledningene med 132 kV. Man

3) Holst 1910: 230-232

begynte på denne tiden å bygge stasjoner med store koblingsanlegg i friluft.

I 1949 kom de første 220 kV-anleggene i forbindelse med Hol-ledningen, og senere har man gått opp via 300 kV til 420 kV. I dag bygges som regel transformatorstasjoner på de høyeste spenningsnivåene med transformatorer og koblingsanlegg i friluft, mens slike anlegg plasseres innendørs i stasjoner på lavere spenningsnivåer. Enkelte stasjoner er også bygget i fjell eller fjellskjæringer.



Transformator installert på Moholt transformatorstasjon da dette anlegget ble satt i drift midt på 1920-tallet.
Foto: Trondheim Energi



Flesaker – som ble satt i drift i forbindelse med Noreutbyggingen i 1928 – var Norges første transformatorstasjon på 132 kilovolt. Den var også et pioner-anlegg med tanke på bygging av store koblingsanlegg i friluft. Her ser vi strømtransformator med “nisselue”.
Foto: Sissel Riibe, NVE

Oversikt transformator-/koblingsanlegg



Illustrasjonen viser hvordan de viktigste hoveddelene i en 300/132 kV friluftstransformatorstasjon i sentralnettet kan være satt sammen. Her er 300 kV-ledninger inn til et koblingsanlegg, transformering ned til 132 kV, koblingsanlegg for 132 kV og ledninger ut. Stasjonen styres fra kontrollhuset.

Foto: Statnett. Digital behandling: Rune Stubrud, NVE

Apparatanlegg

Apparatanlegget består av følgende komponenter:

- effektbrytere – bryter strøm under belastning, både i normal drift og ved feil
- skillebrytere – gir synlig brudd, opereres kun når ledningen er ubelastet
- strømtransformatorer – måler drifts- og kortslutningsstrømmer
- spenningstransformatorer – måler drifts- og feilspenninger
- avledere – beskytter anleggsdeler mot overspenninger

Innkommende ledninger kobles sammen ved bruk av samleskinner. Samleskinner kan sees på som et sentralbord der de forskjellige forbindelsene mellom innkommende ledninger, transformatorer og utgående ledninger settes opp. Jo flere forbindelsesmuligheter man ønsker, desto mer komplisert blir samleskinnesystemet. Ledningene er koblet til samleskinnen gjennom et bryterfelt. Ved høy spenning må man holde spenningsførende ledninger i god avstand fra bakken for å unngå mulighet for overslag til omgivelsene. Ledningene holdes vekk ved hjelp av apparatene og støtteisolatorer. I luft er denne isolerende avstanden forholdsvis stor. I kapslede gassisolerte anlegg er den atskillig mindre.

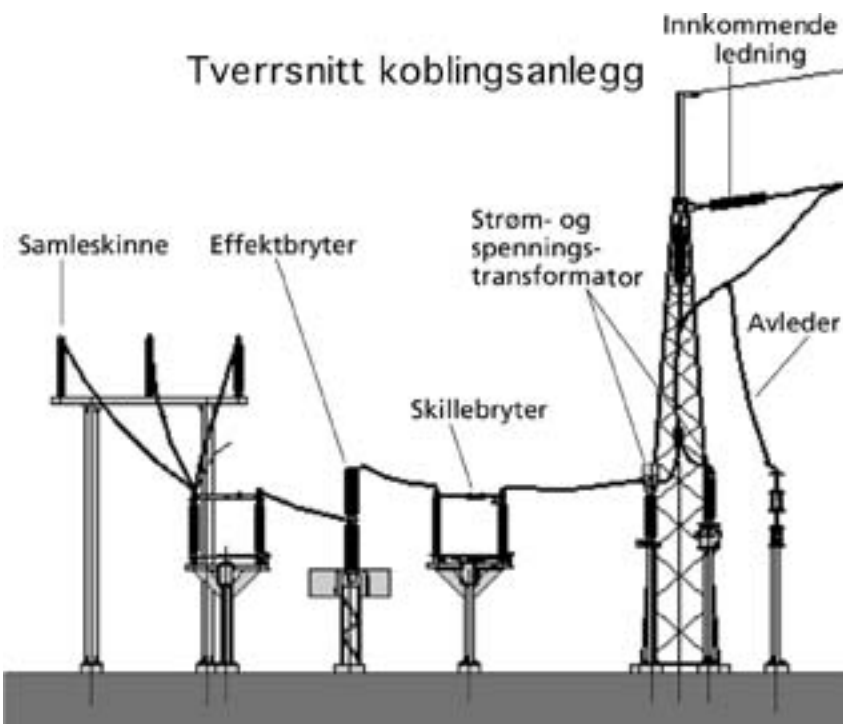
Typen apparatanlegg som benyttes i dag:

1. luftisolerte koblingsanlegg (AIS – Air Insulated Switchgear)
 - krever stor plass
 - lett tilgjengelig ved feil



Effektbrytere i luftisolert koblingsanlegg ved Kristiansand transformatorstasjon. Foto: Henning Weyergang-Nielsen, NVE

Tverrsnitt koblingsanlegg



Illustrasjon: Rune Stubrud, NVE. Etter skisse fra Statnett



SF₆-gassisolert koblingsanlegg.
Foto: Sissel Riibe, NVE

2. gassisolerte koblingsanlegg (GIS – Gas Insulated Switchgear, med SF₆-gass)

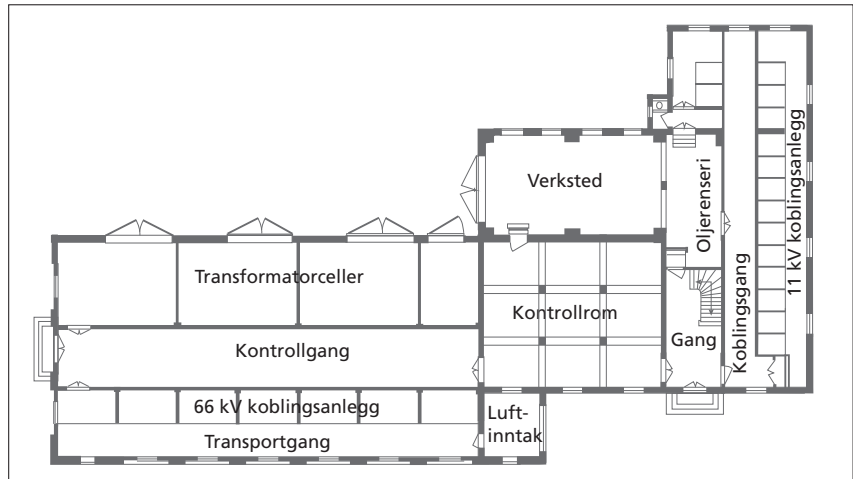
- krever liten plass (5-10 % av luftisolerte anlegg)
- personsikkert
- beskyttet mot harde klimatiske forhold

I SF₆-anlegg er koblingsanleggene isolert med gassen sovelheksafluorid. De to første SF₆-anleggene i Norge kom i 1973, og siden den gang har det blitt bygget svært mange slike. På 1980-tallet var prisene meget gunstige. Etter den tid har prisen økt betraktelig, og SF₆ har blitt klassifisert som en av de verste drivhusgassene. Man forsøker derfor å unngå SF₆-anlegg der det er plass til luftisolerte anlegg.

Transformatorer

Overføring av kraft krever høy spenning. Samtidig må spenningen tilpasses slik at den blir håndterbar for sluttbrukeren. Hensikten med transformatoren er å endre spenningsnivået på vekselstrøm opp eller ned.

Transformatoren fikk sin basisdesign allerede i 1880-årene. De tekniske prinsippene er i all hovedsak uendret, men spenningsnivå og effekt har økt betraktelig. Transformatoren består i prinsippet av to viklinger av et elektrisk ledende materiale og en kjerne av magnetisk materiale. Når den ene viklingen (primærviklingen) fører en varierende strøm, bygges det opp et varierende magnetfelt i kjernen. Dette induserer igjen en spenning i sekundærviklingen. Forholdet mellom spenningen i primær og sekundærviklingen er proporsjonal med forholdet



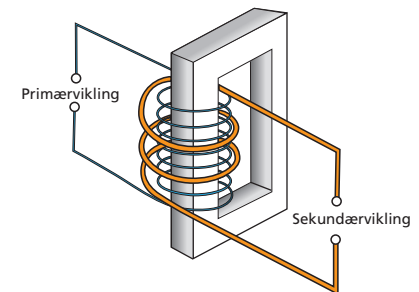
Illustrasjonen viser hvordan romløsningen og de viktigste hoveddelene i en 66/11 kV innendørs transformatorstasjon i regionalnettet kan være satt sammen, særlig slik disse ofte ble bygget på 1900-tallet. Illustrasjon: Rune Stubrud, NVE. Etter skisse fra Trondheim Energi

mellom antall vindinger i disse. I en 66- til 22 kV-transformator må primærviklingen ha tre ganger så mange vindinger som sekundærviklingen. Av hensyn til isolasjon og kjøling er både kjerne og viklinger i større transformatorer plassert i en stålkasse fylt med en spesiell transformatorolje.

Transformatorkjernen har helt fra de første transformatorene og frem til i dag bestått av blikk isolert med spesialprodusert papir og en helt sluttet jernvei. Det teknisk mest betydelige utviklingstrinnet skjedde i 1939-40, da man i USA utviklet en metode for fremstilling av kaldvalset orientert

blikk. Dette reduserte tapene i kjerne betraktelig. Viklingene har gjennom hele denne perioden i all hovedsak bestått av kobber.

Mange transformatorer er regulerbare i den forstand at det kan kobles vindinger inn og ut etter behov, og at man på den måten raskt kan endre



Prinsipp tegning av transformator med kjerne og to sett viklinger. Illustrasjon: Rune Stubrud, NVE



Transformatorer finnes i svært ulike størrelser, fra små stolpetransformatorer på distribusjonsnettsnivå til store 420-kilovolts transformatorer på sentralnettsnivå. Foto t.v.: Sissel Riibe, NVE, foto t.h.: Statnett

transformatorens omsetningsforhold. Frem til ca 1970 ble hovedtransformatoren, med en fast omsetning, og reguleringsaggregatet, som finregulerte spenningen etter lasten, levert i to enheter. Etter ca 1970 ble reguleringsenheten bygget inn i samme kasse som hovedtransformatoren.

En transformator kan ha en transportvekt på opp til 250 tonn. Ofte kan det være transportbegrensninger som setter grenser for størrelsen på transformatoren. En løsning for å redusere transportvekten er derfor å benytte énfasetransformatorer. Da er det behov for tre stykker, men hver enkelt av dem har lettere transportvekt.

Kontrollanlegg

Hensikten med kontrollanlegget er å overvåke og styre anlegget slik at det opererer etter forutsetningene. Det er på mange måter stasjonens hjerne- og nervesystem, samtidig som det er grensesnittet mellom operatør og anlegg. I kontrollrommet fikk man tidlig tavler med måleinstrumenter og betjeningspaneler for brytere. Tidlig på 1900-tallet var instrumentene anbrakt på marmortavler eller treplater. I 1970-årene gikk man over til elektroniske, og etter hvert til digitale releer. På midten av 1980-tallet nådde man en ny milepæl da tavlene ble faset ut til fordel for kontrollanlegg med skjermstyring. Da kontrollanleggene ble bygget med reléteknikk, hadde hver funksjon sin lille mikrobryter som ble styrt ut fra spesifiserte regler, og anleggene ble styrt fra tavler i stasjonene. Med de mikroprosessorbaserte kontrollanleggene, som kom sent på 1980-tallet, styres alt fra én terminal. I dag er de mikroprosessorbaserte anleggene nærmest enerådende.

Typiske funksjoner for et kontrollanlegg er å:

- lese av strøm og spenning for avregning
- logge hendelser som fører til feil
- koble bort feil slik at konsekvensene blir minimalisert (vern)
- automatisk gjeninnkobling ved forbigående feil
- hindre feil operering

I kontrollanleggene installeres det vern som skal reagere på ulike feil-



Tidligere kontrollrom ved Ullevål transformatorstasjon i Oslo.
Foto: Sissel Riibe, NVE

situasjoner, slik at følgeskader blir minimalisert. Vernene står i reserve for hverandre, slik at om et vern ikke løser ut, vil et annet som står i reserve koble fra feilen. De første generasjonene vern var basert på elektromekaniske løsninger. Fra midten av 1970-årene kom de første elektroniske vern, mens digitale vern kom omkring 1990. Vanligvis installeres følgende typer vern:

- distansevern – som påviser hvor på ledningen feilen har oppstått
- overstrømsvern – som kobler fra en anleggsdel om strømmen blir unormalt høy
- differensialvern – som kontrollerer strømmens effekt inn og ut av en anleggsdel
- overspennings- og underspenningsvern – for beskyttelse av komponenter

Hensikten med vernet er å:

- redusere skader på liv og eiendom
- redusere skader på produksjons- og overføringssystemet
- redusere avbrudd i kraftlevering til forbrukerne

Opprinnelig levde hver koblings-/transformatorstasjon sitt eget liv med egen døgnkontinuerlig driftsbetjening. Rundt midten av 1970-årene begynte man å forberede for fjernstyring, og Statskraftverkene og andre nettselskaper bygget i stedet større sentraler som styrte og overvåket flere stasjoner. Stadig flere stasjoner ble derfor etter hvert ubetjente. Utviklingen innenfor IKT, og implementering

av moderne informasjons- og styrings-systemer, har medført en betydelig forbedret overvåkning og styring av kraftsystemet. Denne utviklingen har vært avgjørende for at de totale ressursene i systemet utnyttet bedre enn tidligere.

Telesamband

For å drive nettet med et stort antall stasjoner og driftsentraler, ble det behov for et sikkert telesamband. En viktig milepæl ble nådd på 1930-tallet. I stedet for det vanlige telefonsambandet begynte man da å benytte kraftledningene til å etablere et høyfrekvent telesamband. I dag fases imidlertid denne typen samband ut til fordel for fiberkabler, som er et mye raskere samband. I tillegg har alle stasjoner dubleret telesambandet.

Kompenseringsanlegg

På lange ledninger oppstår det ofte problemer med balansen mellom produksjon og forbruk av reaktiv effekt, og med å holde spenningen stabil. Går det lite eller ingen last på ledningen, stiger spenningen. Går det mye last, synker spenningen. For å regulere dette kan man installere:



Roterende fasekompensator. Foto: Henning Weyergang-Nielsen, NVE

Hvorfor likestrøm i lange sjøkabler?

Hovedårsaken til at man vanligvis benytter seg av vekselstrøm i kraftoverføringsanlegg, er at vekselstrømspenningen forholdsvis enkelt kan transformeres opp og ned. For likestrøm vil dette kreve langt mer kostbare og kompliserte installasjoner. På lange sjøkabler, som for eksempel Skagerrakkablene, er det imidlertid nødvendig å benytte seg av likestrøm. Dette skyldes at det i en høyspentkabel bare er noen få centimeter mellom lederen som holder flere hundre tusen volt og omgivelsene som holder null volt. Her bygges det opp svært sterke elektriske felter som kan lagre mye energi.

I en vekselstrømkabel blir disse feltene ladet opp og utladet 100 ganger i sekundet. Mengden ladestrøm øker proporsjonalt med spenningsnivået og kabel lengden. Ladestrømmen opptar mye av kabelens transportkapasitet når kabellengden øker til opp mot 50 kilometer, og grensen for 420 kV-sjøkabler med vekselstrøm går derfor omtrent ved denne lengden.

For litt kortere kabler er det mulig å kompensere for ladestrømmen ved å koble inn reaktorer på enden av kabelen. Lengre kabler kan kompenseres ved å koble inn reaktorer med jevne mellomrom langs kabelen. På lange sjøkabler er dette derimot ikke mulig, og det vil dermed i praksis være umulig å transportere vekselstrøm over Skagerrak, en strekning på 130 kilometer. I stedet benyttes likestrøm. I en likestrømskabel endres spenningen bare når retningen på energistrømmen endres, og ladestrømmen byr ikke på problemer.



Reaktorer i SVC-kompenseringsanlegg. Foto: Sissel Riibe, NVE

- reaktorer som senker spenning
- kondensatorbatterier som hever spenning
- roterende fasekompensatorer som kan innstilles til å heve eller senke spenningen

I 1981 kom det første av en ny type kompenseringssystem kalt SVC (Static Var Compensation) inn i det norske nettet. Disse er bygget opp med både reaktorer og kondensatorbatterier som kan regulere spenningen trinnløst og meget hurtig. Dette er viktig om det skjer en uventet endring i nettet, for eksempel at en ledning med høy last ved en feil plutselig faller ut. Da kan man få en uønsket spenningsstigning som det må kompenseres hurtig for.

Strømretteranlegg (konverteringsanlegg)

Mer eller mindre all kraftoverføring skjer i dag med trefase vekselstrøm. Ved lengre sjøkabelforbindelser utføres imidlertid overføringen med likestrøm. Strøm fra sjøkablene som skal mates inn på det norske sentralnettet må derfor konverteres fra likestrøm til vekselstrøm, på samme måte som strøm som skal eksporteres over de samme kablene må konverteres fra vekselstrøm til likestrøm.

I 1976-77 kom den første likestrømsforbindelsen mellom Danmark og Norge (Skagerrak 1 og 2). Senere har det blitt bygget nok en kabel over Skagerrak, samt en kabel til Nederland (NorNed). Flere likestrøms sjøkabelforbindelser med utlandet er i tillegg under utredning. Omforming mellom vekselstrøm og likestrøm foregår i egne strømretteranlegg, der strømmen styres ved bruk av tyristorventiler. Tyristorer er bygget opp av halvleder materiale, og er elektroniske ventiler som kan regulere strømstyrken. Tyristorventilene ble utviklet i perioden 1970-75. Før den tid var strømretterne bygget opp av kvikksølvventiler, men disse forsvant da tyristorventilene kom. Sammenlignet med kvikksølvventiler er disse billigere, mer kompakte, mekanisk mer robuste, mindre vedlikeholdskrevende og har lavere energitap. For å øke overføringskapasiteten utvikles anleggene og kablene for høyere spenninger. Spenningen på Skagerrakkabel 1 og 2 er +/-250 kV likestrøm. Skagerrak 3, som kom i 1993, har en spenning på +/-350 kV, mens NorNed har en spenning på +/-450 kV.



Ventilhus (fra venstre) 1, 2 og 3 ved Kristiansand transformatorstasjon, med strømretteranlegg for hver av de tre Skagerrak-forbindelsene. Foto: Henning Weyergang-Nielsen, NVE

Elektriske og magnetiske felter, reaktiv effekt

En strømførende ledning omgir seg med elektriske og magnetiske felter. Styrken på det elektriske feltet er proporsjonal med spenningen, og styrken på det magnetiske feltet er proporsjonal med strømstyrken. Når strømstyrken i en ledning øker, vil det bli overført energi til det magnetiske feltet. Når strømstyrken minker, vil denne energien bli levert tilbake til ledningen. Et tilsvarende forhold gjelder for spenningen og det elektriske feltet. I enkelte apparater utnytter vi disse feltene til å gjøre nyttig arbeid. I en elektromotor brukes de magnetiske feltene til å dreie en aksel, og i en transformator brukes de til å overføre energi fra en ledning til en annen.

I et vekselstrømsystem endrer strøm og spenning seg i en sammenhengende bølge, og det overføres stadig energi mellom ledningen og de elektriske og magnetiske feltene. Men siden "tilbakebetalingen" kommer litt etter "innskuddet", så kan denne energiutvekslingen føre til at strøm og spenningsbølgen kommer i utakt med hverandre. Det er bare den strømmen som går i takt med spenningen som kan gjøre nyttig arbeid, som er aktiv effekt (watt). Den strømmen som går i utakt går bare rundt i ledningen uten å gjøre nytte for seg, men kan gi unødig energitap og spenningsfall. Reaktiv effekt (VAR – volt-ampere-reaktiv) er et mål på hvor mye strøm som går i utakt med spenningen.

Når en lang høyspentledning går med lav belastning, er strømstyrken lav, men spenningen fortsatt høy. Det vil da hovedsakelig utveksles energi mellom ledningen og de elektriske feltene, spenningsbølgen blir hengende etter strømbølgen, og spenningen stiger. Vi sier at ledningen produserer reaktiv effekt. Etter som belastningen og strømstyrken øker, vil de magnetiske feltene bli sterkere. Disse vil få strømbølgen til å henge etter spenningsbølgen, og spenningen vil synke. Vi sier da at ledningen forbruker reaktiv effekt. I tillegg bruker mange elektriske apparater reaktiv effekt, som motorer og alt som inneholder magnetpoler eller transformatorer, blant annet pc-strømforsyning, sparepærer og lysstoffrør.

For å få strøm- og spenningsbølgen til å gå "i takt", og få kontroll med spenningen i store kraftnett, må vi ha balanse mellom produksjon og forbruk av reaktiv effekt. Dette kan til dels gjøres ved hjelp av vanlige kraftgeneratorer som kan produsere eller forbruke reaktiv effekt etter behov, men vanligvis befinner disse seg langt borte fra forbruksstedene. Vi må derfor ofte få hjelp av fasekompenseringsanlegg nærmere forbrukerne.

Kraftledninger

“Det 19. Aarhundrede har imidlertid bragt Løsningen af en anden Opgave, som betegner et mægtigt Skridt fremad i samme Retning. Det var den Opgave at tvinge Arbejdskraft fra Naturens Kraftkilder.. ..ind i en Metaltraad, føre den med Traaden milevidt gennem Luften eller Jorden, sprede den ud i alle Traadens Forgreninger og gøre den rede til atter at træde ud af Traaden og gøre Nytte, i hva Form det forlanges.”⁴ Helge Holst, 1910

Transport og overføring av elektrisitet skjer vanligvis ved hjelp av kraftledninger. Med ledning menes hele det fysiske anlegget som muliggjør frakt av strøm fra et sted til et annet. Overføringene kan utføres med blant annet kabler i jord eller sjø, men den vanligste måten er med luftledninger. Luftledninger er nok også den delen av kraft-

4) Holst 1910: 131

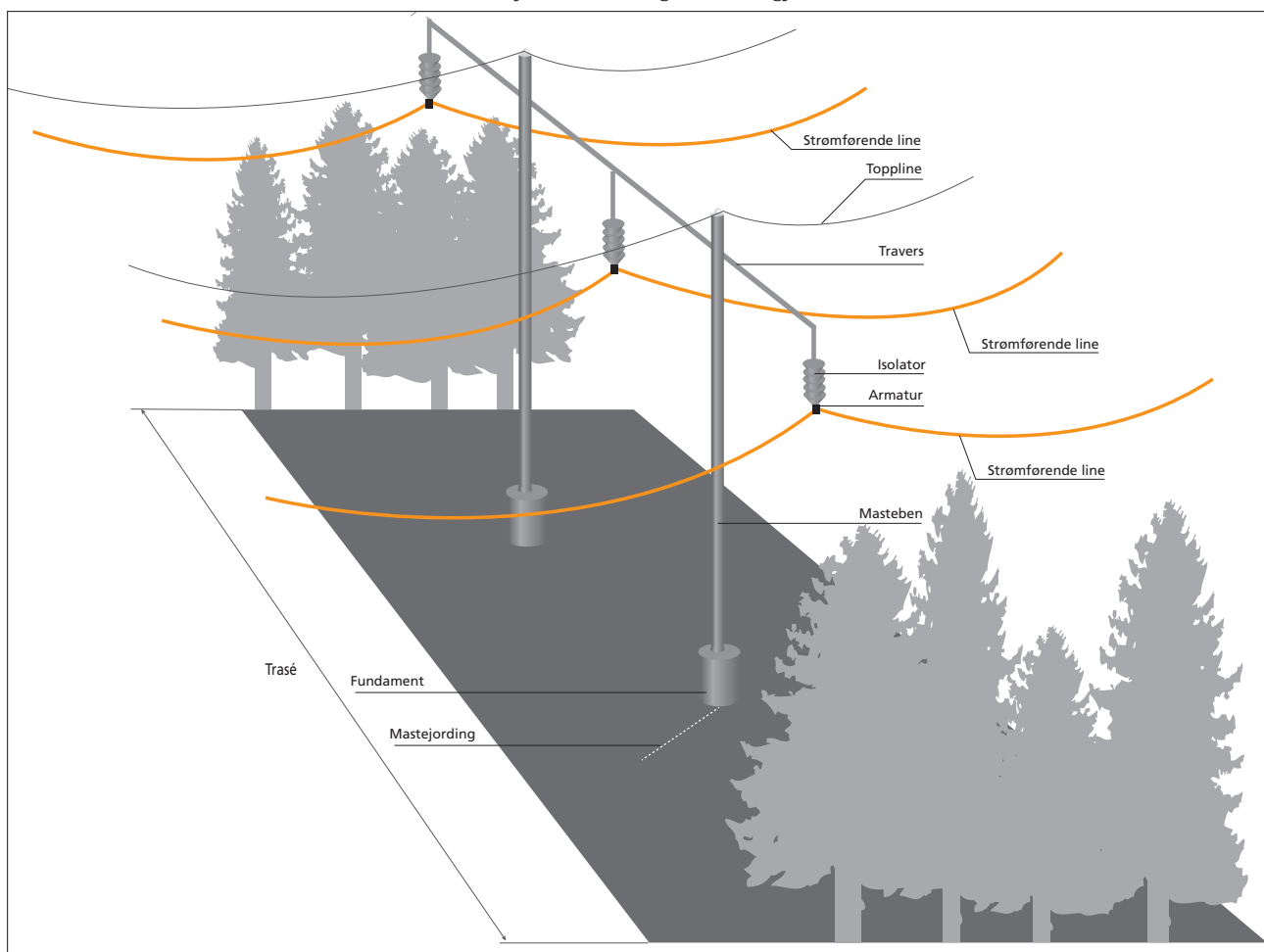
overføringssystemet som i sterkeste grad er til stede i vår daglige bevissthet.

Hovedprinsippene for en kraftlednings konstruksjon fremstår som mer eller mindre uendret fra kraftoverføringens barndom og frem til i dag, men materialbruken har på en del områder endret seg i takt med ny teknologi og økningene i spenningsnivå og dimensjoner. I det følgende redegjøres

det nærmere for en del av de viktigste komponentene i en kraftledning – sett i lys av både dagens situasjon og viktige historiske utviklingstrinn.

Master

En mast er en konstruksjon som bærer liner og andre komponenter i en luftledning. Det er vanlig å kalle den vertikale delen av masten for masteben eller mastestamme, mens den ho-



Oversikt over de viktigste komponentene i en kraftledning. Illustrasjon: Rune Stubrud, NVE



Portalmast i stål på 420 kV-ledning i sentralnettet. Fra Vikafjell i Sogn. Foto: Henning Weyer-gang-Nielsen, NVE



Portalmaster med stolper av rundtømmer og stål-travers på 66 kV-ledning i regionalnettet. Fra Overhalla i Nord-Trøndelag. Foto: Sissel Riibe, NVE



Betongmast i distribusjonsnettet ved Tysseidal i Hordaland. Her er det valgt trekantoppheng for de strømførende linene. Foto: Helena Nynäs, NVE

risontale delen kalles travers. Man skiller gjerne mellom bæremaster og de betydelig kraftigere forankringsmastene. I tillegg kommer vinkelmaster og endemaster.

I de første kraftledningene i Norge i årene rundt 1900 benyttet man trestolper, men kun et drøyt tiår senere var både stål- og betongmaster også tatt i bruk. Gjennom hele 1900-tallet har trestolper og fagverksmaster i stål med klar hovedvekt vært de vanligste mastetyperne, og da fordelt slik at på ledninger opp til 60 kV benyttes vanligvis trestolper, på 66 kV og 132 kV benyttes både tre- og stålmaster, og over 132 kV benyttes, med noen få unntak, stålmaster. Betongmaster benyttes i langt mindre utstrekning enn tre- og stålmaster, men finnes på stort sett alle spenningsnivåer med unntak av 420 kV. De siste 30 årene har det også blitt bygget enkelte ledninger med master av limtre, hovedsakelig på 66 kV og 132 kV, men i de senere årene også på 300 kV.

Til tross for at de tekniske prinsippene stort sett er de samme, har man gjennom historien sett en rekke ulike

varianter innen konstruksjon og design av kraftledningsmaster. Ulike kraftselskaper og entreprenører har valgt ulike løsninger, og det er stor lokal variasjon. På ledninger i sentralnettet forsøker Statnett i dag i størst mulig grad å benytte seg av standardiserte portalmaster i stål.

For å overføre en trefasestrøm (en kurs) må mastene ha tre liner, en for hver fase. Enkelte master kan ha flere ledningssett for å bære flere separate kurser. Tokursmaster er ikke uvanlige, og trekursmaster finnes også. I enkelte tilfeller finnes en ekstra reserve-line som normalt ikke er i bruk, men som kan kobles inn om det skulle oppstå problemer med en av de tre normale faselederne. Dette brukes oftest ved svært viktige fjordspenn der det kan ta lang tid å få reparert en ødelagt leder. I slike tilfeller benyttes ofte énfasemaster.

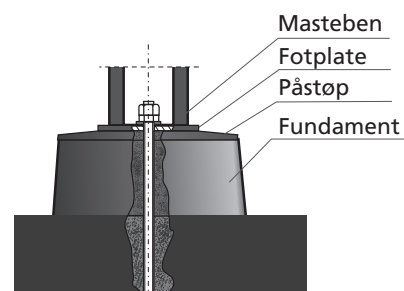
Fundamenter

Fundamentene er kraftledningsmastenes bærebjelker. De vanligste typene er:

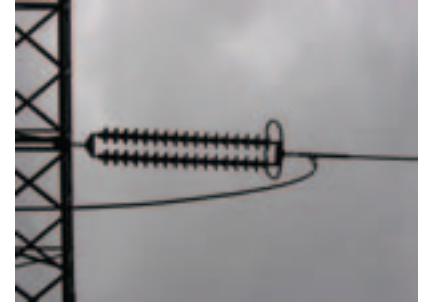
- fundament i jord
- fundament på fjell

- fundament i nedsprenget i fjell

Master av trestolper, betongstolper eller stålrør fundamenteres som regel ved at masten føres ned i et hull i bakken og låses. Fundamentet inngår i slike tilfeller som en integrert del av masten. For limtreaster og fagverksmaster i stål utføres fundamentet som en separat del i betong som festes til mastefoten ved hjelp av fundamentbolter. Selvbærende master har ofte fundamenter beregnet på både trykk og oppløft. Ved bardunerte master vil masten bare avgi trykk, mens



Prinsipp for feste av mastefot til fundament. Illustrasjon: Rune Stubrud, NVE



Stålmaster festes som regel til et fundament støpt i betong, mens for betongmaster blir vanligvis mastebeinet ført ned i et hull i bakken og "låst fast". Begge foto: Henning Weyergang-Nielsen, NVE

bardunene vil avgi oppløft i fundamentene. Ved smale master stående på kun ett fundament forekommer det fundament beregnet på velting.

Prinsippene for fundamentering har endret seg lite over tid, men utviklingen av ferdigbetong og økt bruk av helikopter på 1970-tallet har gjort arbeidet atskillig enklere.

Strømførende liner

Det er de strømførende linene som leder strømmen i en kraftledning. De består av en metalltråd med lav motstand. Linene festes til mastene ved hjelp av isolatorkjeder og tilhørende armatur.

De første ledningene ble stort sett bygget med strømførende liner av kobber. Kobberet var gunstig som ledende materiale, men hadde høy pris og mindre gode mekaniske egenskaper. Man gjorde derfor tidlig forsøk med andre materialer. På Norsk Hydros over-

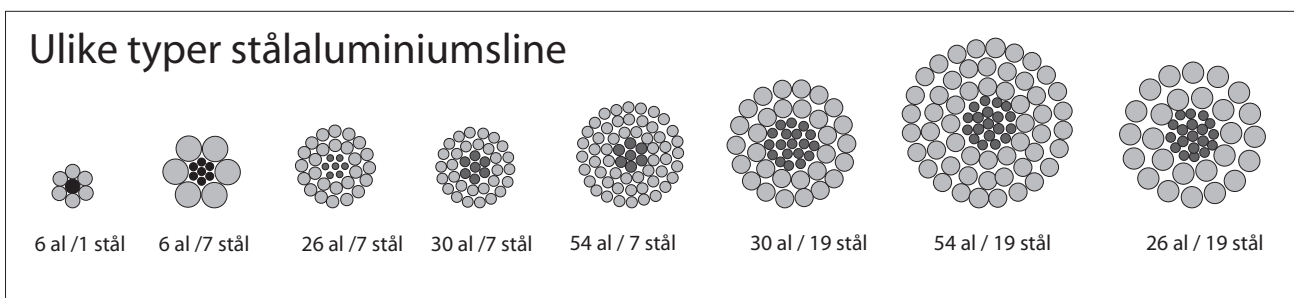
føring mellom Vemork og Såheim på Rjukan i 1911 tok man for første gang i bruk strømførende liner av helaluminium, men heller ikke aluminiumet har vist seg å ha tilfredsstillende mekanisk styrke.

En milepæl ble derfor nådd da Rjukanledningen (Vemork-Kristiania) i 1922 ble Norges første ledning med liner av stålaluminium. Ved å lage en ståltrådkjerne med aluminiumstråder spunnet utenpå kunne man kombinere stålets mekaniske styrke med aluminiumets gode elektriske egenskaper. I dag er stålaluminium fortsatt det overlegent mest brukte materialet i strømførende liner. Linetypen kalles også FeAl-line, utledet av "Fe" for jern som hovedkomponent i stål og "Al" for aluminium.

I Norge er det vanlig med strømproduksjon med trefasegeneratorer, noe som også gir kraftoverføringer med tre faser. En fase er en enkelt strøm i

En trefasekurs består av tre ledende faser. Hver fase kan bestå av en eller flere strømførende liner. En line per fase kalles gjerne simplex-utførelse, to liner kalles duplex-utførelse og tre liner kalles triplex-utførelse. De aller fleste ledninger bygges med simplex-utførelse, men på de høyeste spenningsnivåene benyttes gjerne duplex- eller triplex-utførelse fordi det elektriske feltet rundt lederne ellers ville ha blitt for stort. Her ser vi eksempler på alle tre typene utførelse. Foto, øverst: Statnett, midten: Sissel Riibe, NVE, nedest: Henning Weyergang-Nielsen, NVE

et vekselstrømsystem, og en kraftledning utføres vanligvis med én line per fase. Et alternativ ved svært høye spenninger kan ofte være å bruke en "bunt" av strømførende liner per fase, slik at disse vil virke som én leder med



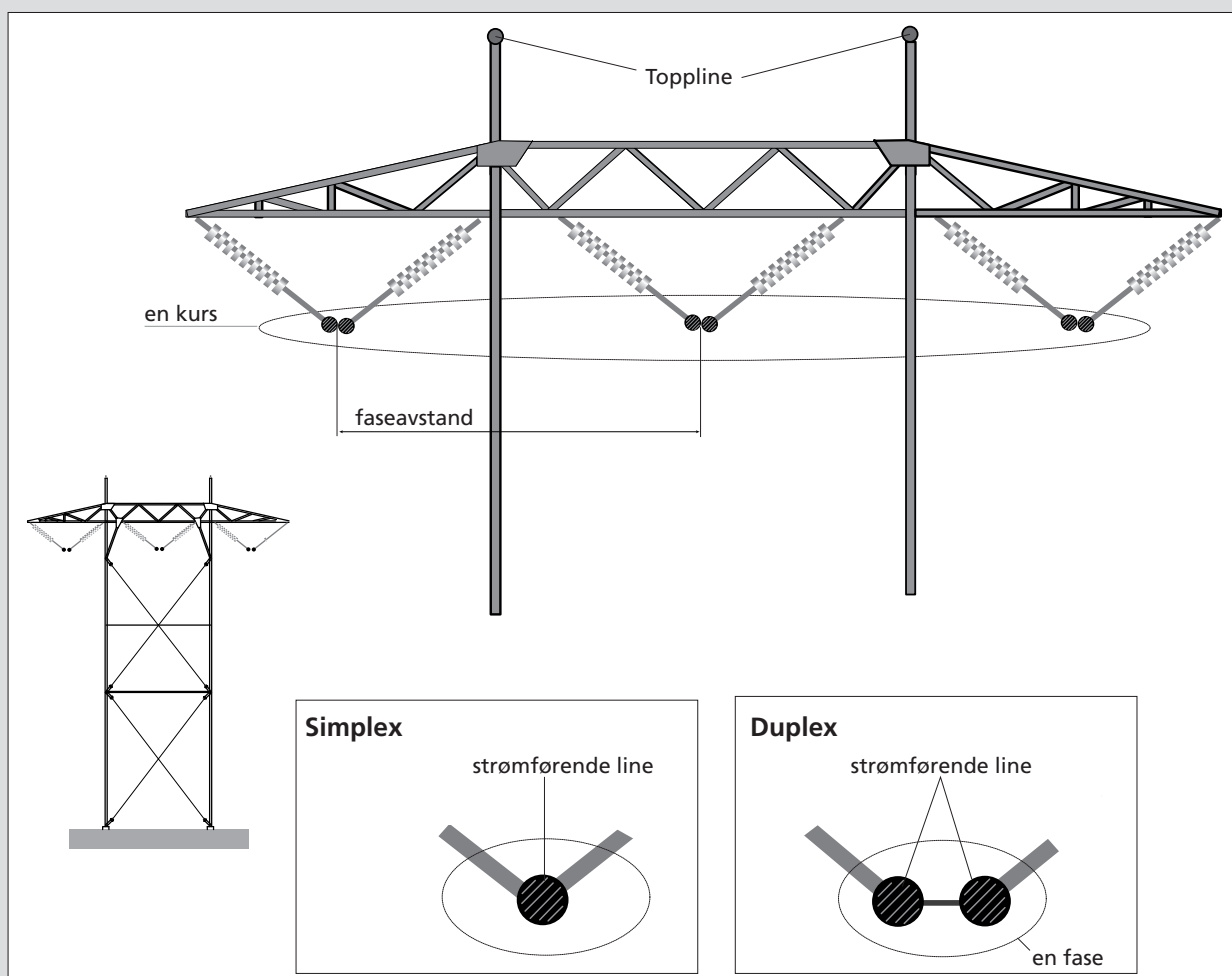
Illustrasjon: Rune Stubrud, NVE

Ulike arrangement av ledere

Mastene skal holde de forskjellige lederne fra hverandre så de ikke slår sammen og gir kortslutning, eller kommer for nær omgivelsene og gir jordfeil. Det må også tas hensyn til at lederne omgir seg med elektriske og magnetiske felter som kan påvirke nabolederne. En vanlig løsning er å bruke portalmaster med alle de tre lederne i horisontalt planoppheng. Dette løfter alle lederne godt opp over bakken uten å gi for høye master, men krever også en bred ryddegate.

Et annet alternativ er å legge lederne i hjørnene av en likesidet trekant. Mastene må da være høyere. Tidligere var det vanlig å legge én leder på toppen og de to andre ut på hver sin ende av en tverrbjelke. Dette krever bruk av ståisolatorer og er i dag stort sett forlatt for høyere spenninger. I tillegg er det da ikke mulig å legge en jordledning i toppen som lynbeskyttelse. I stedet brukes asymmetrisk trekantoppheng med én leder på én side av masten og de to andre på den andre siden, hengt henholdsvis høyere og lavere. Da er det også mulig å ha topline.

For tokursmaster kan vertikaloppheng være et enkelt alternativ, med de tre linene i hver kurs på hver sin side av masten. Vertikalt planoppheng er plassbesparende, men egner seg ikke i områder med høy snø og isbelastning der lederne kan presses bort i hverandre. Rjukanledningens "juletreform" er et forsøk på å avhjelpe dette, men sekskantkonfigurasjon, der midtlederne ikke kommer i samme vertikalplan som de to andre, er normalt en bedre løsning. Dobbel trekantkonfigurasjon er en annen mulig løsning.



Eksempel på ledere hengt opp i horisontalt planoppheng. På 420-kilovolts ledninger er det vanlig med duplex-utførelse av lederne. På lavere spenningsnivåer er det vanlig med simplex-utførelse. Illustrasjon: Rune Stubrud, NVE

Koronaeffekten

Når det elektriske feltet rundt en luftledning har svært store variasjoner over kort avstand, kan det oppstå områder der spenningsforskjellen blir så stor at det slår små gnister i luften. Disse gnistene kan i enkelte tilfeller vises som en svakt lysende "glorie" (korona) rundt ledningene. Koronaen er ikke farlig, men gir radiostøy og en hørbar knitrelyd. Dessuten medfører den et energitap. Fenomenet oppstår gjerne når ledninger med stor spenningsforskjell henger nær hverandre, og spesielt der spenningsførende deler har skarpe former. Det er også mer fremtredende når det er partikler i luften, som rim eller tåke.

For å redusere koronaeffekten må skarpe kanter unngås; alle spenningsførende deler får runde og glatte former, og liner får stor diameter.

svært stor diameter. Fenomener som koronaeffekten (se ramme) og skin-effekt (at strømmen i stor grad følger overflaten av lederen) kan avhjelpest med dette. Ved spenninger opp til ca 300 kV benyttes normalt en line per fase. Dette kalles simplex-utførelse. For høyere spenninger benyttes både to (duplex-utførelse) og tre (triplex-utførelse) liner. En ulempe med duplex- og triplex-ledninger er imidlertid at de er mer utsatt for belastninger fra vind og is.

Isolatorer og armatur

En kjede av isolatorer skiller strømførende liner fra masten. Dette er nødvendig for at strøm ikke skal ledes gjennom masten. Antall isolatorskåler varierer etter ledningens spenningsnivå: jo høyere spenning, desto flere isolatorskåler. Det er i hovedsak to måter å utføre isolatorene på: ståisolatorer og hengeisolatorer. På de tidligste kraftledningene ble det brukt ståisolatorer, mens hengeisola-



Ståisolatorer i klart glass. Foto: Sissel Riibe, NVE



Hengeisolatorer i porselen. Foto: Idar Maurseth, Statnett



Hengeisolatorer i farget glass, med isolatoroppheng i V-kjede. Foto: Henning Weyergang-Nielsen, NVE

torer første gang ble tatt i bruk på ledningen Frøland-Bergen i 1912. I dag brukes ofte ståisolatorer opp til 22 kV, mens ledninger med høyere spenningsnivå har hengeisolatorer. De fleste hengeisolatorene er utført som én enkel hengekjede, men i senere tid har det særlig på de høyeste spenningsnivåene blitt vanlig å henge opp

to isolatorer slik at de danner en V. Opphenget blir på den måten mer stabilt.

Isolatorer lages av stoff med høy elektrisk motstand, og det er to hovedtyper som dominerer: porselensisolatorer og glassisolatorer. Rent teknisk kan de i praksis sidestilles, men glassisolatorer er av nyere dato enn porselensisolatorer. På lave spenninger brukes som regel ståisolatorer av porselen, fordi disse er forholdsvis enkle å produsere i kompliserte former. På høyere spenningsnivåer med hengeisolatorer benyttes gjerne skåler av glass. Disse isolerer bedre enn porselen, og det er også enklere å oppdage eventuelle skader. I senere tid har det også vært gjort en del forsøk med isolatorer av silikonbasert komposittmateriale, særlig på lave spenningsnivåer.

Til armatur regnes de komponenter, bortsett fra isolatorene, som befinner seg mellom masten og den strømførende linen. Her kan nevnes blant annet lenker, plater, bolter, klemmer og graderingsringer. Armaturen er dels strømførende, dels bærende og dels begge deler samtidig.

Mastejording og toppline

Mastejordingen er en ledende tråd til jord som beskytter kraftledningen mot overspenninger. Ved stålmaster er denne festet i mastefoten, mens ved trestolper legges en ledende tråd ned langs mastebenet. Jordingstråden består vanligvis av kobber eller en kobberlegering.

Også topplinen er en beskyttende del av en kraftledning. Topplinen henger høyere enn de strømførende linene og hindrer direkte lynnedslag i disse. Bruk av toppline er mest vanlig på høye spenningsnivåer, og linen består vanligvis av enten stål eller stålaluminium. I en del tilfeller blir toppline kun lagt opp i en viss avstand ut fra hvert endepunkt av kraftledningen. Dette kalles gjerne innføringsvern.

Andre komponenter

I tillegg til de hoveddelene vi nå har nevnt, finnes det også en rekke mindre komponenter som ofte forekommer i en kraftledning. Blant annet



Varselskilt i mast. Foto: Sissel Riibe, NVE



Avstandsholder på strømførende line med duplex-utførelse. Foto: Henning Weyergang-Nielsen, NVE



Flymarkør i plast på fjordspennline. Foto: Hallgrim Berg, Statnett

monteres det små skilt på mastene som angir mastens nummer og som varsler mot "høyspenning – livsfare". I mange master er det også stigetrinn som muliggjør klatring ved montasje og vedlikeholdsarbeid.

I områder der det er fare for vibrasjoner på linene utføres ulike dempetil-

tak. Et svært vanlig tiltak er å installere såkalte dempeloooper. Disse festes på linene i enden av spennet. For at ikke liner skal slå borti hverandre der det er duplex- eller triplex-utførelse, festes også spesielle avstandsholdere på linene. Som et sikkerhetstiltak ved fjordspenn og andre lange spenn, festes det røde flymarkører i plast på linene. Det finnes også tilfeller der man har montert elektrisk lys i toppen av spennmastene.

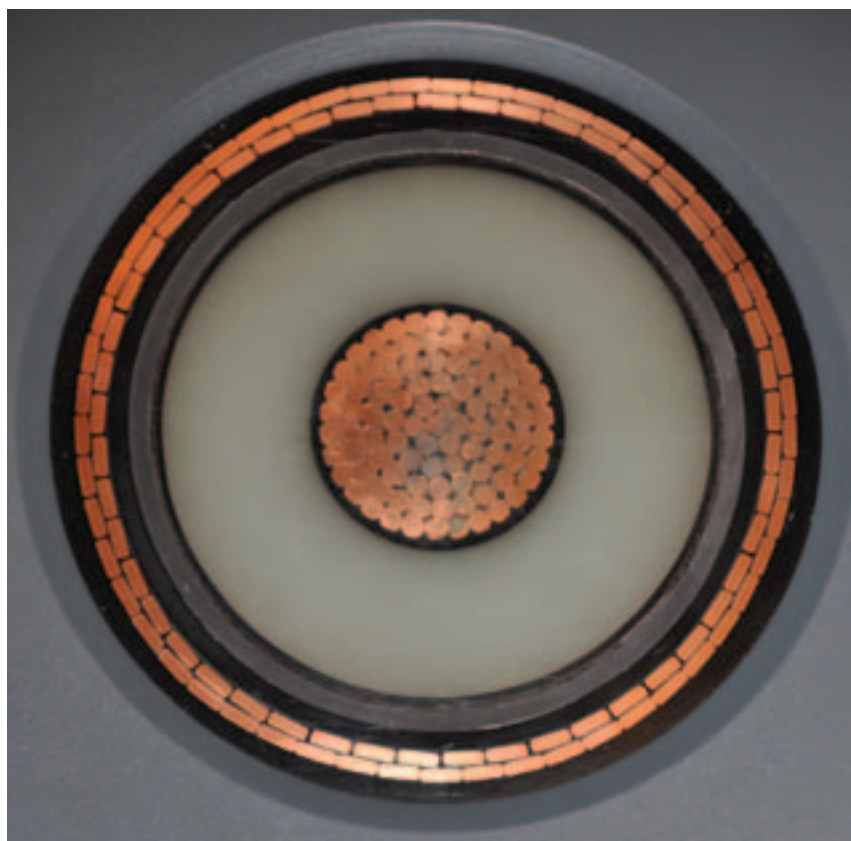
Jord- og sjøkabler

I tillegg til luftledninger benyttes også jord- og sjøkabler til kraftoverføring. Utviklingen av telegrafkabler lå i forkant av utviklingen innen sterkstrømsteknikk, og kabelteknologien medførte derfor at sjø- og særlig jordkabler kunne tas i bruk allerede i kraftoverføringens barndom. De første kablene var som regel utført i kobber, isolert med papir og impregnert i olje. Oljeimpregnert papir har vært brukt som isolasjon i høyspentkabler fra før 1890 og helt inn i våre dager. Papiret har svært gode isolasjonsegenskaper, og oljen holder det tørt og tett. I første omgang ble kablene im-

pregnert med en tyktflytende oljemasse, og av den grunn kalt massekabel.

På 1920-tallet utviklet man første gang såkalte oljetrykkabler, der isolasjonen er impregnert med en tyntflytende olje som står under overtrykk. Oljetrykkabler er massekabler overlægne, særlig ved høye spenninger. Fra slutten av 1960-årene begynte man også å ta i bruk plastisolerte PEX-kabler (kryssbundet polyetylene), særlig på lave spenningsnivåer. På de høyeste spenningene er oljetrykkabel fortsatt dominerende.

Fra 1970-årene har vi sett en betydelig teknologisk utvikling innen likestrømsteknologi for sjøkabler. Dette har resultert i byggingen av lange kabler både mellom Norge og nabolandene og andre steder i verden. På 1990-tallet ble det også utviklet teknologi for såkalte HVDC Light-anlegg, med PEX-kabler og krafttransistorbaserte omformeranlegg.



Tverrsnitt av Nexans' kabel for nettforsterkning til Ormen Lange-feltet. Foto: Sissel Riibe, NVE

Planlegging, konstruksjon og bygging av kraftledninger

“En ferdig bygget kraftledning ser for mange meget enkel ut. En rekke master bortover i terrenget forbundet med noen tynne tråder, det er alt... ..Saken er noe mer komplisert. Det ligger et omfattende og årelangt arbeid bak det produkt som framstår i form av en ferdig kraftledning.”⁵ Rolf R. Johnsen, 1971

Som tidligere fagsjef Rolf R. Johnsen i Kraftledningsavdelingen i NVE påpeker, er en kraftledning en svært avansert konstruksjon med en utfordrende og tidkrevende byggeprosess. Ledningsbygging er en entreprenørvirksomhet med mange særpreg generelt og i Norge spesielt. Virksomheten preges av at den er sterkt avhengig av topografiske og klimatiske forhold, anleggsområdets utstrekning og ofte et begrenset fagmiljø. Utvikling av utstyr og metoder har i stor grad foregått innenfor ledningsbyggermiljøet, og ofte lokalt innenfor hvert enkelt arbeidslag. Dette er nok særlig karakteristisk for norsk ledningsbygging.

Det er også karakteristisk hvordan nyutvikling ofte har blitt presset frem av store prosjekter med ekstraordinære utfordringer. Eksempler på dette er bruk av trykkluftdrevet klinkerutstyr, motorspill og traktor allerede under byggingen av Noreledningene på

5) Johnsen 1971: 10

1920-tallet, de første forsøkene med bruk av helikopter i 1965 på Tokke-Førre-ledningen, og intensiv utvikling av helikoptermetoder i perioden omkring 1980.

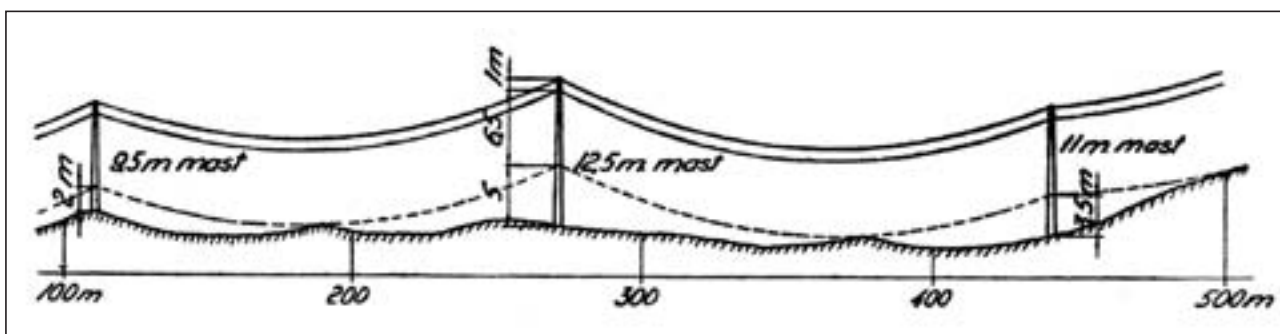
Før selve ledningsbyggingen kan settes i gang må det gjennomføres et grundig forarbeid. Tiltak som landmåling, prosjektering og masteberegninger er blant de viktigste elementene. Miljøhensyn har også, særlig fra siste halvdel av 1900-tallet, fått en stadig viktigere plass i denne prosessen. Selve byggeprosessen består deretter i hovedsak av fire grunnaktiviteter: transport, fundamentering, mastemontering og linemontering.

Landmåling og prosjektering

Landmåling er arbeidet med å finne en teknisk, økonomisk og estetisk god plassering av kraftledningen på kartet. Prosjektering er plassering av master og bestemmelse av mastehøyder på lengdeprofilen, slik at en oppnår optimal plassering i forhold til

estetikk, økonomi og sikkerhetsforhold. Det tas også hensyn til klimatiske forhold.

For landmåling var lenge teodolitten svært sentral. Teodolitt er en enøyet kikkert som måler horisontal- og vertikalvinkel. Avlesningen var manuell og med mange muligheter for å gjøre feil. Landmålerne skrev terrengpunkter inn i målebøker. Dataene fra målebøkene var grunnlaget for vinterarbeidet med å tegne ut terrengprofiler der kraftledningen skulle prosjekteres. Det ble lagt kurver på terrengprofilene og prosjektert inn master for å bestemme korrekt mastehøyde. For prosjektering må man regne ut horisontalstrekket i linene ved de aktuelle lasttilfellene. Arbeidet ble i mange år utført med manuelle utregningsmetoder. På begynnelsen av 1960-tallet ble datamaskiner tilgjengelige i prosjekteringsarbeidet, og tidligere metoder ble erstattet av relativt avanserte og effektive lineberegningsprogrammer.



Eksempel på lengdeprofil av kraftledning, slik de ble tegnet manuelt i første halvdel av 1900-tallet. På denne tiden ble profilene vanligvis tegnet opp i lengdemålestokk 1:2000 og høydemålestokk 1:500. Alle eiendomsgrenser ble lagt inn med gårds- og bruksnummer og eiers navn. Det ble også lagt inn merknader om terrenget, elver, veier, jernbaner, andre kraftledninger, telegraf- og telefonledninger, og ellers alt annet som kunne ha betydning for prosjekteringen og/eller byggingen av kraftledningen. Illustrasjon hentet fra Heggstad 1939, del 18 – Kraftoverføringer: 7

Entreprenører og leverandører

Byggeoppdrag hadde lenge en fast fordeling. Staten bygget sine egne ledninger med egne mannskaper, mens oppdrag for andre kraftselskap ble utført av selskapenes egne mannskaper og/eller private entreprenører. Blant entreprenørene kan særlig nevnes AS Linjebygg og AS Betonmast. Etter 1970 bygget disse selskapene også enkelte av Statens ledninger.

Ledningsmateriell ble stort sett kjøpt innenlands. Her kan nevnes mastestål fra Jarlsø Fabrikker AS i Tønsberg og Alfred Andersen AS i Larvik. Liner og kabler fra Alcatel-STK, Norsk Hydro på Karmøy og Norsk Kabelfabrik, Drammen. Isolatorer fra NTP, Halden, og armatur fra Brødrene Berntsen AS. En spesialitet som også bør nevnes, er eksplosjonsarmatur fra Raufoss Ammunisjonsfabrikker. Etter 1995 har en vesentlig andel av materiellet blitt kjøpt inn fra utenlandske leverandører.

Innføringen av totalstasjonen i 1983 var et stort framskritt. Totalstasjon er en elektronisk teodolitt der vinkler og avstander måles og lagres automatisk i kikkerten. Dette overføres deretter til en datamaskin med spesialprogrammer for prosjektering og plottre for uttegning.

Måling med GPS (Global Positioning System) utgjorde på 1990-tallet en liten revolusjon. Systemet bruker signaler fra satellitter for å koordinatfeste punkter i terrenget. Punktene blir senere brukt for å plassere ledningstraseen nøyaktig på kart. Fra rundt år 2000 tok blant annet Statnett i bruk RTK (Real Time Kinematic). RTK er GPS-målinger i sanntid.

Fremdeles er det best å utføre feltarbeid i sommerhalvåret. Ved bruk av laserdata består feltarbeidet i stor

grad av å måle inn egnede vinkelpunkter i traseen. Innmålingen av terrepunkter genereres fra laserdataene, og ved hjelp av blant annet GPS og laser monterer i fly eller helikopter, måles en korridor inn som punkter. Fra punktene dannes det en terrengmodell, vinkelpunkter legges inn i modellen og programmet genererer kraftledningens trasé. All datainn-samling og prosjektering foregår i dag i 3D, noe som muliggjør vesentlig raskere og mer nøyaktig prosjektering av flere traséforslag til detaljert nivå.

Masteberegninger

Masteberegninger bestemmer mastenes styrke. De foreskrevne vind- og islaster blir lagt på mastene, krefter i mastene blir beregnet/dimensjonert, og det nødvendige tegningsunderlaget for å produsere mastene i verksted blir laget.

Tidligere ble slike beregninger utført manuelt ved hjelp av likevektsbetraktninger. De hjelpemidlene man hadde til rådighet var regnestav, blyant og linjal. Datamaskinene gjorde imidlertid arbeidet med masteregning atskillig enklere, og det ble etter hvert utviklet gode regnemaskinprogrammer for å beregne master og fundamenter.

En revolusjon kom med innføringen av elementmetodeprogrammene, der

mastens geometri, belastning fra liner og andre nødvendige data legges inn. Ut fra disse opplysningene modelleres og analyseres masten i dataprogrammet. Etter hvert som kapasiteten på datamaskinene økte, ble det også mulig å regne flere master samtidig. I tillegg har datamaskinene effektivisert andre deler av prosessen med spesifikasjoner, blant annet:

- mastespesifikasjoner – underlag for bestilling av master i verksted
- montasjetegninger – beskrivelser for å montere mastene
- pilhøydetabeller – tabeller som viser hvor stramt linene skal henges opp
- utkjøringskrefter – tabeller som viser hvor stramt linene må strekkes ved utkjøring

Transport

Landeistransport og sjøtransport skiller seg lite ut fra normal transportvirksomhet rent transportteknisk. Terrengtransport og helikoptertransport er alltid vesentlig dyrere, og følgelig er det alltid kostnadseffektivt å ha skillet mellom landeistransport og annen transport så nær mastepunktet som mulig.

Tidligere var det manuelt arbeid innen transport, håndlasting og bæring i et slikt omfang at det ofte høres lite troverdig ut for dem som ikke har opplevd det. I tillegg til hest var taubaner mye benyttet. Overgangen fra



Utkjøring av dragline med Steyer beltebil, under byggingen av Vinstra–Oslo-ledningen tidlig i 1950-årene. Foto: Statnett



Transformatortransport til Saurdal transformatorstasjon i 1980-årene. Foto: Statkraft

hestetransport til motorisert transport i terrenget var et kvantesprang. Dette skjedde over tid, men det har bare unntaksvist blitt benyttet hestetransport etter 1950. Det canadiske beltekjøretøyet "Muskeg" var meget godt egnet og lenge bortimot enerådende.

Helikoptertransport er i utgangspunktet kostbart, men effektivt. De første forsøkene ble utført i midten av 1960-årene. Etter hvert førte flere nye store ledningsprosjekter i svært uveisomme områder, korte byggetider, stramme retningslinjer for terrengtransport, redusert arbeidstid og relativt sett noe reduserte kostnader ved helikopterbruk, til at dette særlig ble aktualisert på slutten av 1970-tallet. De siste 30 årene har vært en periode med intensiv utvikling av helikoptermetoder for ledningsbygging.

Fundamentering

Nødvendige materialer ved fundamenterarbeid er fjellbolter/armeringsstål, betong og forskalingsutstyr. Stål og betong representerer et betydelig transportvolum. Dette medførte at det i områder med lang terrengtransport ofte ble benyttet sand fra lokale forekomster. Utover i 1970-årene ble bruk av ferdigbetong vanlig, først der terrengtransport med betongtrommel var mulig, og etter hvert som helikopter kom i bruk, mer eller mindre over alt.

Rasjonalisering av fundamentforskaling har vært under kontinuerlig utvikling. I 1980-årene ble det introdusert engangsforskaling i form av runde papp- eller metallrør, og denne metoden ble etter hvert enerådende.

Innføring av trykkluft har vært en nødvendighet for bygging av fundamenter der fundamenteringen skjer på fjell. Også her preget begrensning av tilgjengelige kompressorer og utstyr driftsopplegget til langt ut på 1960-tallet. Etter hvert ble utstyret tilpasset helikoptertransport.

Graveutstyr har på samme måte gått fra å være en knapphetsressurs til å bli en del av fundamentlagets faste utstyr, særlig i lavlandet. Bygging av duplex- og triplex-ledninger over lange fjellstrekninger i 1980-årene eksponerte behovet for graveutstyr også i slike områder. Dette ble løst ved å ta i bruk små eller demonterte gravemaskiner med vektor innenfor helikopterkapasitet.

Mastemontasje

Innen ledningsbygging er nok mastemontasje den oppgaven som er fysisk tøffest. Trestolper reises i full lengde fra bakken ved hjelp av reisebukker og i senere tid gjerne med gravemaskin, mens stålmaster produseres og transporteres i deler. Tidligere ble stålmaster skrudd sammen og montert på mastepunktet, enten ved å bli skrudd sammen i sin fulle lengde på

bakken og reist, eller ved å bli skrudd sammen i seksjoner som heises opp og festes. Fra 1950-årene har den siste metoden vært mer eller mindre enerådende.

Heising av en masteseksjon er en kritisk operasjon, og utviklingen kan deles i tre hovedfaser: først bruk av tilgjengelige ressurser som håndkraft eller blokker og hest, senere bruk av mekaniske spill, og til slutt av motoriserte spill.

Det store gjennombruddet var innføring av vinsjer med hydraulisk drift i slutten av 1960-årene. På dette tidspunktet var masteseksjonene blitt så tunge at det var helt på grensen av det som var gjennomførbart. I tillegg kom hydrauliske muttetrekkere mot slutten av 1970-årene. Heising av mastekonstruksjoner med håndspill og tiltrekking av bolter var årsak til svært mange slitasjeskader, og innføring av motoriserte vinsjer og muttetrekkere bidro derfor til en forbedring av arbeidsmiljøet for ledningsbyggere.

En komplisert utfordring har vært å finne en metode for å heise en masteseksjon høyere opp enn den delen av masten som allerede er montert. Dette løses vanligvis ved å benytte et spir som er så langt at tyngdepunktet på den seksjonen som heises ender lavere enn spirets topp. Bruk av spir er fortsatt i utstrakt bruk såfremt det ikke benyttes helikopter. Spir har dermed fungert som et grunnelement i mastemontasje over et svært langt tidsrom.

Fra slutten av 1970-årene har det vært en intensiv utvikling av helikoptermetoder ved mastemontasje. Tidlig i 1980-årene ble dokkingmetoden utviklet. Ved denne metoden henger masteseksjonen under helikopteret. Helikopter og masteseksjon blir så trukket ned av spesielle vinsjer. På forhånd er det påmontert sammenkoblingsenheter, og den nye seksjonen trekkes på plass i disse slik at permanent feste kan monteres.

I siste halvdel av 1980-årene ble metoden "long line-montasje" utviklet. Da står montørene i masten og tar imot seksjonen. Piloten bruker en så lang stropp at han ved å lene seg ut i en



Utviklingen av ferdigbetong og økt bruk av helikopter har gjort fundamenteringsarbeidet langt enklere, som her under byggingen av ledningen Hol–Aurland. Ukjent fotograf. Fra arkivet etter Oslo Lysverker / Oslo byarkiv



September 1967. Mastebygging med spir på Oslo Lysverkers ledning Usta–Frogner. En ny masteseksjon heises opp ved hjelp av vinsjer, samtidig som den "bremses" slik at den ikke hekter i den allerede stående masteseksjonen.
Foto: P. O. Breifjell, Oslo Lysverker / Oslo byarkiv

spesiell "bobledør" kan se direkte på montasjepunktet og montørene. Denne metoden begrenser seksjonsvektene til 1000-1200 kg, men krever mindre hjelpeutstyr og er ved korte flydistanser mer effektiv enn dokkingmetoden. I dag er dette den mest anvendte metoden.

Linemontasje

Linemontasje er den mest komplekse oppgaven innen ledningsbygging, og arbeidslagene er ofte vesentlig større enn for fundamentarbeid og maste-montering. Dette setter store krav til samarbeid og indre disiplin. Her i landet har i tillegg svært mye av ledningsbyggingen foregått i fjell og andre utilgjengelige områder. Dette har preget den tekniske utviklingen, med lange strekkseksjoner og oppstrekking mellom forankringsmaster.

Grunnprinsippet ved linemontering er å først etablere en lett pilotline, oftest en tynn wire. Siden trekkes en

tykkere wire og til slutt den strømførende linen. I vanskelig terreng er utfordringen ofte å etablere pilotlinen. Mange forskjellige teknikker har blitt benyttet, blant annet med harpungevær der en tynn line kan skytes over helt ufremkommelige partier.

Noe spesielt for Norge er fjordspenneteknikken. Det viste seg tidlig at fornuftig trasévalg for en rekke ledninger krevde kryssing av fjorder i lange spenn. Lange spenn fantes også andre steder, men kombinasjonen av fjordlandskapetets terrengforhold og lange spenn er særegent for Norge. Her var det følgelig få erfaringer å finne andre steder, og teknikk, utstyr og gjennomføring måtte løses fra grunnen av. Særlig var etterkrigstiden preget av stor utvikling, og det ble bygget en rekke fjordspenn.

De første forsøkene med å trekke pilotlinjer med helikopter ble utført på slutten av 1970-tallet. Det var særlig

en utfordring å trekke pilotlinen for midtfasen gjennom portalmaster. Utviklingen av dette arbeidet skjedde hovedsakelig i to trinn. Først ble det benyttet "flytraps", men denne metoden ble forholdsvis raskt utkonkurrert av "nåla". Begge metodene er opprinnelig utviklet i USA, men er blitt betydelig forbedret av norske ledningsbyggere.

Kommunikasjon

Kommunikasjon er viktig ved all ledningsbygging. Kommunikasjon frem til walkietalkie/mobiltelefonens inn-treden var en stor utfordring. I denne perioden var man henvist til felttelefoner og utlagte provisoriske tråder, og regulariteten på slike forbindelser var ikke imponerende. I dag benyttes det moderne reléstasjoner som har lokal dekning innenfor det området der arbeidene foregår. Det etableres et internt nett hvor alle involverte kan kommunisere. Dette er også et viktig element med hensyn til sikkerhet.



Mastemontasje med helikopter. Illustrasjonen viser trinnvis utførelse av dokkingmetoden. Illustrasjon: Rune Stubrud, NVE

Kilder

Litteratur:

Bruun, Geir (2009): *Utvikling innen konstruksjon og utforming av kraftledninger*. Statnett SF: Upublisert fagnotat.

Dahl, Einar (1982): En tidligere lastfordelers refleksjoner. I Heggenhougen, Rolv (red.): *Samkjøringen av kraftverkene i Norge 1932 – 1982*, s. 46-58. Oslo: Samkjøringen.

Hartvig, Gunnar (ikke datert): *Innføringsstasjoner og understasjoner*. Drammen: Harald Lyche & Co.

Heggstad, Olav (1939): *Vassbygging*. Trondhjem: Norges Tekniske Høiskole.

Heskestad, Kåre (2009): *Arbeidsteknikker og byggemetoder*. Statnett SF: Upublisert fagnotat.

Holst, Helge (1910): *Elektrisiteten – De elektriske kræfters frembringelse og anvendelse i menneskets tjeneste*, Bind 1. Gyldendalske Boghandel – Nordisk forlag: København og Kristiania.

Jacobsen, Fr. & Somdal, J. A. (1942): *Aluminium og stålaluminium kraftledninger*. Oslo: Norsk Aluminium Company.

Jensen, Thorleif (2006): Elektroteknikk. I NVE: *Kulturminner i norsk kraftproduksjon*, s. 93-111. Oslo: Norges vassdrags- og energidirektorat, rapport nr. 2/2006.

Johnsen, Rolf R. (1971): *Elektriske kraftledninger*. Oslo: Universitetsforlaget.

Kure, Jan og Thommessen, Halvard Dahl (2010) *Koblings- og transformatorstasjoner*. Statnett SF: Upublisert fagnotat.

Markussen, Konrad (1995): *Der sør og nord møtes*. Harstad: Sør-Troms Elforsyning A/S.

Sandberg, Johannes (red.) (1951): *Trekk fra elektrisitetsforsyningens utvikling*. Bind 2. Oslo: Norske Elektrisitetsverkers Forening.

Skjold, Dag Ove & Thue, Lars (2007): *Statens nett – systemutvikling i norsk elforsyning 1890-2007*. Oslo: Universitetsforlaget.

Vogt, Johan (1971): *Elektrisitetslandet Norge*. Oslo: Universitetsforlaget.

Muntlige kilder:

Rune Aasgaard, dr. ing., geografisk informasjonsteknologi

Nils Martin Espegren, NVE

Hans Haakon Faanes, tidl. professor i elkraftteknikk ved NTH/NTNU

Hans Olav Ween, Energi Norge



Distribusjonsnettet i Norge strekker seg helt ut til de ytterste øyer og skjær.
Denne 22 kV-ledningen går fra Lomsøya til Sula i havet utenfor Frøya på Trøndelagskysten.
Foto: Rune Aasgaard

Kraftledninger, landskap og miljø

“La nu pent lysmastene i fred. Og se hvor vakre de er i seg selv, der de står med sine praktfulle armer som bærer lys, kraft og varme til fattig og rik – monument over vårt århundre.”¹ Aksel Sandemose. 1966

Den dansk-norske forfatteren Aksel Sandemose gir her uttrykk for et syn på kraftledninger som monumenter over vår moderne industri- og teknologihistorie, og som noe som dermed har sin naturlige plass i det norske landskapet.

Utsagnet fokuserer på de positive følgene en kraftledning har for den delen av befolkningen den forsyner. Kraftledningenes inntog i det norske landskapet har imidlertid ikke bare blitt forbundet med den velstanden de bringer med seg. De har også i mange tilfeller blitt ansett som alvorlige og kontroversielle miljøinngrep, og Sandemoses utspill kan neppe sies å være representativt for synet til befolkningen som helhet.

I denne artikkelen presenteres ulike syn på problemstillinger knyttet til kraftledninger som landskaps- og miljøinngrep, og den historiske utviklingen relatert til dette. Det belyses i hvilken grad bygging av kraftledninger gjennom et drøyt århundre har ivare tatt hensynet til blant annet:

- landskapets naturgeografiske og økologiske dimensjon
- landskapets estetiske og visuelle dimensjon
- nærmiljø og sikkerhet

Bakgrunn

Kraftledningene er viktige, spesielle og iøynefallende objekter i landskapet. De fører lett til konflikter om fremføring i det vi ofte betegner som urørt natur. Effekten av deres inngrep øker jo mer naturpreget et landskap

1) Sandemose, i *Arbeiderbladet* 1. juli 1966, her hentet fra *Johannessen* 1992: 233

er. Likevel kan det, selv i vår tids kulturpåvirkede landskap, være vanskelig å få dem innpasset og akseptert.

Vernetanken har gjennomgått betydelige endringer over tid, både når det gjelder vern av naturelementer og kulturminner. Dette gjenspeiles også i lovverk og veiledningsmaterieell, samt i hvordan ulike organisasjoner og offentlige forvaltningsorganer er etablert og utviklet i forhold til disse endringene, både med tanke på funksjon, navn og formålsparagrafer.

Vårt forhold til temaet landskap og miljø kan sammenfattes i to ulike hovedperspektiv:

- naturlandskapet eller naturelementet som noe opprinnelig og uberørt
- landskapet som løpende dokumentasjon i en stadig pågående endringsprosess

Mens det første gir liten plass for menneskeskapte elementer, gir det andre rom for at menneskeskapte elementer kan tilføre landskapet tilleggsverdier.

I forståelsen av samspillet mellom kraftoverføring og natur og miljø har også to andre forhold vært viktige:

- kraftledninger som kilde til lys, varme og velstand
- kraftledninger som fremmedelement i naturen

Så lenge elektrisk kraft var etterlengtet luksus, var kraftledningen nærmest som statussymbol å regne. Den var som fabrikkpipa med røyk, et tegn på utvikling og aktivitet. Fri grunn til ledningen var en selvfølge, selv om også naboen hadde nytte av den. Etter



Topografien i Norge har medført at det – i større grad enn i de aller fleste andre land – har vært nødvendig å bygge kraftledninger gjennom områder med kupert terreng og værhardt klima. Naturens rammebetingelser har derfor ofte utfordret ledningsbyggingen. Bildet viser en nediset mast på kraftledningen opp til fjernsynssenderen på fjellet Lønahorgi ved Voss i Hordaland. Foto: Voss Energi AS

hvert som utviklingen gjorde det mulig å overføre kraft over lange avstander og den elektriske kraften ble en selvfølge, fikk NIMBY-prinsippet (Not In My Backyard) grobunn.

Utviklingen av forholdet til kraftledninger, landskap og miljø henger nøye sammen med utviklingen av samfunnet generelt. Ikke bare endres tekniske forutsetninger, miljøverdier og prioriteringer over tid. Maktforholdene, det juridiske og administrative rammeverket og dynamikken er også en sentral del av utviklingen. Utgangspunktet for denne artikkelen er en beskrivelse av norske forhold.

Perioden 1890–1906

De fleste kraftledningene som ble bygget i denne perioden var korte og ble bygget med trestolper. De ble snarere sett på som et statussymbol enn som et miljøproblem. Med kraftverk nær forbrugssted og begrenset utbyggingsvolum trengtes heller ikke så mange ledninger, og vi hadde fortsatt god plass og mye natur å ta av. Kraftledningene hadde derfor minimal betydning som estetisk element i landskapet. Det sikkerhetsmessige ble ansett som viktig og ble ivarettatt gjennom "Lov om betryggelse mod fare og ulemper ved elektriske anlegg", som vi fikk allerede i 1891.

Holdningene til natur og miljø var imidlertid i endring. Blant annet var kunsten i denne perioden preget av nyromantikken og en våknende nasjonalromantikk. Inspirasjonskilder var



Viktig lovverk

- 1891: "Lov om betryggelse mod fare og ulemper ved elektriske anlegg", som skulle sikre mot skader på mennesker og eiendom.
- 1894: Ekspropriasjonsloven, som den gang ga lovgrunnlaget for bygging av overføringsnettet.
- 1896: En mer omfattende Elektrisitetslov, samt at det opprettes et eget elektrisitetstilsyn.
- 1905: Vår første lov om fornminner.
- 1910: Naturfredningsloven, som ga mulighet til å frede naturområder av spesiell betydning.
- 1917: Lov om vassdragsreguleringer.
- 1951: Ny lov om fornminner.
- 1954: Lov om naturvern, som bygget på naturfredningsloven fra 1910.
- 1965: Plan og bygningsloven, som krever plan for alle arealer.
- 1969: Lov om bygging og drift av elektriske anlegg.
- 1970: Naturvernloven, som var en videreføring av loven fra 1954 og som ble et gjennombrudd for det moderne natur- og miljøvernet.
- 1978: Lov om kulturminner. Bygger på fornminnelovene fra 1905 og 1951. Lovverket gir blant annet en sterkere vektlegging av kulturminner som del av et landskap.
- 1985: Plan- og bygningsloven, der det innføres krav om konsekvensutredninger ved større tiltak.
- 1990: Energiloven. I den ble det blant annet innført krav om forhåndsmeldinger og konsekvensutredninger. Som følge av loven ble også Statnett opprettet i 1992, og de ble da underlagt regelverket for konsesjonsøknader.
- 1999: Forskrift om konsekvensutredninger med tilhørende veiledning. Forskriften stiller krav til utredningers form og innhold, samt nærmere frister for saksbehandlingen.
- 2008: Ny lov om planlegging og byggesaksbehandling (plan- og bygningsloven).

Det kan være store kontraster mellom tradisjonell kultur og moderne infrastruktur. Ved Songa kraftverk i Arabygdi, i vestenden av Totak, ble det i 1980-årene spent store kraftledninger over hardingfelespilleren Myllargutens heim Kåsi og Dyre Vaas skulptur av ham like nedenfor de gamle husene.

Foto: Kari Stensgaard

blant andre dikteren Åsmund Olavson Vinje, som var med på å starte Den Norske Turistforening, samt billedkunstnerne Tidemand og Gude (brudeferd i Hardanger 1848), Erik Werenskiold og Theodor Kittelsen. Vi hadde fått en gryende erkjennelse av at naturen kunne trenge beskyttelse. Det var imidlertid vern av estetikk og enkeltobjekter som sto i fokus, og det nye perspektivet hadde liten betydning for de hensyn som ble tatt ved utbygging av kraftoverføringsanlegg.

Lovgrunnlaget for bygging av overføringsnettet lå i ekspropriasjonsloven av 1894. Konsesjonsplikt for kraftledninger ble innført først i 1917 som et tillegg til ekspropriasjonsloven fra 1894. Da ble det også åpnet adgang for Staten til å pålegge konsesjonæren ulike vilkår "i tråd med allmenne interesser". Frem til 1906 begrenset lovverket for øvrig spennvidden mellom mastene til 35 meter av sikkerhetsmessige årsaker.

Perioden 1907–1920

Med forholdsvis små dimensjoner og et nett av vesentlig lokal karakter, var de visuelle og økologiske påvirkningene av kraftoverføringsnettet fortsatt svært begrenset i denne perioden.

På miljøsidan så man imidlertid en gryende bekymring for konsekvensene av en storstilt vannkraftutbygging. Begeistringen for elver og fosser var en del av naturromantikken som blomstret gjennom 1800-tallet og over i det nye århundret. Storslått natur fra fjord til fjell trakk turister til landet. De første kravene om planmessig vern av norsk natur ble fremmet, og nasjonalparktanken vokste frem. I 1910 kom "Lov om naturfredning", men det skulle gå nesten 50 år før vi fikk vår første nasjonalpark (Rondane i 1962).

Utbyggingen av kraftproduksjon og overføringsnett ble på denne tiden sett på som en viktig samfunnsoppgave, og ble i stor grad gjennomført i kommunal regi med nærhet til de berørte. Dette har trolig bidratt til å dempe konfliktnivået om miljøvirkninger. Allerede her ser vi imidlertid konturene av en av de viktigste dimensjonene i norsk miljødebatt på resten av 1900-tallet: den lokale selvråderetten versus sentral planlegging, styring og kontroll.

Perioden 1921–1945

Så lenge spenningen var 50-60 kV og lavere, ble ledningene i det vesentligste bygget med tremaster. På 1920-tallet ble stål og betong i økende grad tatt i bruk. Betong var særlig konkurransedyktig der det var god tilgang på støpesand og enkel adkomst til masteplassene. Bygging av større kraftverk enn tidligere skapte behov for utvikling av Samkjøringen, som igjen skapte et behov for bygging av nye store kraftverk og dermed større kraftledninger.

Nettopp ferdig med byggingen av 132 kV stålmasterledningen Nore–Oslo i 1928 skriver daværende overingeniør Johan Collett Holst i NVE en artikkel i Elektroteknisk tidskrift: "Paa grund av de naturlige forhold (små verk og korte avstander) har vort land aldrig aspirert i retning av at besidde verdens høieste driftsspænding. Nu som før er 50-60 000 volt vor



På begynnelsen av 1900-tallet fikk vi den inntil da heteste naturverndebatten i landet, i forbindelse med NVEs planer om å bygge ut store områder i Jotunheimen, med blant annet Bygdin, Gjende og Sjøa. Debatten endte med at NVE la planene på is. Bygdin har imidlertid senere blitt regulert.

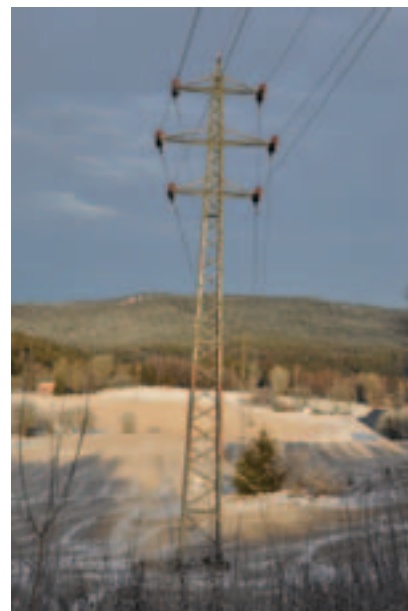
Foto: Anders Gylland

*normale overføringsspænding, hvilket gjør at vore kraftledninger gjør et langt mer beskjedent indtrykk end mange andre ländes."*²

Med den teknologiske utviklingen, som tillot høyere spenning og større overføringsavstander, ble imidlertid også ulempene med ledningene tydeligere. Overgang til bruk av stålmaster og stålaluminiumsliner ga lengre spenn, høyere master og sterkere visuelle inntrykk. Miljøhensyn ble fortsatt tillagt begrenset vekt ved trasévalg. Hensynet til skogbruket synes imidlertid å ha blitt tillagt vekt, og vi ser ofte at ledninger bygget i denne perioden går over dyrket mark, nær bebyggelse, over vann og høydedrag med dårlig skogbonitet og med silhuettvirkning. At stålmasterne bygget i denne tiden ble malt (ikke varmgalvanisert) av hensyn til korrosjon, bidro imidlertid til å dempe den visuelle virkningen.

Lowverk og embetsverk la heller ikke i denne perioden godt til rette for å ivareta miljøhensyn ved lengre kraftledninger. Lov om naturfredning var, som navnet sier, en fredningslov og ikke en
2) Skjold & Thue 2007: 378

lov for å ivareta miljøhensyn ved utbygginger. Innen kulturminneforvaltningen var situasjonen tilsvarende. Her var loverket først og fremst rettet mot



I 1920-årene – før varmgalvanisering av mastestålet ble vanlig – ble mastene ofte malt for å forhindre korrosjon. Dette ga i mange tilfeller også en god kamuflasjeeffekt. Bildet viser trasé med grønmalte master gjennom Maridalen, på ledningen Hammeren–Oslo. Disse mastene ble flyttet hit på slutten av 1960-tallet, men ble opprinnelig bygget tidlig på 1920-tallet. Foto: Henning Weyergang-Nielsen, NVE



Ledningen Hol–Oslo gjennom Krokskogen nord for Langtjernet. Foto: Sissel Riibe, NVE

å beskytte enkeltgjenstander og bygninger, og ikke for å verne miljøer, for eksempel et verdifullt kulturlandskap

Perioden 1946-1965

De første par årene av denne perioden preges av virkningene av krigens ødeleggelser og tilnærmet stillstand i kraftutbyggingen kombinert med et sterkt behov for gjenoppbygging og videreutvikling. Norge var fattig og ressursene var begrensede. Etter hvert kom imidlertid utbyggingen av kraftoverføringsanlegg i gang på nytt, men ikke uten kontroverser.

Ledningene fra Hol mot Oslo ble planlagt før og under krigen, med trasé gjennom sentrale deler av Krokskogen og Nordmarka. Høsten 1946 skulle selve byggearbeidet begynne, og motstanden mot ledningen økte. Turistforeninger, privatpersoner og politiske organisasjoner skrev et stort antall innlegg i avisene. En del mente at ledningen burde legges i kabel, og Oslo Lysverker beregnet at en kabel-fremføring ville koste 9 ganger så mye som en luftledning. Planene utløste den 28. november 1946 den største miljødemonstrasjonen vi har hatt i Norge noen gang. 15 000 gikk i tog og mellom 30 000 og 40 000 samlet seg med fakler på Rådhusplassen under

appellen. Dette var samtidig i en tid da det, med tanke på kraftforsyningen til Oslo, var et meget stort behov for denne ledningen.

Demonstrasjonen fikk begrenset betydning for Holsledningens trasé. Viktigere var det at den satte fokus på friluftslivets betydning og de opp-

Kraftledning

Under de stupende fjell stiger rungende mørke koraler:
Kirken der nede, den lave med hvelving av marmor
løfter sin messe i velde og maner de ville demoner,
åpner sin sorgfulle favn for det angrende hjerte.

Herdet i stålfont og døpt av de hese turbiner
stiger forløsningens hærtog med jubel mot lien og skogen,
skriker i heien med snehvite kniplingekjortler,
løfter de skinnende vinger av stål i forventningens skjelven.

Bort gjennom skogene, frem gjennom dager og netter
vandrer det skinnende tog med det levende budskap til jorden.

– Møt dem derinne ved natt på den grånende seter,
hør hvor de taler i tunger og strides med natten og Herren.

Lyn gjennom luften og sus av de skjærende vinger,
veiene møter, og dalen og solen med glede.
– Ned ifra bjerget de bærer med sanger mot landet
den hellige flamme fra himlen med dirrende hender.

Rolf Jakobsen
Fra diktsamlingen *Jord og jern* (1933).



Helhetlig planprosess ved utbygginger ble stadig viktigere gjennom etterkrigstiden. Bildet viser trasé gjennom Kvalsunddalen i Vest-Finnmark, på 66 kV-ledningen Porsa-Kvalsund bygget på slutten av 1950-tallet. Foto: Sissel Riibe, NVE

levelsesverdiene som er knyttet til dette. Demonstrasjonene fikk også betydning for trasévalget for andre ledninger, samt for planprosessen knyttet til trasévalg. Merk også at bystyret "krydret" vedtaket ved å uttrykke at det var midlertidig og at ledningene senere ville bli lagt i jorden. Slik kan vi også se på dette som starten på en debatt om kabling av større kraftledninger utenfor byområder.

Planene om utbyggingen i Hallingdal og demonstrasjonene i 1946 representerte på flere måter et skifte i utviklingen. Samtidig med en fortsatt streng rasjonering av mange vareslag fikk vi en storskala utbygging av samfunnets infrastruktur, inkludert kraftverk og samkjøringsnett. Skalaen og volumet bidro til økt fokus på plan og miljø:

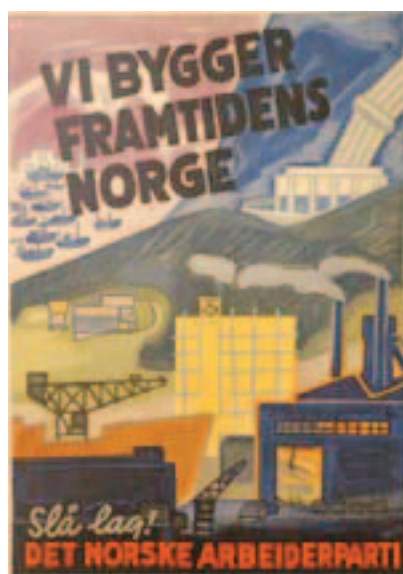
- Friluftsliv og bynære naturområder blir satt i fokus.
- Områdevern og fredning blir satt i fokus.
- Planprosessen blir utfordret og behovet for mer helhetlig planlegging blir tydeligere.

I denne perioden intensiverte Staten arbeidet for at hele den norske befolkningen skulle ha tilgang til elektrisitet, og i 1965 var det kun 2700 innbyggere som var uten slik tilgang. Samtidig ble ønsket om vern som motvekt til storskala utbygging gradvis avløst av ønsket om en mer helhetlig planlegging, der utbyggingsplaner og verneplaner i større grad settes i

sammenheng. Både forvaltning og lovverk innen planlegging og natur- og miljøvern ble styrket i denne perioden.

Perioden 1966-1990

Økt aktivitet innen kraftverks- og ledningsbygging var, sammen med en dramatisk forbedring av den materielle levestandarden, viktige årsaker til at det i denne perioden utviklet seg sterke krefter på miljøsidene. Generelt kom likevel et mer nyansert syn på vekstpolitikken til å prege debattene. 1960-årene markerte på mange måter starten på det omfattende miljøenga-



I 1945 handlet de politiske slagordene om at landet skulle bygges, noe Arbeiderpartiets valgplakat illustrerer. I denne prosessen var vannkraften et helt sentralt element. I 1973 var – som vi ser ved Per Kleppes tale under valgkampen – ordbruken noe annerledes. Begge fotos: Arbeiderbevegelsens arkiv og bibliotek

sjementet som utviklet seg videre på 1970-tallet. Ord som naturvern, økologi og miljøpolitikk dukket opp, og natur- og miljøvernerne aksjonerte både mot vannkraftutbygging og kjernekraft. Debatten la et grunnlag både for arbeidet med verneplaner og for lovendringer som ga miljøhensyn et reelt innhold i planleggingen. Mens Arbeiderpartiets valgkampplakater i 1945 sa "Vi bygger framtidens Norge", så kan slagordet for valgkampen i 1973 stå som illustrasjon på denne 25-årsperioden: "Vekst og vern - demokrati og likestilling".

Håndtering av miljøforhold i kraftledningsproblematikken ble etter hvert en viktig oppgave for det nye kontoret for landskapspleie og naturvern, som NVE-Vassdragsdirektoratet etablerte i 1966 under ledelse av landskapsarkitekt Knut Ove Hillestad. Kontoret ble en intern høringspart og pådriver for vektlegging av landskaps-hensyn. Hillestad var opptatt av at man, i samsvar med samfunnsutviklingen, måtte håndtere inngrep slik at det skapes et levende kulturlandskap.

Ikke minst ble tilsynet med utbyggingen av kraftledningsnettet et stort og dominerende arbeidsområde. Her bidro natur- og landskapsavdelingen (kontoret ble avdeling i 1977) sterkt i forbindelse med blant annet trasévalg, transportmåter og materialvalg i

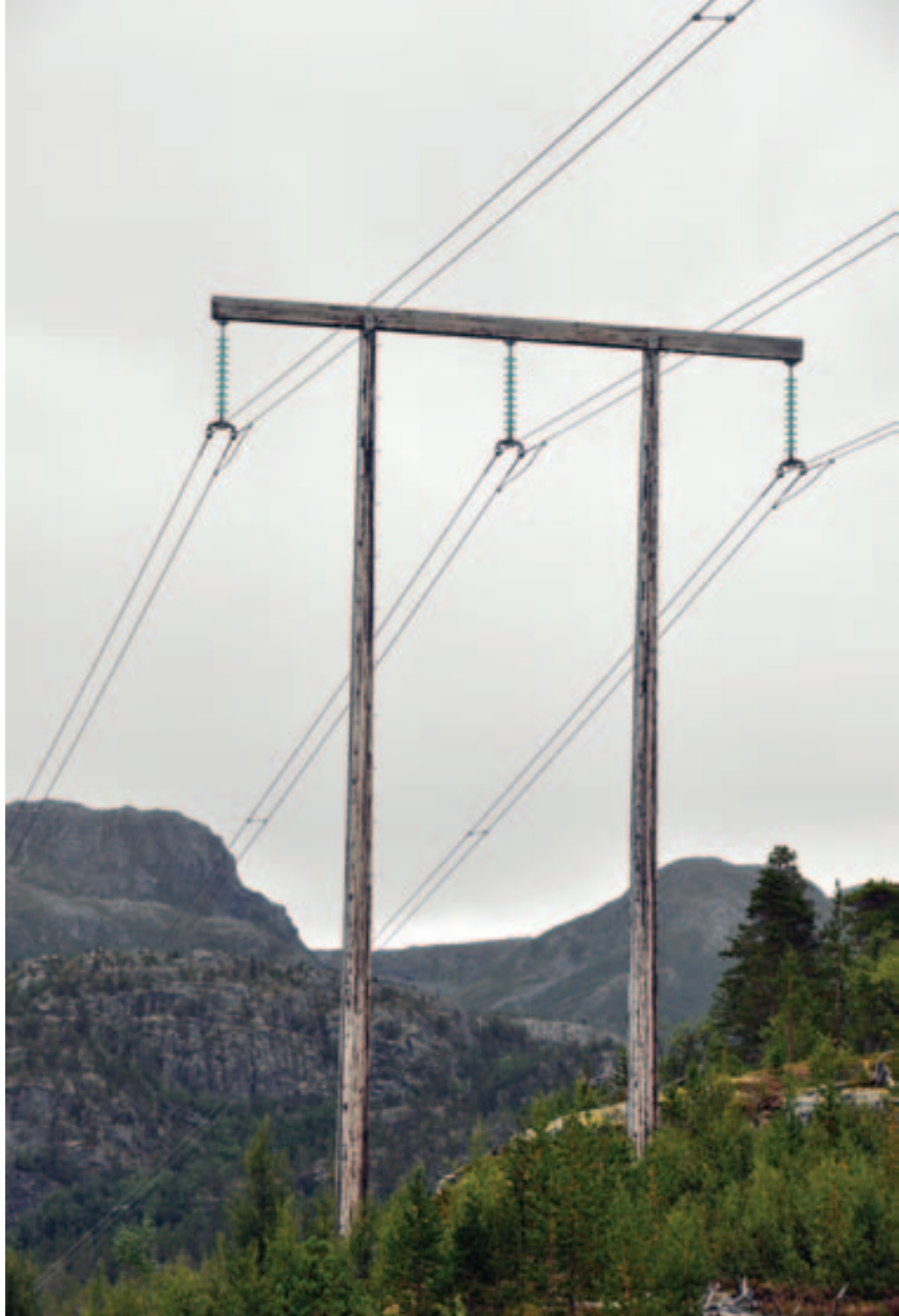


master og liner. Med samfunnets stadig økende bruk av elektrisitet, og dermed økende behov for utbygging av kraftledningsnett, måtte det oppstå konfliktsituasjoner. Det viktige for Hillestad ble å finne trasévalg som tok hensyn til flest mulig interesser. Han argumenterte for at selv om kortest mulig ledningstrasé ofte er mest gunstig rent teknisk-økonomisk, er det ikke alltid det riktige for landskapet og miljøet.

Et svært viktig moment i denne sammenhengen var den nye loven "om bygging og drift av elektriske anlegg", som kom i juni 1969. Den trakk opp nye retningslinjer for behandling av konsesjon for kraftledninger, der ikke minst klageadgangen og informasjons- og høringsprosessene ble utvidet. Ved konsesjonsbehandlingen ble det blant annet satt fokus på riktig anvendelse av areal- og miljøressurser og på hensynet til næring, miljø og rekreasjon. Kontoret for landskapspleie og naturvern i NVE-Vassdragsdirektoratet ble rådgivende instans i alle større konsesjonssaker, og fra 1982 ble miljøvernavdelinger hos fylkesmenene bygget ut slik at de etter hvert dekket et vidt spekter av natur- og miljøinteresser. Naturvern- og friluftslivsorganisasjoner som Norges Naturvernforbund, Turistforeninger og Norsk Ornitologisk Forening ble høringspart, og dermed fikk også naturvern og friluftsliv en markant plass i behandlingen av kraftledningssaker.

I 1974 ga NVE ut rapporten "Kraftutbygging i Norge – Teknisk-økonomisk vurdering av mulige varianter". Der ble viktigheten av miljøhensyn presisert. Elementer som ble særlig vektlagt, var kraftledningenes visuelle utførelse, arealdisponering og skogrydding, ledningenes plassering både i forhold til landskapsverdier og nærføring til boligområder, forholdet til dyr generelt og til fugler spesielt.

Denne perioden var samtidig preget av rask utvikling i ledningsbygging, og helikopter ble et viktig redskap. Helikopterbruk hadde både positive og negative miljøkonsekvenser: positive i form av reduserte veibehov og dermed reduserte kjøreskader, negative ettersom traséer i urørte områder



Limtremast på 132 kV-ledningen Alta–Kvænanen. Foto: Sissel Riibe, NVE

ble mer aktuelle. Mot slutten av perioden ble det også gradvis stadig viktigere å redusere omfanget av nye naturinngrep.

Fortsatt ble 132 kV-ledninger i lavlandet stort sett bygget med trestolper. Både fra NVEs side og lokalt ble trestolper vurdert som visuelt sett bedre enn stålmaster. Med større linetverrsnitt, ønske om lengre spenn og de aktuelle klimastasjonene, måtte man imidlertid til utlandet for å få kjøpt grovt nok stolpetømmer. De høye kostnadene gjorde det interessant å

utvikle master i limtre. Slike ble i Norge utviklet av Moelven. Den første ledningen med limtrestolper var 132 kV-ledningen Grana–Orkdal, satt i drift i 1982. I 1984 kom ledningen Alta–Kvænanen.

Fra 1979, da Wertheimer og Leepers studier av barneleukemi og naboskap til kraftledninger³ ble publisert, fikk elektromagnetiske felt og helse økt oppmerksomhet. Et eksempel på det

3) Wertheimer & Leeper 1979, *I American Journal of Epidemiology*, Vol. 109, No. 3: 273-284

Hardangervidda og ledningene fra Sima kraftverk

Hardangervidda nasjonalpark ble opprettet etter en meget hard natur- og miljøverndebatt i 1970-årene. Hardangervidda var med i den opprinnelige landsplanen for nasjonalparker fra 1964, men opprettelsen ble utsatt på grunn av områdets vannkraftressurser. I 1973 ble Eidfjord Nord (med Vøringsfossen) vedtatt utbygd i Sima kraftverk.

Debatten kom deretter til å dreie seg om to meget omstridte kraftutbygginger, Eidfjord Sør (Veig) og Dagali på østre del av vidda. Disse vassdragene representerte store verneverdier, samtidig som kraftmengdene var betydelige. Saken ble etter hvert løftet opp på politisk plan, og etter en hard debatt innad i Arbeiderpartiet ble Dagali og Veig varig vernet og Hardangervidda nasjonalpark opprettet 1981. Opprettelsen av nasjonalparken på Hardangervidda regnes ofte som den største seieren for verneinteressene i Norge noen gang.

De politiske vedtakene fikk avgjørende betydning for planene om kraftledninger fra Sima. Forslag om traseer gjennom de planlagte verneområdene ble skrinlagt, og det ble utarbeidet nye alternativer mot Dagali, Aurland og Bergensområdet (Evanger). Både hensynet til nasjonalparken og til landskapsvern-

rådet på og rundt Hardangerjøkulen ble ivaretatt. Avgjørende var hensynet til nasjonale verneinteresser, opplevelses-, friluftslivs- og naturverdiene, samt til villreinen. De traseene som ble valgt går dels gjennom områder berørt av vannkraftutbyggingen, dels gjennom områder berørt av annen infrastruktur. Saken viser hvordan overordnede politiske beslutninger får avgjørende innvirkning på de endelige løsningene.



Eidfjordutbyggingen var omstridt, ikke bare på grunn av ledningene som skulle bygges i området, men også på grunn av magasineringsen av store vannressurser på Hardangervidda. På bildet ser vi den enorme Sysendammen.

Foto: Statkraft

te er ledningen Frogner-Follo, der hensyn til verneinteressene i Nordre Øyeren og Østmarka sto mot hensyn til nærføring og usikkerhet vedrørende elektromagnetiske felt og helse.

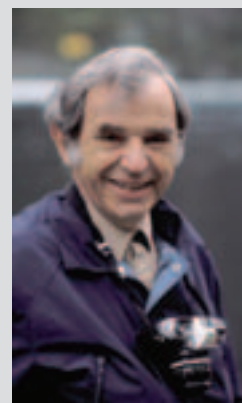
Da de første planene for Frogner-Follo ble presentert, var alle traséforslagene lagt øst for dagens ledning, men da "reviderte planer" ble lagt frem i 1980, hadde Wertheimer og Leeper nettopp lagt fram sin rapport. Resultatet ble at hensynet til naturverneinteressene fikk prioritet i Nordre Øyeren, og hensynet til å unngå nærføringsulempet fikk prioritet lengre sør. Traseen ble her lagt gjennom Østmarka. For å redusere virkningene i friluftsområdene, ble det laget en skjøtelsesplan for skogbehandlingen i traseen, og mye av skogen ble kjørt ut med bruk av hest. Tilsvarende skjøtelsesplaner har senere også blitt brukt på andre overføringsanlegg. I konsesjonsvilkårene – som gir rammebetingelsene for skjøtelsesplanen – beskrives dette nå som *redusert eller begrenset*

Knut Ove Hillestad og Johan Andersen

NVEs ansettelse av landskapsarkitekt Knut Ove Hillestad i 1963 innebar økt vektlegging av de landskapsestetiske sidene ved utbygging av kraftverk og ledninger. Hillestad var en aktiv og dyktig foredragsholder, noe han benyttet seg av for å vinne gehør for sitt syn innen energisektoren. Også studentene ved bygg- og anleggslinjen ved det daværende NTH fikk opplæring av Hillestad.

Omtrent samtidig ansatte NVE-Statskraftverkene forstkandidat Johan Andersen som leder for arbeidet med skogavvirkning og grunnverv på fjernledningskontoret. I løpet av kort tid fikk han også en sentral rolle i arbeidet med traséplanleggingen. Herunder utviklet han blant annet rutiner for "traséforslag til forhåndsuttalelse", en forløper for forhåndsmelding.

På hver sin måte ble Hillestad og Andersen pådrivere for utviklingen av planleggingsprosess og miljøhensyn i NVE. Begge satte de miljøverdiene høyt, og begge representerte de en viktig motvekt i det den gang svært ingeniørdominerte NVE.



Knut Ove Hillestad.
Foto: NVE



På Rasta ved Lørenskog – på ledningen fra Røykås til Tegneby – tester Statnett ut den nye typen kompaktmaster. Foto: Trond Isaksen. Fotoeier: Statnett

skogrydding. Ledningen ble satt i drift i 1987, 14 år etter at planleggingen og konsesjonsprosessen hadde startet.

Denne perioden preges ellers av fornyelse av en rekke lover av betydning for planlegging, planprosesser og miljø, samt av en styrking av miljøvern- og naturforvaltningen. Vår første egentlige planlov: Plan og bygningsloven, fikk vi i 1965. Det europeiske naturvernåret i 1970 hadde stor betydning for denne utviklingen, og ikke minst for opprettelsen av Miljøverndeparte-

mentet i 1972. Ellers kan nevnes opprettelsen av stillinger som fylkeskonservatorer i 1960-årene og Statens forurensingstilsyn i 1974.

Perioden 1991–2010

Sammenlignet med de foregående tiårene preges denne perioden av lite nybygging. Samtidig ser vi en del teknisk utvikling som fremmer miljøhensyn og landskapstilpasning.

Plastbelagt line, såkalt BLX, ble i Norge utviklet fra slutten av 1970-årene.

Linene er delvis isolert slik at de kan slå sammen uten at det gir overslag, og at de tåler at kortvarig berøring av greiner uten at det blir registrert jordfeil. Slike liner er mye brukt på spenninger opp til og med 22 kV. Dette muliggjør kortere faseavstand, og dermed smalere ryddebelte og mindre magnetfelt. BLX eliminerer i tillegg risikoen for strømgjennomgang som tar livet av fugl.

Komposittisolatorer tas i bruk i økende grad etter hvert som akseptable aldringsegenskaper kan dokumenteres. De er smalere og lettere i vekt enn glassisolatorer, og gir også mindre refleksjoner. Statnett bidrar i tillegg til utviklingen av en såkalt kompaktmast, som krever mindre areal og gir mindre elektromagnetiske felt enn konvensjonelle master.

Luftbåren laser tas i bruk for å samle inn terrengdata. Dette rasjonaliserer innsamling av måledata for prosjektering, samtidig som man blir mindre sesongavhengige i planleggingsfasen. Laserdata gir bedre muligheter for vurdering av alternative traséløsninger og danner grunnlag for gode 3D-visualiseringer. At man nå kan bevege seg virtuelt i terrengmodellen, har gitt både planleggere og berørte et kraftfullt verktøy for bedret terrengtilpasning og kommunikasjon.

Gjennom denne perioden blir det også stadig mer vanlig at NVE gir pålegg om ulike miljøtiltak i konsesjonsbetingelsene. Traséjusteringer, farging av master og hensynsfull skogrydding er blant de vanligste. Profesjonenes stilling styrkes ytterligere, og vi får reviderte regler for konsekvensutredninger (KU), samt en rekke veiledere for hvordan KU skal gjennomføres. Hensyn til biologisk mangfold og urørt natur gis stor vekt, men også opplevelsesverdier og estetikk får økt betydning.

Farging av master blir på nytt aktuelt, nå som miljøtiltak. Mens det før krigen var vanlig å male mastene for korrosjonsbeskyttelse, var det etter krigen vanlig å bruke varmgalvanisert stål som rustbeskyttelse. Det galvaniserte stålet gir en gråhvit overflate som estetisk egner seg godt i høyfjel-



I forbindelse med OL på Lillehammer ble deler av en eldre 66-kilovolts betongmastledning revet for å gi plass til OL-anleggene. Ledningen ble i stedet lagt som jordkabel forbi Håkons hall og Kristins hall. Endemastene med kabelmuffer ble bygget i limtre for å harmonere med betongmastene. Bildet er tatt ved Håkons hall sett mot nord. Foto: Knut Stabell

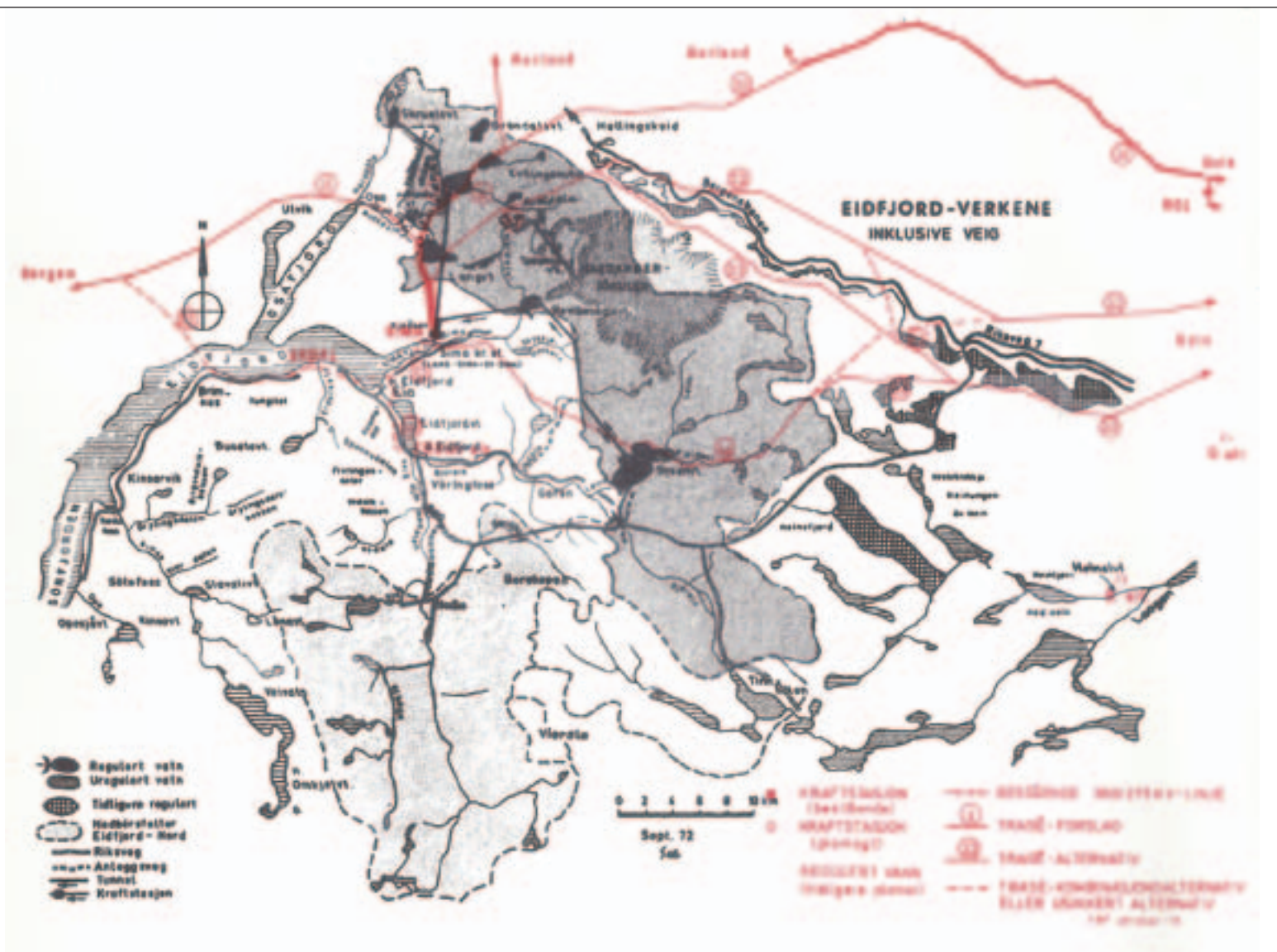
let og bjørkeskogbeltet, men er mindre egnet i barskog og kulturlandskap. Allerede på 1970-tallet ble det gjort forsøk med å male enkelte master, og i 1990-årene ble det utviklet metoder for farging av varmgalvaniserte stålmaster, både gjennom bruk av pulverlakk og sprøytelakking. Siden 1992 har NVE, gjennom konsekvensbehandlingen, stilt vilkår om kamuflerende tiltak på kraftledninger. Tiltak for å redusere den visuelle virkningen har blitt et stadig mer sentralt element i plan- og konsekvensfasen for luftledninger.

Den viktigste formelle endringen i denne perioden var den nye energiloven av 1990. I denne ble det blant annet formalisert krav om forhåndsmeldinger og konsekvensutredninger ved bygging av kraftledninger. Systemet med forhåndsmelding hadde Statskraftverkene i praksis startet med allerede fra slutten av 1960-årene. NVE hadde i tillegg allerede på 1970-tallet

CIGRE om miljøpåvirkninger

I 1986 ga CIGRE (The International Council on Large Electric Systems) ut rapporten "*The environmental impacts of high voltage overhead transmission lines*" (Cigre SC 22-WG02), med en oversikt over miljøvirkninger og miljøtiltak for kraftledninger. Rolf Johnsen fra NVE-Statskraftverkene var med som norsk deltaker i arbeidsgruppen, og rapporten gir en god oversikt over de miljøtemaene som det også var fokusert på i Norge:

- arealbeslag
- vernede og verneverdige områder
- rekreasjon og friluftsliv
- erstatninger
- landskapsvirkninger og landskapstilpasning
- bruk av GIS og fysiske terrengmodeller
- skjerming og kamuflasje
- mastedesign og farging
- parallellføring og sanering
- elektromagnetiske felt, teknikk og helse
- radiostøy og hørbar støy
- byggeteknikk og avbøtende tiltak
- hensyn ved drift
- økologiske virkninger, spesielt vedrørende fugl og rein



Under Eidfjordutbyggingen måtte NVE-Statskraftverkene, i siste halvdel av 1970-årene, utrede en rekke forskjellige forslag til traseer for ledningen fra Sima kraftverk til Østlandet. Til slutt valgte man et alternativ nord for Hardangerjøkulen, via Hallingskeid, og langs Bergensbanen og Ustevann til Dagali. Illustrasjon: NVE-Statskraftverkene

et visst tilsyn med ferdige kraftledninger, men dette ble utviklet videre og har særlig i de siste årene fått en mer formell status. I 1999 kom en forskrift om konsekvensutredninger, med til-

hørende veiledning, og myndighet i kraftledningssaker ble etter hvert overført til Olje- og energidepartementet. I 1993 oppnevnte myndighetene et faglig utvalg for vurdering av

mulig helsefare ved elektromagnetiske felt, og i 2003 fikk vi en ny lov om strålevern.

Luftledning eller kabel?

Bruk av kabel og kabling av elektriske ledninger var tidlig en aktuell problemstilling. Allerede da Hammeren Kraftverk ble bygget i 1900, ble 1,35 km av 5 kV-ledningen til Oslo lagt i kabel inne i byen. Gamle oljekabler viser generelt en imponerende kvalitet. Eksempelvis ble de første 220-kilovolts (senere ble spenningen økt til 300 kV) oljetrykkablene i Oslo idriftsatt i 1956, og disse er fortsatt i drift. I slutten av 1960-årene begynte man også å ta i bruk plastisolerte kabler PEX (kryssbundet polyetylene), sær-

Altautbyggingen og ledninger

Under Altautbyggingen ble 22 kV-ledningen fra kraftverket til Masi lagt i kabel gjennom dammen. Det ble satt av plass til enda en kabel i fremtiden. Under konsesjonsbehandlingen av 66 kV-ledningen Alta-Kautokeino tidlig i 2000-årene kom denne ekstra kabeltraseen i dammen til nytte. Nord Troms Kraftlag ønsket å legge ledningen i luft nedenfor dammen i canyonen, men NVE påla dem å legge den i kabel i dammen av hensyn til estetikk, fugleliv og reguleringsplanen for området.

lig på lave spenningsnivåer. På de høyeste spenningsnivåene er oljekabel fortsatt den dominerende typen, men også her tas stadig oftere PEX-kabler i bruk.

Luftledningenes kanskje viktigste fortrinn er at inngrepet er reversibelt, mens kabling ofte krever omfattende grave- og sprengningsarbeid. Kabling blir likevel i mange sammenhenger ansett som et godt miljøtiltak:

- Det gir ofte små visuelle ulemper.
- Det fjerner risikoen for fuglekollisjoner.
- Det muliggjør bedre arealutnytting.

Kabling har imidlertid også noen negative virkninger:

- Større kabelanlegg krever kjørbare adkomst langs traséen.
- Kabelgrøfta kan gi irreversible sår i landskapet der det må sprenges og der det kreves omfattende gravearbeid.
- I traseen tillates ikke større trær som kan skade kabelanlegget.
- Kabling i fjellterreng med lite løsmasser kan gi spesielt betydelige inngrep.



Kabling av kraftledninger har foregått helt siden kraftoverføringens barndom. Ofte kan slike inngrep gi irreversible sår i landskapet. Likevel er det vanlig å benytte seg av kabling i bynære områder, der landskapet uansett er sterkt preget av annen infrastruktur. Bildet viser utlegging av jordkabler mellom transformatorstasjonene Ulven, Sogn og Smestad i Oslo i 1955. Foto: Statnett

Nasjonalt og internasjonalt har det vært bred enighet om at kabling gir mest miljø for pengene på de lavere spenningsstrinnene, og at det både av hensyn til driftssikkerhet, tekniske og

økonomiske årsaker er mindre aktuelt å kable ledninger med 300 kV og 420 kV spenning. Unntak er særlig fjord og sjøkryssinger, samt byområder med høye arealverdier.

Kilder

Litteratur:

Hillestad, Knut Ove (1984): *Kraft, ledning og landskap*. Kraft og miljø nr. 8. Oslo: Norges Vassdrags- og Elektrisitetsvesen.

Jacobsen, Rolf (1933): *Jord og jern*. Oslo: Gyldendahl.

Johnson, Nils Henrik (red.): *Kamouflasjetiltak på kraftledninger*. Oslo: Norges vassdrags- og energidirektorat, rapport nr. 4/2008.

Nilsen, Yngve (2010): På terskelen til den "levende" natur – Landskapsarkitekten Knut Ove Hillestads virke i NVE 1963-1990. *Historisk tidsskrift*. Bind 89, 2010: 71-92. Oslo: Universitetsforlaget.

NVE (2006): *Kulturminner i norsk kraftproduksjon*.

NVE – Elektrisitetsdirektoratet (1974): *Kraftutbygging i Norge – Teknisk-økonomisk vurdering av mulige varianter*. Oslo: Norges Vassdrags- og Elektrisitetsvesen.

Pilskog, Geir Martin (1996): *I spenninga mellom teknologi og politikk: ein studie av samkøyringa av norsk elforsyning 1950-*

1970. Hovedoppgave i historie. Bergen: Historisk institutt, Universitetet i Bergen.

Skjold, Dag Ove & Thue, Lars (2007): *Statens nett – systemutvikling i norsk elforsyning 1890-2007*. Oslo: Universitetsforlaget.

Stabell, Knut (2010): *Kraftoverføring, landskap og miljø*. Statnett SF. Upublisert fagnotat.

Warloe, Karsten Johan (1990): *20 år med elektrisitetsloven*. Oslo: Norges Vassdrags- og Elektrisitetsvesen.

Wertheimer, Nancy & Leeper, Ed (1979): Electrical wiring configurations and childhood cancer. *American Journal of Epidemiology*, Volume 109, No. 3, 1979: 273-284.

Muntlige kilder:

Per Bjørnsrud, Statnett

Geir Bruun, Statnett

Per Einar Faugli, NVE

Kåre Heskestad, Statnett

Ivar Sæveraas, NVE



Den orientalskinspirerte Stanavegen transformatorstasjon fra 1986 i Tyssedal er tegnet av arkitekt Geir Grung. Foto: Sissel Riibe, NVE

Elektrisitetens hus, en arkitekturhistorie

Ivar E. Stav

“Vi lever i en tidsperiode hvor ingeniørvidenskapen sitter i høisættet, hvor teknikken danner det væsentlige grundlag for det økonomiske liv. Men det fører-skap som ingeniørerne derved indtar, medfører forpligtelser ikke bare i rent teknisk og materiel retning. Ogsaa hva utseendet, formen angaar maa alle kræfter sættes ind paa at skape det bedst mulige.”¹ Maskiningeniør Rutland Levanger, 1919

På begynnelsen av 1900-tallet var tek-nikken i en rivende utvikling og un-derla seg stadig nye områder. Som en kommentar til denne utviklingen, skrev maskiningeniør Rutland Lev-anger i 1919 artikkelen ”Teknik og este-tik” i årboken til Foreningen Bruks-kunst. I artikkelen, som sitatet over er hentet fra, ønsket han ”at slaa til lyd for et intenst og maalbevisst arbeide rettet paa en estetisk høining av teknikkens frem-bringelser”. Når den nye teknikkens bygninger skulle utformes, mente han at et samarbeid mellom ingeniør og arkitekt var ”absolut påkrævet”.

En av disse ”teknikkens frembringel-ser” som på den tiden bredde seg ut over landet, var elektrisiteten, som gjennom overføringsanlegg ble sendt fra kraftverkene til forbrukerne. I den-ne artikkelen skal vi se på stasjonene i dette systemet, og nærmere bestemt bygningene som inneholder teknisk ut-styr for å transformere, koble og for-dele strømmen. Vi retter oppmerk-somheten mot arkitekturen, med vekt på form, materialbruk og stilperiode. Bygningenes plassering i landskap og bygde omgivelser vil også bli omtalt.

I alt vesentlig er det transformatorsta-sjoner som behandles i denne artikke-len, men en god del transformator-kiosker og -tårn blir også nevnt. Disse mindre bygningene finnes både i tett-bygde strøk og i mer landlige omgi-velser, og ofte mer tilgjengelige enn transformatorstasjonene. Slik sett er de godt egnet til å brukes som eksem-pler når arkitekturhistorien til ”elek-trisitetens hus” skal formidles.

1) Levanger, i Foreningen Brukskunst: Aarbok 1918–1919, s. 50

Kilder

I litteraturen har bygninger knyttet til kraftoverføring kommet i skyggen av kraftstasjoner, både i sin samtid og i historisk perspektiv. Bare én arkitektkonkurranse er omtalt, og kun ett tilfelle av internasjonal omtale er funnet. Etter andre verdenskrig har noen få arkitekter beskrevet sine transformatoranlegg i tidsskriftet Byggekunst og årboken Arkitektur i Norge. I arkitekturhistoriske fremstillinger er kun Geir Grungs arbeider trukket frem. Fire hoved-/masteroppgaver i kunsthistorie behandler noen få eksempler.

Det er lite landsdekkende litteratur om transformatorstasjoner, men mye lokalt. Noen nevnes i byarkitektur-guider. I de mange jubileumbøkene til våre kraftselskap finnes ofte illustrasjoner og årstall, men knapt noen arkitektnavn. En del bilder finnes også i ulike fotodatabaser. Det er ikke funnet mye litteratur som kan bidra til et internasjonalt perspektiv. Det har til dels vært vanskelig å finne bygningstegninger og arkitektnavn både hos nettselskapene og i kommunale byggesaksarkiver. Enkelte arkitektarkiver har vært en viktig kilde. En rekke nåværende og tidligere ansatte i nettbedriftene har supplert med opplysninger.

Temaet har paralleller i enkelte andre kulturminneprosjekter. Mest nærliggende er boka Kulturminner i norsk kraftproduksjon fra 2006, som presenterer kulturhistorisk verdifulle kraftstasjoner. De eneste som også har transformatorstasjoner med som bygningskategori, er Verneplan for jernbanebygninger og Nasjonal verne-plan for kulturminner i jernbanen. Noen få transformatorstasjoner er fanget opp av kommunale kulturminne-planer og vernelister, som i Sarpsborg, Time, Oslo og Stavanger. Verneplanen for Telenors bygninger og installasjoner omfatter andre bygningskategorier, men de har funksjonelle paralleller ved at de huser tekniske installasjoner og utgjør knutepunkter i en nasjonal infrastruktur.



Skansgården transformertårn ved Kongsvinger er fra 1920. Den særpregete bygningen har konsoller av tre som bærer et utragende pyramidetak.
Foto: Henning Weyergang-Nielsen, NVE

Artikkelen tar hovedsakelig for seg bygninger som fortsatt er i drift. For å gi et mer utførlig bilde av utviklingen er det også tatt med eksempler på bygninger som er revet eller ute av bruk. I tillegg omtales noen bygninger i ny bruk for å vise en viktig form for bygningsbevaring og ressursøkonomi. Flesteparten av de nitten stasjonene som er presentert som utvalgte anlegg, omtales også her, slik at deres tilhørighet i arkitekturhistorien kom-

mer frem. Et betydelig antall transformatorstasjoner er bygget ut i to eller flere etapper, og disse kan dermed vise utviklingen i stil, materialbruk og tekniske forutsetninger, samt ulike holdninger til tilpasning til eller brudd med det tidligere. Fremstillingen er i hovedsak ordnet kronologisk og stilhistorisk.

Kjært barn med mange navn

I denne artikkelen brukes i hovedsak benevnelsene transformatorstasjon, transformator-kiosk og transformertårn om de bygningene som omtales. I dagligtale brukes ofte forkortelsen trafo.

Transformatorstasjoner finner vi i sentralnettet eller regionalnettet. Eldre benevnelser på transformatorstasjoner – alt etter hvor de er plassert i overførings-systemet – er innføringsstasjon, sekundærstasjon, understasjon og mottakerstasjon. En stasjon som ikke transformerer strømmen fra et spenningsnivå til et annet, men bare kobler ledninger til og fra stasjonen, er en koblingsstasjon eller fordelingsstasjon, og i praksis ikke en transformatorstasjon. På enkelte stasjoner er kontrollanlegget plassert i egne bygninger som kalles kontrollbygg. Transformator-kiosker og transformertårn er små nettstasjoner i distribusjonsnettet der spenningen senkes for siste gang før strømmen blir sendt ut til forbrukerne.

I temaartikkelen *Kraftoverførings teknologi og konstruksjoner* beskrives kraftoverføringsystemet og de tekniske installasjonene i stasjonene mer utførlig.

I beskrivelsen av bygningene benyttes det en del faguttrykk om bygningsdeler og dekordetaljer, hentet blant annet fra kunst- og arkitekturhistorie. Disse er forklart nærmere under en oversikt over ord og begrep i bokens bilagsdel.



Detalj av fasade på Sandviken transformatorstasjon i Bergen fra 1928. Over en av de rundbuede transformatorportene finner vi byvåpenets borgtårn i rundskulptur.
Foto: Henning Weyergang-Nielsen, NVE

Hvem har utformet bygningene?

Bygninger for transformering og fordeling av elektrisk kraft kan karakteriseres som en type industribygg der det stilles store krav til teknisk kompetanse ved utformingen. Et betimelig spørsmål å stille er om det er *ingeniører* eller *arkitekter* som har utformet denne typen bygninger. På begynnelsen av 1900-tallet var arkitektyrket en relativt ny profesjon i Norge, og arkitektene hadde liten erfaring med bygninger for den nye industrien og teknologien som vokste frem, herunder bygninger knyttet til produksjon og overføring av elektrisk kraft. Arkitektene opplevde at deres kompetanse bare ble benyttet til å dekorere den nye industriens fasader.

Noen år etter at Rutland Levanger skrev sin artikkel, tok arkitekt Sverre Poulsen opp det samme temaet i artikkelen "Industribygg" i tidsskriftet *Byggekunst*. Han utropte industribygg til en av tidens viktigste stildannende byggeoppgaver. Poulsen viste til vellykkede industrianlegg som var skapt i store industriland, særlig Tyskland og Holland, "hvis suksess beror på at de fra første stund har vært gjenstand for en arkitektonisk gjennomarbeidelse"². Han mente at arkitektens og ingeniørens arbeid ideelt sett bør begynne samtidig, og at det er viktig at de to lærer å kjenne hverandres tenkemåte. Poulsen avslutter slik: "Bare ved samvirke mellom ingeniør og arkitekt kan man også herhjemme opnå at de veldige industribygg gir et karakteristisk og harmonisk innslag i bybildet og i landskapet, et symbol på arbeidet og en typisk eksponent for vår egen tid."

I omtalen av bygningene i denne artikkelen nevnes arkitekt eller annen formgiver der dette er kjent, men som vi er inne på foran, er det nok i mange tilfeller ingeniører eller utstyrsleverandører som har stått for funksjonsplanene, mens arkitekter kun har utformet fasadene. I andre tilfeller har det vært nære samarbeid mellom ingeniører og arkitekter. For mange av stasjonene, spesielt de mer anonyme i etterkrigstiden, må vi regne med at ingeniører også står bak den ytre formen.

2) Poulsen, i *Byggekunst* nr. 6, 1930



Eksempel på nøktern arkitektur: Skogmo transformatorstasjon i Overhalla i Nord-Trøndelag ble oppført like før andre verdenskrig og satt i drift i 1945. Bygningen i betong er senere platekledd. Foto: Sissel Riibe, NVE



Røra transformatorstasjon i Nord-Trøndelag er eksempel på en stasjonsbygning med kontorfløy. Foto: Sissel Riibe, NVE

Byggeoppgaven

”Produksjonsprosessen” i en transformatorstasjon, der elektrisiteten er ”varen” som foredles og leveres, legger føringer for hvordan de tekniske installasjonene plasseres i forhold til hverandre. Dette påvirker igjen utformingen av bygningen:

I en transformatorstasjon er celler for transformator(e) det sentrale elementet, med tilhørende verksted og traverskran for løft av transformatoren. Transformatorene er plassert i celler inne i stasjonsbygningen eller i utendørsanlegg, ofte delvis innebygde og inntil bygningen – en løsning som også gjerne brukes ved utvidelse av kapasiteten i eksisterende stasjoner. I tillegg kommer koblingsanlegg og ledningssjakter, samt ventilasjonssystemer for å lede bort varmen som utvikles. Det tekniske anlegget i en transformatorstasjon overvåkes og styres tradisjonelt fra et sentralt kontrollrom, også kalt ”brettet” som i kraftstasjoner, med betjeningsorganer og store målertavler. Styring via datamaskin har for lengst avløst det tradisjonelle, bemannede kontrollrommet. For så vidt har transformatorstasjonen mye til felles med apparatet i en kraftstasjon.

En transformatorbygning kan i tillegg ha kontorer og betjeningsrom. I etterkrigstiden, og så lenge det er tale om betjente stasjoner, har det kommet til ulike sosiale rom. Noen stasjoner er også blitt bygget med leiligheter eller boliger ved siden av. I de senere tiårene har transformatorstasjoner ofte blitt bygget for fjernstyring, uten kontinuerlig bemanning.

Sammenlignet med kraftstasjoner foregår det meste av virksomheten i lukkede rom, slik at transformatorstasjonene gjerne får et lukket preg. I motsetning til kraftstasjoner har en transformatorstasjon ingen stor, åpen maskinsal. Utformingen av bygningen vil i noen grad også være avhengig av hvordan elektrisiteten føres inn og ut – med luftledninger eller i jordkabler. For luftledninger vil utformingen variere etter om inntaket er i veggen, eller går via tårn eller ”bukke” over tak.

Tilpasning av til dels store, industrielt pregede transformatorbygninger til landskap og bygningsmiljø byr også på ulike utfordringer, enten det er i sentralt byområde, småhusbebyggelse, landsbygd eller utmark – og til topografien, om det er flatt eller bratt.

Arkitekt Hans Dedekam Fürst har i presentasjonen av sin Sandvika transformatorstasjon, som har en nøktern monumentalitet og er typisk for 1950-tallet, noen synspunkter på arkitektoppgaven:

”Bygningen utgjør en liten del av omkostningene ved en transformatorstasjon. Derfor ser vi ofte at det brukes teak, glassblokker, edelpuss og mange fine materialer, og i eldre stasjoner staselige renessansedetaljer. Arkitektonisk sett er kanskje noe av det vanskeligste at man på en måte står for fritt. Vinduene til koblingssalene kan man for eksempel nær sagt sette hvor som helst, gjøre dem store eller små eller helt sløyfe dem. De statiske konstruksjoner er like lite som i en kirke noen hovedsak. Selv om oppgavene er bundet av de tekniske anlegg, blir det likevel et stort spillerom, så store at en nesten får følelsen av å skulle utforme et monument.”³

I det følgende vil vi presentere eksempler på hvordan denne oppgaven er løst gjennom alle de årene det er bygget transformatorstasjoner, -kiosker og -tårn i Norge. Hvert periodekapittel innledes med en kort omtale av hva som kjennetegner arkitekturen i den perioden. I denne artikkelen har vi valgt å vise flest bilder og tegninger av stasjoner som ikke er presentert un-

.....
3) Fürst: Byggekunst 1956, tillegget s. 20

der Del 3. Utvalgte anlegg. Transformatorstasjonene som er omtalt der er godt illustrert i de enkelte anleggsprezentasjonene. Vi har også med bilder av mange nettstasjoner i distribusjonsnett, med andre ord transformatorstasjon og -tårn. Disse er hovedsakelig samlet i en egen kavalkade.

1900–1920: Gjennombruddsfase med mangfold i stil

De første par tiårene av det 20. århundre var kraftutbyggingens gjennombruddsfase i Norge, det var da de fleste byer og tettsteder og mange bygder fikk elektrisk strøm. Helt nye industristeder av betydelig størrelse ble etablert, med produksjonsprosesser basert på elektrisk kraft. Boken *Kulturminner i norsk kraftproduksjon* viser hvordan kraftstasjonenes arkitektur gjenspeiler den høye prestisjen og de store investeringene som var knyttet til den nye teknologien. Det vil være naturlig om dette også gjaldt transformatoranleggene, ikke minst der disse ble lokalisert i bymessige strøk og dermed fikk en helt annen synlighet for det store publikum enn de oftest avsidesliggende kraftstasjonene. Det bør i tilfelle kunne avleses i så vel valg av stil og materialer, dekor og symbolbruk som i de assosiasjoner til prestisjetunge bygningstyper som arkitektene i noen tilfeller spilte på. Perioden viser betydelige stilendringer i arkitekturen, til dels med flere stilarter side om side. Det kan være naturlig å inndele perioden etter stilhistoriske kriterier.

Arkitekt Olaf Nordhagen (1883–1925)



Olaf Nordhagen var utdannet bygningsingeniør før han ble arkitekt. I 1908 vant han konkurransen om fullførelsen av Nidarosdomen, og han var domkirkearkitekt fra 1909 til sin død. I årene 1909–1921 tegnet han de praktfulle kraftstasjonene Vemork, Såheim og Årlifoss i Telemark, Follafoss i Nord-Trøndelag og Glomfjord i Nordland. Transformatorstasjonene han tegnet omtales i denne boken.



Ankerløkken sekundærstasjon i Oslo fra 1900 er tegnet av arkitekt Ingvar O. Hjort. Teglfasaden mot Jakobs kirke har dekorative bånd over stikkbuede vinduer. Foto: Henning Weyergang-Nielsen, NVE

Relieff med byvåpenet i fasaden mot Jakobs kirke. Foto: Henning Weyergang-Nielsen, NVE

Nyromansk industriarkitektur

Den nyromanske stilen hadde dominert industriarkitekturen i siste del av 1800-tallet, og var fortsatt i bruk frem mot første verdenskrig. Byggematerialet var tegl, gjerne rød, upusset, og karakterisert ved runde vindusbuer ("rundbuestil") eller de noe slakere stikkbuer. Stilen, materialet og dekorelementene kunne lett tilpasses ulike formål og størrelser, og ble brukt ved flere tidlige kraftstasjoner og transformatorstasjoner.

Et tidlig og viktig eksempel er fra 1900: Ankerløkken sekundærstasjon, første byggetrinn av transformatorkomplekset ved Hausmannsgate i Oslo sentrum. Bygningen ble oppført

ved siden av Jakobs kirke, og tilknyttet kommunens kraftstasjon Hammeren i Maridalen. Begge anleggene ble tegnet av arkitekt Ingvar O. Hjorth. I motsetning til Hammerens nesten pre-funksjonalistiske enkelhet, viser Ankerløkken alle tegn på prestisje. Det er brukt glasert rød tegl, med innslag av sort som danner dekorative bånd over de stikkbuede vinduene. Midt på fasaden mot kirken er det et stort relieff med byvåpenet, omgitt av en dekorativ ramme. Den slake buen over er et element fra jugendstilen. Også interiøret hadde høy standard, blant annet med hvite fliser.

I 1901 ble et større bygningskompleks oppført på Hospitalsløkkan 20a for Trondhjems Elektrisitetsverk og Spor-

vei, med blant annet sporveiens nå nedlagte omformerstasjon. Hovedfasaden er her, som til den samtidige Øvre Leirfoss kraftstasjon, i rød tegl med hvite dekorinnslag, men i mindre format. Arkitekt for Hospitalsløkkan – i utkanten av trehusbyen – var Alf Hofflund, kompanjongen til Gabriel Kielland, som tegnet Øvre Leirfoss.

Utenfor Oslos daværende bygrense ble det i 1903 oppført en serie mindre og enklere transformatorstasjoner tilknyttet overføringen fra Kykkelsrud i Østfold, som Lambertseter, Bryn, Tonsen, Riis og Lilleaker. Disse ble utført i pusset mur, med dekordetaljer i pusen. Det er ikke kjent hvem som har utformet bygningene, men tegninge-



Den første transformatorstasjonen i Stavanger by ble oppført ved Mosvatnet i 1909. Bygningen ble senere forlenget i samme stil, og den lave fløyen med bolig for vaktmann ble oppført i 1913. Foto: Sissel Riibe, NVE

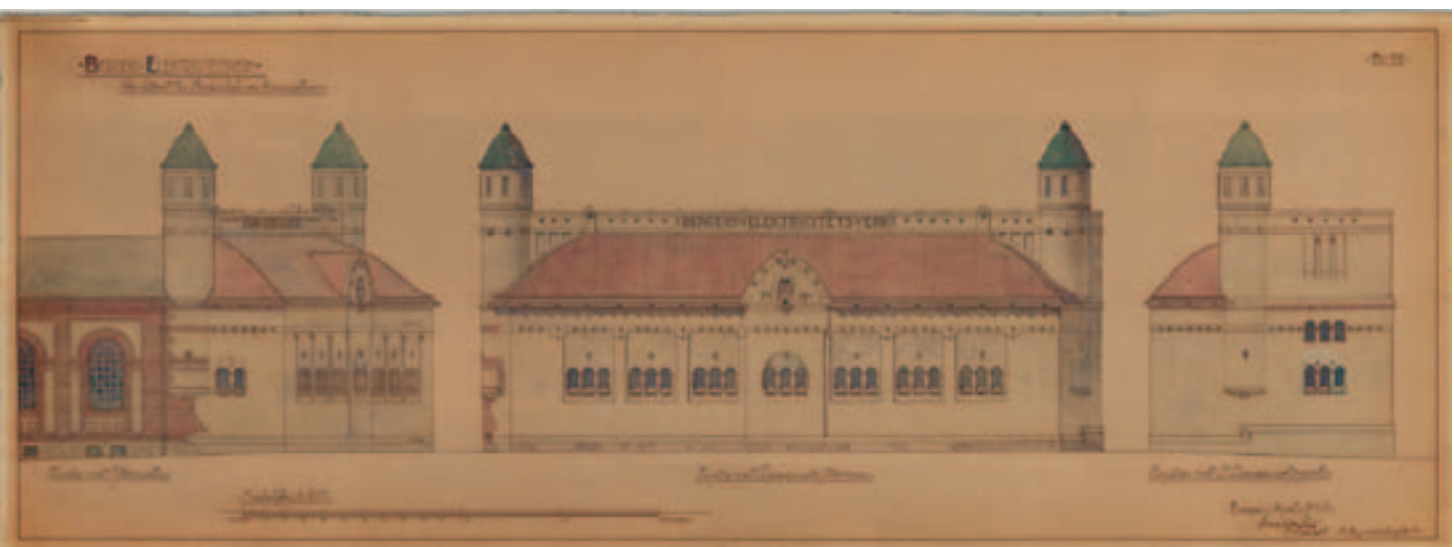
ne kan ha blitt utført av tyske arkitekter i det tyske elektrofirmaet Schuckert & Co, som var ansvarlig for utbyggingen av Kykkelsrud. Noen elementer derfra går igjen på de nevnte stasjonene. Av disse står kun Bryn i dag, som en bibygning til en nyere stasjon.

Mer selvstendig i forhold til denne tradisjonen står den ruvende transformatorstasjonen ved Mosvatnet i Stavanger. Byens elektrisitetsverk bygget

den i 1909, samtidig med kraftstasjonen i Oltedal. Begge var tegnet av stadskonduktør Michael Eckhoff. De to bygningene har likhetstrekk, med rundbuede vinduer og de pussede fasadene inndelt av lisener. Transformatorstasjonen og den ene fløyen av kraftstasjonen var utført med flatt tak og opprinnelig med krenelering (oppbygging for skyteskår) av takgesimsen, som ga assosiasjoner til gammel borg. Dette siste er i behold på Mosvatnet, dog skjult bak plater.

Nyromansk middelalderromantikk

Vi har også eksempler på mer ambisiøs arkitektur som i form og detaljer gir sterke assosiasjoner til prestisjefylte bygningstyper som borger og kirker. En av disse var middelalderfantasiaen med hjørnetårn ved Lille Lungegårdsvann, tegnet av arkitekt Einar Oscar Schou i 1912 som omformerstasjon for likestrømsnettets innen Bergen by. Bygningen ble revet på 1950-tallet.



Arkitekt Einar Oscar Schous akvarell fra 1911 av Bergen omformerstasjon, revet på 1950-tallet. Arkivet etter arkitekt Einar Oscar Schou, Bergen Byarkiv, BBA-2107



Hauen transformatorstasjon i Skien er tegnet av arkitekt Olaf Nordhagen og satt i drift i 1915. Den høyreiste bygningen har mange påkostede detaljer. Foto: Ivar E. Stav



Riis er en av transformatorstasjonene som ble satt opp langs Kykelsrudledningen i 1903. I 1918 ble bygningen utvidet og endret etter tegninger av arkitekt Thorvald Astrup. Slik så den ut i 1936. Ukjent fotograf. Fra arkivet etter Oslo Lysverker / Oslo byarkiv

Hauen transformatorstasjon i Skien ble reist omkring 1915 for Skiensfjordens kommunale kraftselskap (SKK) i forbindelse med utbyggingen av Årlifoss kraftstasjon (nå revet) ved Tinnelva. De var begge tegnet av domkirkearkitekt Olaf Nordhagen, og likheten mellom Hauen og apparathuset på Årlifoss er påtagelig. Hauen er kanskje den arkitektonisk mest ambisiøse transformatorstasjonen i landet. Den høyreiste, kompakte, lukkede bygningskroppen med små vinduer gir

stasjonen et tydelig borgpreg. Bygningen har påkostede detaljer, som en frise (ornamentbelte) av blindbuer med utragende murverk høyt oppe på fasadene, natursteinskledning av hjørnene, og særtrekk som en loggia (åpen søylegang) over porten til transformatorrommet. Det fine kontrollrommet har takhvelv. Den eldste hovedbygningen på Hauen er ikke lenger i teknisk drift, men står bygningsmessig uendret, med unntak av et garasjetilbygg langs hele østsiden.



Denne transformatorstasjonen med borgpreg står i Horten og er fra 1912. Foto: Henning Weyergang-Nielsen, NVE

De klareste referansene til kirkearkitektur finner vi i Riis transformatorstasjon, et resultat av arkitekt Thorvald Astrups utvidelse og endringer i 1918. Han bygget til en tverrfløy, med et høyt tårn der de to fløyene møttes – førsteinntrykket gir assosiasjoner til en korskirke. De parvise rundbuevinduene er fint gruppert, avdelt av søyler med halvkuledekorerte kapiteler oppunder øvre konstruksjoner. Murverket er slemmet. Fine smijernsarbeider finnes så vel i interiøret som i eksteriøret. På vestfasaden står en minneplate med årstallene 1904 og 1912. På den andre siden av Holmenkollbanen var Riis kirke ferdig vel ti år senere, også den med nyromanske trekk. Samspillet mellom nabobyg-

ningene, ”kraftkatedralen” og kirken er helt spesielt. Utskifting av den elektriske utrustningen har medført at store deler av stasjonen nå står tom. Noe av den opprinnelige, kirkeaktige monumentaliteten er redusert ved senere tilbygg, som utvendige transformatorceller allerede i 1935. Men Riis transformatorstasjon står fortsatt som en av våre mest særpregede.

Av andre eksempler tar vi med tre mer nøkterne bygninger med borgpreg. Stasjonen i Horten fra 1912 ble bygget i upusset tegl med borgaktig tårn og dominerende plassering i åsen bak byen. Den er senere bygget om, men fortsatt i drift. De to andre eksemplene har begge tilløp til krenelering: Eydehavn transformatorstasjon (nå retev) var bindeleddet mellom Bøylefoss kraftstasjon og Eydehavn smelteverk, i beslektet utforming. Litt mer dekor har Norsk Hydros tidligere stasjon i Sam Eydes gate 40 på Notodden fra 1915 (nå kontor), tegnet av ingeniører ved Svælgfoss kraftstasjon som trolig var inspirert av sin arbeidsplass.

Jugend og nybarokk

Jugendstilen hadde sin korte blomstringstid fra århundreskiftet frem mot 1914, og var et forsøk på å skape en ny arkitektur, frigjort fra gamle forbilder. Den karakteriseres gjerne av mykt avrundede former og ornamenter – som svungne planter, eller i strengere, geometriske mønstre. En slak bueform gikk ofte igjen. Stilen er mindre egnet for den nyttearkitektur vi behandler her. Vi finner den gjerne kun som dekorative detaljer på ellers nøkterne bygninger, som i vindusinn- delingen i arkitekt Ingvar O. Hjorths kraftige tårnbygning fra 1917 i andre byggetrinn ved Ankerløkken i Oslo.

Nybarokken er kjennetegnet ved kraftig, enkel og avrundet hovedform, samt ornamenter, med forbilder i barokken på 1600–1700-tallet. Nybarokken fikk et siste oppsving under første verdenskrig. Den mektige Såheim kraftstasjon, integrert med salpeterfabrikken på Rjukan, ble tegnet av arkitektene Olaf Nordhagen og Thorvald Astrup i 1913, og er kroneeksemplet på denne stilen innenfor ”elektroarkitekturen”. Vi ser elementer av



Andre byggetrinn ved Ankerløkken understasjon i Oslo er fra 1917 og har jugend- detaljer i fasadene. Det er i likhet med første byggetrinn fra 1900 tegnet av Ingvar O. Hjorth. Slik så stasjonen ut i 1942. Ukjent fotograf. Fra arkivet etter Oslo Lysverker / Oslo byarkiv



Den monumentale Solheim transformatorstasjon fra rundt 1915 i Bergen er tegnet av arkitekt Sigurd Lunde. Foto: Henning Weyergang-Nielsen, NVE

denne stilen i detaljer på for eksempel Tøyen transformatorstasjon som omtales nedenfor, og i utformingen av takhettene på mange av periodens transformatorkiosker. To nedlagte stasjoner kan nevnes spesielt:

Trondhjem Elektrisitetsverks (TEV) lille fordelingsstasjon Paulinelund 1, ved foten av Høyskoleparken, ser nærmest ut som en villa, og inneholdt da også bolig i andre etasje. Arkitekt Axel Gul-dahl tegnet den i 1909 med en stor segmentgavl på hovedfasaden mot Klæbuveien. Bygningen er ellers pre-

get av kraftig rustisering av første etasje, og en jugendaktig TEV-logo med lyndekor over inngangsdørene.

I 1906 tegnet arkitekt Ole Sverre en mindre transformatorstasjon oppført på Prins Christian Augusts plass i daværende utkant av byen Moss. Bygningen ble oppført med halvvalmet tak, en vanlig takform i Østfold på 1800-tallet. Kortfasaden mot vest er representativ, med girlander, årstall og byvåpen over den store porten. Alle hjørnene er markert med pusskvader.



I Trondheim er en av byens jernkiosker bevart og flyttet til Sverresborg museum. Foto: Ivar E. Stav

Ved flere av de større transformatorstasjonene fra tiåret etter 1910 kan det være vanskelig å definere stilen. Det virker som arkitektene har søkt å finne nøkterne uttrykk for bygningenes nyttefunksjon, og så har "hengt på" detaljer hentet fra ulike stilreferoarer. To av disse – Solheim i Bergen og Tøyen i Oslo – er fra rundt 1915, med pussede eller slemmede fasader og rektangulære vinduer helt ut i vegglivet.

Bergen Lysverkers utbygging av Frøland kraftverk i Samnanger medførte at arkitekt Sigurd Lunde også fikk oppgaven med å tegne Solheim transformatorstasjon i byens sydlige utkant, ved foten av en skråning og med en kirkegård som nær nabo. Bygningen – som ble forlenget i 1924 – har jugendpregede dekorelementer som gjentatte rektangulære felter med tette bølgemønstre i pussen og sterkt stiliserte dyre- eller fuglemasker over vinduene. Mest iøynefallende er det store byvåpenet på den enkle, men monumentale hovedfasaden ut mot Fjøsangerveien – en monumentalitet som er

reduert ved et tilbygg fra etterkrigstiden. Med mindre arealbehov for transformatorfunksjonen er deler av bygget i senere år tatt i bruk til andre formål, blant annet som kantine for Bergenshalvøens Kommunale Kraftselskap.

Arkitekt Thorvald Astrup tegnet Tøyen transformatorstasjon i 1917, en stasjon med dominerende plassering på toppen av åsen ovenfor Tøyen, med fri sikt over hele Oslo og fjorden. Bygningen har vinkelformet grunnplan, og er utvidet i flere trinn, i samme stil og uten særlig detaljering, men med massiv materialvirkning. Karnappet på gavlveggen mot byen, og den kobberkleddede hetta på tårnet i bakkant, minner om nybarokke detaljer på tidens kraftstasjoner. Etter at bygningen gikk ut av drift er den blitt et syddende kulturhus med mange aktiviteter.

Transformatorkiosker og -tårn i byene

Innføringen av elektrisiteten som ny infrastruktur i byene, særlig i sentrale og tettbygde strøk, stilte særlige utfor-

dringer. Løsningen ble gjerne "masseproduserte" transformatorstårn utført i jern, med den elektriske utrustningen organisert etasjevís. Slik oppnådde man kort byggetid, sparte byggegrunn og fikk muligheter for fleksible innpasninger. Mindre varianter, med spir for innføring av luftledninger, er kjent fra Sarpsborg, Fredrikstad, Moss, Kragerø og Tromsø.

Større, sirkulære kiosker ble oppført for jordkabel i Oslo, Kristiansand, Drammen, Trondheim og Sarpsborg, mens Fredrikstad hadde en med inntakstårn for luftledning. Dekoren var gjerne sparsom, kanskje begrenset til en vulst, en tykkere ring, på midten, som kunne indikere skillet mellom høyspent- og lavspendel. Drammen forlot sin versjon relativt tidlig fordi den var teknisk lite tilfredsstillende, mens de siste i Trondheim først ble faset ut på 1970-tallet. I 1927 hadde Trondheim 88 jernkiosker, inkludert en nyere, større type med kvadratisk grunnflate og klokkeaktig, nybarokk hette. Begge typene ble tegnet av arkitekt Peter O. Digre.



På Garborg, like ved barndomshjemmet til dikteren Arne Garborg, står dette transformatorstårnet fra rundt 1920 i et vakkert og karakteristisk jærlandskap. Det er nylig restaurert av dagens eier Lyse Energi. Foto: Sissel Riibe, NVE

I Oslo var behovet for estetisk akseptabel utforming for bymiljøet så viktig at det ble utlyst arkitektkonkurranse, trolig den eneste for transformatorbygninger overhodet. Arkitekt Erik Glosimodt vant konkurransen og fikk to av sine typer oppført, men de er nå borte. I Oslo tok man også i bruk en mer radikal løsning: underjordiske stasjoner der bare små nedstignings-tårn var synlige. De eldste har stiltrekk fra jugend og nybarokk. Flere slike er fortsatt i bruk på byens vestkant.

Ordinære kiosker i mur finnes det flere av i fortsatt bruk. Arkitekt Schou tegnet i 1912 en serie på seks kiosker i Sandviken i Bergen, fem beslektede med valm- eller pyramidetak og én med mansardtak. Den siste var tilpasset boligbebyggelsen i "Typebyen", som typografenes boligområde ble kalt. En "kapell"-variant ligger mellom Borregaards direktørboliger utenfor Kulåsparken i Sarpsborg. Den er fra 1919, prydet med granittdekor over inngangsdøren, og ble tegnet av Kr. Pettersen, som ledet byens kraftsel-

skap. Opprinnelig ble den forsynt fra luftspenn via et "metallspir". I Trondheim tegnet Peter O. Digre i 1916 en liten kiosk for Brattørparken, med fine detaljer i jern, pusset og upusset mur med skifertekket tak og ovalt vindu. For strømforsyningen til hevemekanismen i den spesielle Skansen jernbanebru i samme by, tegnet arkitekt Johan Osness i 1918 en kiosk med platekledd mansardtak. Kiosken inngår i fredningen av brua som et av jernbanens kulturminner.

Transformatortårn på landet

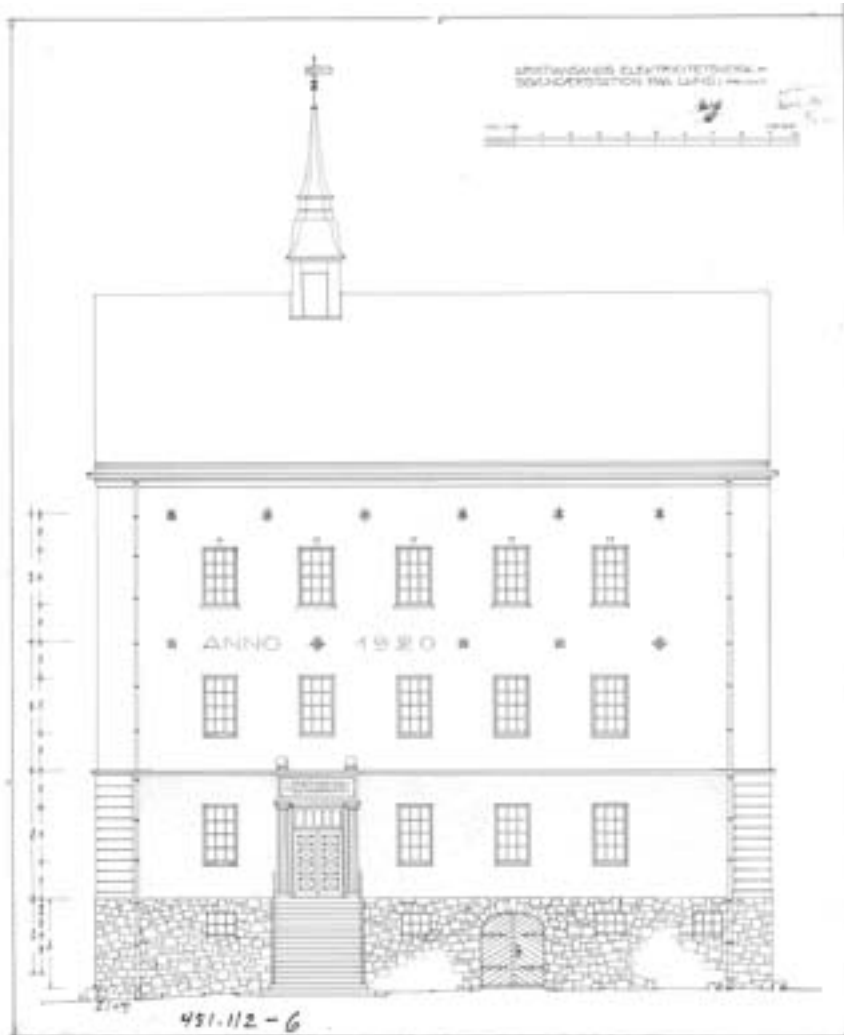
Transformatortårn finner vi flere eksemplere på både i Norge og andre steder, for eksempel i Danmark, som blant annet en dokumentasjon fra Skive viser⁴. På Jæren ble det bygget mange høye tårn fra rundt 1920, og flere er bevart og fortsatt i drift. Bygningene fremstår som tydelige skulpturer i det flate jærlandskapet. I Time på Jæren er fire mursteinstårn med bratte tegltak med i kommunens kulturminneplan.

.....
4) Andersen 1996

Arkitekt Carl Johannesen Moe tegnet i 1917 et tårn med middelaldersk kirkepreg i Bøckmanns vei i nåværende Trondheim for Fjæremsfossen kommunale kraftselskap. I Feierbakken i kyststedet Son ved Oslofjorden finnes et lignende tårn, der et lavere tilbygg fungerer visuelt som "skip" og forsterker kirkeassosiasjonen.

Transformatortårnet i Brevik sør for Porsgrunn er trolig enestående i sitt slag, både i kraft av sin størrelse og fine detaljering, med blindbuer og et "rosevindu" i jern, og så vel borg- som kirkepreg. Det ligger nær å trekke en parallell til Hauen transformatorstasjon, og dermed også gamle Årlifoss kraftstasjon.

Noen transformatortårn ble også bygget helt i tre. Det mest særpregede hadde stavkirkenes klokkestøpul – frittstående klokketårn – som forblide, og var tegnet av arkitekt Peter O. Digre rundt 1913, tilpasset de nærliggende dragestilbygningene på Fjellseter sanatorium i Trondheims bymark. Tårnet er for lengst borte.



Thorvald Hauffs tegning fra 1920 av hovedfasaden på Lund sekundærstasjon. Takrytteren ble ikke realisert. Fra Agder Energi Nett AS

1920-tallet: Nyklassisme og samkjøring

I 1920-årene vendte arkitektene igjen tilbake til den greske og romerske antikkens forbilder. Tempelgavler og klassiske søyler kom tilbake. Mot slutten av perioden ble disse direkte etterligningene svekket og stilen forenklet – i en forventning om den kommende funksjonalismen?

Tiåret innledes med to transformatorstasjoner, Lund i Kristiansand og Neset i Moss, begge fra 1920 og med samme hovedform. Lund er signert arkitekt Thorvald Hauff. Stasjonen er oppført i tre etasjer på en høy natursteinsokkel, med en monumental trapp som fører opp til den fint detaljerte hovedinngangen. I Moss var Thorvald Astrup arkitekt for Glommens Træsliberi. Sørfasaden på den toetasjes bygningen inndeles av forsiktig dimensjonerte pilastre, veggpilarer, med antydning til basis og kapitel. Vestfasaden er senere noe endret, og mot nord er det bygget til transformatorceller. Ikke langt unna, i Såner i Vestby, finnes en "lillebror". Begge har fellestrekk med Rånåsfoss kraftstasjon, som Astrup tegnet i 1919. Stasjonen i Moss har for øvrig et senere byggetrinn av samme arkitektfirma, slik at 1920- og 1950-tallsarkitektur kan sammenlignes.

I Nord-Trøndelag tegnet Olaf Nordhagen tre transformatorstasjoner – i Namsos, Steinkjer og Åsen – for det nyetablerte fylkesverket. Bygningene hadde fellestrekk med, og var tilknyttet, hans siste kraftstasjon, Follafoss. Transformatorstasjonene ble satt i drift samtidig med kraftstasjonen, i 1923. De tre stasjonene var temmelig like, og besto av to etterstilte bygningsvolumer med kraftige endegavler, samt gallerier ved inntaket for luftledningene. Stasjonene i Namsos og Åsen eksisterer fortsatt, men senere års renovering har redusert bygningenes opprinnelige ytre preg.

Kastellet transformatorstasjon, tegnet av arkitektene Carl og Jørgen Berner i 1925, ligger i et villaområde på Nordstrand i Oslo. Den er utført i pusset mur og har markerte gavler på hovedbygningen og sørflyøyen. Hjørnene er markert med kraftige pilastre (vegg-

Arkitekt Thorvald Astrup (1876–1940)



I 1901 startet Thorvald Astrup egen arkitektpraksis i hovedstaden, og han etablerte seg raskt som en ledende industriarkitekt. Han tegnet mange bygninger, som første byggetrinn av kraftstasjonen i Tysedal og monumentale anlegg på Rjukan, Vemork, Notodden, Herøya og i Porsgrunn. I 1934 startet han og sønnen Henning (1904–1993) firmaet Thorvald og Henning Astrup. En slektning, Knut Astrup (1925–1992), gikk inn i firmaet i 1951. Kontorets transformatorstasjoner fra en periode på over

50 år omtales i denne boken. Firmaet heter nå Arkitektene Astrup og Hellern, og virksomheten er konsentrert om industri- og næringsbygg.



Glommens Træsliberis transformatorstasjon fra 1920 på Nesset i Moss ble tegnet av Thorvald Astrup. På 1950-tallet ble stasjonen utvidet med bygningen til høyre som ble tegnet av arkitektkontoret Thv. & Henning Astrup og Eivind Hellern. Foto: Henning Weyergang-Nielsen, NVE



Den nyklassisistiske Kastellet transformatorstasjon i Oslo er tegnet i 1925 av arkitektene Carl og Jørgen Berner. Foto: Sissel Riibe, NVE



Skøyen transformatorstasjon i Oslo er tegnet av arkitekt Thorvald Astrup og ble satt i drift i 1922.
Foto: Henning Weyergang-Nielsen, NVE

pilarer), og på taket er det tre store ventilasjonshus. Den har en del fine dekordetaljer. Smijernslyktene på utsiden er trolig de opprinnelige. Stasjonen er kanskje det mest typiske eksemplet vi har på 1920-tallsklassisisme. På baksiden er første etasje utvidet for transformatorene. Senere endringer omfatter en nordfløy tegnet av Byarkitekten i 1962, med enklere detaljering, og overgang til jordkabler da Kastellet barneskole skulle oppføres på nabotomten.

I utkanten av "steinbyen" i Oslo tegnet Thorvald Astrup tre representative transformatorstasjoner. De to store, identiske stasjonene på Torshov og Skøyen har palasspreg. Karakteristiske trekk er halvsirkulære vinduer (lunettevinduer) og rustisering, samt sirkulært trappetårn. Torshov-bygningen er tatt i bruk til boligformål, mens den på Skøyen skal få nye funksjoner. Den tredje, på Ullevål, er mindre og har preg av murvilla i empirestil, med edelpusset tegl, valmet tak og påkostede detaljer. Den er nå "kontorisert". Omtrent på samme tid tegnet Astrup også en stasjon i Hamar: Børstad transformatorstasjon fra 1924 har likhetstrekk med bygningene på Torshov og Skøyen, men var i utgangspunktet noe mindre. I 1948 tegnet Hamar-arkitekten Rolf Prag en større utvidelse av



Moholt transformatorstasjon i Trondheim ble tegnet i 1924 av arkitekt Theodor Brekke. Her ser vi stasjonen mens den fortsatt lå i landlige omgivelser på det som ble kalt Snau-Strinda. Foto: Trondheim Energiverk

Børstad, med samme gesimshøyde og kraftig rustisering som i den gamle stasjonsbygningen. Smale, vertikale vindusbånd i de slett pussede veggene gir en velbalansert kontrast.

Moholt transformatorstasjon i Trondheim ble tegnet i 1924 for Trondhjem Elektrisitetsverk av arkitekt Theodor Brekke, som også var ansvarlig for den samtidige, men temmelig ulike Hyttefossen kraftstasjon i Klæbu. Ledningene derfra går inn i stasjonen via et gal-

leri på sørveggen. Den toetasjes bygningskroppen er avtrappet i tre fløyer: hovedfløyen med transformatorene, en fløy for verksted og kontrollrom, og en fløy for 6,6 kV-anlegget. Vinduene er dels rundbuede, dels rektangulære. Hovedfløyen ble utvidet østover på 1960-tallet av arkitektene Arnstad og Heggenhougen, i samme formspråk, men med enklere detaljering. Stasjonen med frittliggende maskinistbolig ble oppført på flat mark i et daværende landbruksområde.



Hodnedal transformatorstasjon ved Mandal ble tegnet av arkitekt Chr. W. Heiberg i 1922. Foto: Ivar E. Stav

Paulinelund 2 er en langstrakt fordelingsstasjon langs Klæbuveien i Trondheim. Bygningen ble tegnet av arkitekt Hagbarth Schytte-Berg i 1925. Den er utført i upusset mørk tegl,

med enkle ornamenter i murverket, og en monumental trapp på baksiden. Det valmede taket er utstyrt med sentral takrytter, et lite tårn over mønet, og spir. På nordsiden står arkitekt

Heggenhougens 40 år nyere tilbygg – uten tilpasning til det eldre.

Det valmede taket går igjen på mange av 1920-tallets transformatorstasjoner, som de relativt nøkterne Ravneberget i Bergen fra 1927 og Nørve utenfor Ålesund fra 1923. Hodnedal stasjon ved Mandal er mer påkostet, med store deler av utsiden kledd med naturstein, et fellestrekk den har med maskinhuset på Tryland kraftstasjon som leverte strømmen. Begge stasjonene ble tegnet i 1922 av arkitekt Chr. W. Heiberg.

Sandviken sekundærstasjon i Bergen har et sterkt særpreg, der den ligger i bratt natur- og parkterreng langs Fjellveien. Den er fra 1928 og tegnet av bergensarkitekten Ole Landmark. Stasjonen er utført i pusset mur, opprinnelig med tre rundbuede transformatorporter. Over den nordligste porten finner vi byvåpenets borgtårn i rundskulptur. Bygningen har en kraftig, detaljert gesims over første etasje, et likhetstrekk med bebyggelsen som på denne tiden ble oppført på Torgallmenningen. Stasjonen er senere



Den særpregede Sandviken transformatorstasjon i Bergen er fra 1928 og tegnet av arkitekt Ole Landmark. Foto: Ivar E. Stav



Skollenborg transformatorstasjon er et stilrent eksempel på 1920-tallets nyklassisisme. Tegnet av Gudmund Hoel ved NSBs arkitektkontor. Hovedbygningen ble satt i drift i 1929 og det lavere tilbygget til høyre i 1956.
Foto: Henning Weyergang-Nielsen, NVE



Kiosk 21 Gassverket i Kristiansund er fra 1920. Foto: Rune Aasgaard

betydelig utvidet sørover, vesentlig i nyere stil.

På 1920-tallet begynte elektrifiseringen av NSBs jernbanestrekninger, og det tilsa bygging av nye transformatorstasjoner. Den i Asker har preg av en teglborg fra det foregående tiåret. Etter utfasingen har bygningen fått ny funksjon som Galleri Trafo, og de høyloftede rommene egner seg godt til utstillinger. Skollenborg transformatorstasjon ble bygget i 1929 til strekningen Drammen–Kongsberg. Den var tegnet av NSBs arkitektkontor ved Gudmund Hoel. Stasjonen ble fredet i 1997, og Riksantikvaren bemerket i den forbindelse at dette var en type anlegg som til nå bare i liten grad er sikret gjennom kulturminneloven. Arkitektonisk representerer Skollenborg den sene perioden av nyklassisismen, der etterligningene fra antikken er tonet ned til fordel for stramme geometriske former. Andre transformatorstasjoner som ble bygget for samme formål, men vesentlig enklere i utformingen, var en på Alnabru i Oslo, samt de to nesten like stasjonene i Narvik og på Katterat, bygget til elektrifiseringen av Ofotbanen i 1923. Disse tre var også tegnet av NSBs arkitektkontor.

Første byggetrinn på Smestad transformatorstasjon i Oslo ble gjennomført i 1922 for å ta i mot kraft fra Rjukan. Arkitektene Carl og Jørgen Berner tegnet både første og andre byggetrinn, med en utforming som kan minne om en forstørret utgave av Skollenborg transformatorstasjon. Andre byggetrinn kom i 1928, samtidig med Flesaker transformatorstasjon utenfor Vestfossen i Buskerud. Begge disse var ledd i overføringen av statskraften fra Nore I. Arkitekt Chr. W. Heibergs navn er også knyttet til første byggetrinn av stasjonen på Flesaker, som senere er forlenget flere ganger. Annet byggetrinn er tegnet på 1950-tallet av arkitekt Hans Grinde, og det tredje tidlig i 1960-årene av Grinde og Helge Abrahamsen. Fjerde byggetrinn er et mindre tilbygg oppført tidlig i 1980-årene.

Transformatorkiosker

I Kristiansund er det fortsatt i drift to typer transformatorkiosker fra 1920,

da byen fikk elektrisitetsforsyning. Den ene typen har valmet tak og liten takrytter, som Kiosk 21 Gassverket – med originale detaljer. Den andre typen har høyt saltak av hensyn til luftledningene, som Kiosk 8 Grunden. I Sarpsborg ble det i 1921 oppført to sekskantede kiosker, med høy sentral ventilator, kronet av en nybarokk hette. Tegningene var utført av byingeniør Engelsen. Den ene står utenfor Borgarsyssel Museum. Sammen med den tidligere omtalte ”kapellkiosken” ved Kulåsparken inngår de i kommunens kulturminneplan.

I Holmestrandgata på Bjølsen i Oslo er det integrert en transformatorstasjon i muren som forbinder to leiegårder. Inn mot gårdsrommet er taket forlenget, båret av søyler. Den lille ”tempelhallen” gir et uterom for beboerne. Den mest typiske tempelkiosken av alle må være den som Aker Elektrisitetsverk bygget i Borgenveien, åpenbart tilpasset villaområdet på Vinderen, Oslo vest. Kiosken fremstår som en miniatyr av Kastellet transformatorstasjon, med flankerende, buete murer og avsluttende små lyktestolper i naturstein. Assosiasjonene går til så vel mausoleum som datidens bensinstasjoner.

Arkitekt Bj. Jacobsen tegnet i årene 1926–1930 en serie kiosker for Fredrikstad Elektrisitetsverk. Den mest særpregede, en lav tårnkiosk like utenfor festningsbyen, Gamlebyen, er fortsatt i drift. Så vel denne strategiske plasseringen som den kraftige formen, med bastante hjørnelisener og yttervegger kledd med lokal granitt, gir inntrykk av et fremskutt vakttårn.

1930-tallet: Funksjonalisme og art deco

Rundt forrige århundreskifte ble det formulert ideer som la grunnlaget for en utvikling frem mot en radikalt ny arkitektur. Slagordet ”form følger funksjon” var lansert av den amerikanske arkitekten Louis Sullivan i 1896, og i 1908 kom boken *Ornament og forbrytelse* av den østerrikske arkitekten Adolf Loos. De utgjør noe av grunnlaget for den sveitsisk-franske arkitekten Le Corbusiers arbeider på



Krossen transformatorstasjon i Kristiansand ble bygget i 1933. Den kjennetegnes av funksjonalismens ”rene” arkitektur. Foto: Ivar E. Stav

1920-tallet – som fikk stor innflytelse på moderne arkitektur.

Funksjonalismen var et oppgjør med tradisjonell stilarkitektur, og samtidens industribygg ble det nye idealet. Bygningene ble preget av enkle, geometriske former, flate tak, vinduer i sammenhengende bånd, og ”ren” konstruksjon. De tekniske og estetiske

egenskapene til materialene betong, glass og stål ble søkt maksimalt utnyttet. Fasadene hadde gjerne pussede, glatte flater i hvitt. I Norden regnes funksjonalismen for å ha fått sitt gjennombrudd på Stockholmsutstillingen i 1930, men det er eksempler fra noen år tidligere. I Norge finner vi relativt få transformatorbygninger fra denne perioden, noe som har sam-

Arkitekt Christian Fredrik Arbo (1876–1951)



Christian Fredrik Arbo etablerte seg som arkitekt i sin hjemby Drammen, og ble Drammensdistriktets betydeligste arkitekt i første halvdel av 1900-tallet. Han hadde en stor produksjon av villaer, boligblokker, forretningsgårder og offentlige bygg, og tegnet også transformatorstasjoner og -kiosker.



Gamle Leiret transformatorstasjon i Elverum er fra 1939. Ytterveggene har en kombinasjon av synlig tegl og pusset overflate, og det flate taket krager langt ut fra vegglivet. Foto: Henning Weyergang-Nielsen, NVE



Rundtom fordelingsstasjon i Drammen ble tegnet i 1932 og har trekk fra art deco. Foto: Ivar E. Stav

menheng med lavkonjunktur og liten etterspørsel etter mer kraft. Noen eksempler kan likevel nevnes:

På Krossen i Kristiansand ble det bygget en ny transformatorstasjon i 1933. Stasjonen ligger i bratt skrånende terreng ned mot NSBs verkstedområde. Terrenget tilsa en spesiell byggeløsning med et separat heistårn for å få transformatorer og annet utstyr opp fra veien og til det platået der selve koblingsstasjonen ble oppført. Øverste etasje i tårnet fungerte også som verksted. Bygningen er utført i armert betong, utvendig upusset, og med vertikale vinduer. Senere ble det bygget til en liten endefløy med kontorer. Betongen i heistårnet er nå så dårlig at det vurderes riving.

Den tidstypiske Bryne sekundærstasjon i Time på Jæren ble satt i drift 1939. Bygningen har en fin komposisjon av "kuber" med flate tak og forskjellig størrelse og høyde. Stasjonen er regulert til spesialområde bevaring, og skal nå nedlegges. Gamle Leiret transformatorstasjon på Elverum er også fra 1939. Den ble i 1964 avløst av nye Leiret transformatorstasjon like ved, og brukes i dag som verksted og lager.

Det finnes noen få unntak som bekrefter hovedregelen om funksjonalistisk nøkternhet: Den lille fordelingsstasjonen på Rundtom i Drammen ble tegnet i 1932, trolig av arkitekt Christian Fredrik Arbo, og oppført i upusset tegl, med flatt tak. Det karakteristiske ved den er de dekorative detaljene: Ytterveggene er murt med fire horisontale tegllister, og øverst har bygningen et bånd av ventilasjonsåpninger dekorert med rombemønster og et forenklet snøkrystall. Inngangen har markert omramming og en dobbelt, kobberkledd dør, der sirkulære relieffer viser byvåpen og årstall. Disse trekene plasserer Rundtom som art deco, en stil som Sauda III er det eneste eksemplet på blant kraftstasjonene.

Tonsen transformatorstasjon ved Aker sykehus, opprinnelig fra 1903, ble utvidet etter tegninger av Thorvald Astrup i 1909, og av Jørgen Berner i 1928. Etter en brann i 1933 ble bygningen gjenoppført i 1934 etter tegninger av Berner, vesentlig med det samme ny-



Slike transformertårn med funksispreg står det fortsatt mange av på Jæren. Foto: Åge Andersen

klassistiske preget som den gjenstående sørvestfløyen hans fra 1928.

Transformatorkiosker

Kristiansand er typisk for utviklingen i 1930-årene. Der laget Kristiansand Elektrisitetsverk en standardisert kiosktype som ble brukt når ikke lokale forhold tilsa en annen løsning. Den var kubisk i sin form, med flatt tak. En enkel inndeling av vinduet over inngangsdøren var det eneste som kunne bryte med den absolutte

nøkternhet. I Rogaland satte tårntransformatortypen, som ble kalt "Vestavnær", et funksispreg på jærlandskapet. Den var utviklet av Hans Carlsen, som var driftsstyrer i Time Elektrisitetsverk i 1939–1962. Perioden omfatter også et eksempel på tilpasningsarkitektur: transformatorkiosken som ble innarbeidet i Ferjeportgaten 78 i Gamlebyen i Fredrikstad etter at den første brant i 1930.



Et eksempel på krigstidsfunktionalismen, senere noe ombygd, er Tangen transformatorstasjon, tegnet av arkitekt Christian Fredrik Arbo for Drammen Elektrisitetsverk. Foto: Ivar E. Stav

1940- og 1950-tallet: Krig, gjenreisning og ny nøkternhet

Arkitekturen i denne perioden er sammensatt: Funksjonalismen videreføres de første årene, men allerede i 1940 kan det spores en reaksjon mot den, og en tilbakevending til mer tradisjonell norsk arkitektur, gjerne med saltak. I en tid med generell knapphet ble også arkitekturen preget av nøkternhet. Mot slutten av perioden kom det tilløp til større dristighet.

I hovedstaden satte Oslo Lysverker opp tre transformatorstasjoner for jordkabel i utpreget urbane omgivelser: Briskeby, Hausmannsgate og Jordal. Alle hadde fasader i upusset, rød tegl, med sokkel og omramming av porter og ytterdører i granitt. Briskeby transformatorstasjon, på Oslos vestkant, ble tegnet av Byarkitekten i 1944, men fullført først etter krigen. Stasjonen har T-format grunnplan. Med dekora-



Briskeby transformatorstasjon i Oslo ble tegnet av Byarkitekten i 1944. Dette er en av de tre stasjonene for jordkabel som Oslo Lysverker satte opp på 1940-tallet. Foto: Ivar E. Stav



Den store Sogn transformatorstasjon i Oslo er tegnet av arkitektene Leif og Ernst Torp. Foto: Sissel Riibe, NVE



Salangen transformatorstasjonen fra 1960 i Troms er tegnet av arkitekt Roar Tønseth. Bygningen har beholdt sin opprinnelige form. Foto: Sissel Riibe, NVE



Elverum transformatorstasjon, Grindalsmoen, fra 1954 er utformet av sivilingeniør Ottar Birkeli. Foto: Ivar E. Stav

tive vindusfelt og smijernsarbeider foran noen av de mange vinduene, gir den et meget representativt inntrykk, med et siste snev av art deco. I dag er en vesentlig del av bygningen tatt i bruk til andre formål, blant annet som restaurant. Den opprinnelige transformatorporten mot sør er erstattet av et stort glassfelt inn til restauranten.

Transformatorkomplekset i Hausmannsgate, ved Jakobs kirke, ble i 1948 supplert med en ny stasjon ned mot Akerselva. Den er karakterisert ved flere kubiske volumer i to og fire etasjer, med flate tak, granitt i sokkelen, dekorativ teglbehandling og fem sirkulære ventilasjonstårn ut mot elva. Det kan trekkes paralleller både til Kunstnernes Hus fra 1930 og Oslo rådhus. Stasjonen ble tegnet av arkitekt Christian Astrup, og var i drift til 1996. Etter nedleggelsen er anlegget bygget om til Norsk Design- og Arkitektursenter, et arbeid som fikk Byggeskikkprisen i 2006.

Den tredje, Jordal transformatorstasjon, ble oppført på østkanten i 1949

etter Byarkitektens tegninger. De upussete ytterveggene av tegl samsvarer med den omliggende leiegårdsbyggelsen. Bortsett fra sørenden med kontorer og kontrollrom, er bygningen uten vinduer. For å bryte opp monotonien på de store fasadene, er teglsteinen lagt slik at den danner et enkelt, geometrisk mønsterbånd. På Jordalsiden er det en stor port i eik inn til transformatorrommet, også den omrammet av granitt.

Et eksempel på en transformatorstasjon med en annen karakter enn disse, er Sogn transformatorstasjon i Oslo. Den ligger på grensen til Nordmarka, og ble bygget etter tegninger datert 1947 av arkitektene Leif og Ernst Torp. Firmaet var også ansvarlig for utvidelser i 1967 og 1982. Stasjonen ble bygget for kraft fra Hol, som kom til Oslo på en omstridt trasé gjennom Nordmarka. Den opprinnelige stasjonen har T-formet grunnplan, transformatorfløyen har inndelinger for de enkelte transformatorene, og øverst et gjennomgående bånd av smale, vertikale vinduer. Den andre delen har et regulært vindus-

mønster, og er knyttet med tre broer til et frittstående trappetårn. Hele bygningen har flatt tak, og kan sees som en videreføring av funksjonalismen.

I likhet med etterkrigstidens store kraftstasjoner, er også transformatorstasjoner blitt bygget i fjell. Et eksempel er Tronsholen transformatorstasjon i Sandnes fra 1952. Den har et portalbygg i betong med vertikale vindusfelt i en ellers lukket fasade, som er fargesatt i rødt og gult. Sammen med det utkragende, flate taket er det blitt en fin komposisjon. Portalbygget er tegnet av Tor Johannessen, som da var ingeniør i Lyse Kraftverk.

Like i utkanten av byen Harstad ble Heggen transformatorstasjon satt i drift i 1960, koblet til ny overføringsledning fra Innset kraftverk. Hovedfasaden er gitt et enkelt dekorelement, ved kvadratiske felt som er vekselvis glattpusset og upusset med synlige avtrykk av forskalingsbord. Oppdelingen i flere bygningsvolumer og takflater gir god tilpasning til det bratte terrenget. Tre tidstypisk nøkterne sta-



Ballerud transformatorstasjon i Bærum er tegnet av Astrup og Hellern på slutten av 1950-tallet. Skrå vegger kledd med takshingel går også igjen på Tegneby transformatorstasjon i Vestby som arkitektkontoret tegnet omtrent på samme tid. Foto: Ivar E. Stav

sjoner knyttet til kraftutbyggingen i Midt-Troms kan også nevnes i denne sammenhengen, i henholdsvis Mestervik, Finnfjordbotn og Sjøvegan i Salangen. De var oppført i 1960 etter samme tegning av arkitekten Roar Tønseth fra Trondheim. Den i Sjøvegan står fortsatt uten vesentlige endringer.

Et fenomen fra 1950-tallet er skråstilte yttervegger. Av transformatorstasjoner har vi tre eksempler med vegger som skrår innover. Én er Elverum transformatorstasjon, Grindalsmoen, på en skogflate ved Rørosbanen og riksveg 3. Den ble satt i drift i 1954, med sivilingeniør Ottar Birkeli som ansvarlig for utformingen. Platekledningen på utsiden er av nyere dato. To av Astrup og Hellerns stasjoner i Akershus fra slutten av 1950-årene kombinerer denne formen med et dristigere og mer individuelt og modernistisk uttrykk som bryter med etterkrigstidens nøkternhet: Ballerud

transformatorstasjon i Bærum og Tegneby transformatorstasjon i Vestby. Stasjonen på Ballerud har skrånende hovedfasade, delvis kledd med takshingel. Taket er formet som to pulttak avtrappet etter hverandre. Det var nok viktig å bryte ned inntrykket av høyde og stor teknisk bygningsmasse på flat mark i et forstadsmiljø.

Utførende arkitekt for Tegneby transformatorstasjon var Knut Astrup. Stasjonen er fra 1959, ligger i et jordbruks- og skoglandskap ut mot en riksveg, og preges av utskrånende, kraftige endevanger med konkav taklinje som omslutter en rektangulær bygningskropp. Første etasje består blant annet av kontor og oppholdsrom for den relativt store betjeningen. Øverst på langveggene er isolatorene for luftledningene forankret i en lett utkragende horisontal "list". Bygningen er utvendig kledd med okergule plater, med unntak av de skrå endeflatene av vangene, som har rød

takshingel. Endevæggen ut mot vegen har et karnapp med kobberhette, som en etterligning av eldre kraftverksarkitektur.

Transformatorkiosker

Direktør Leif Stuedal i Fjæremfossen kommunale kraftselskap skrev i 1958 artikkelen *Kunsten å bygge transformatorkiosker*, muligens som en reaksjon på tidens stereotype, kubiske og lite miljøtilpassede kiosker. Han tok til orde for å gi dem mer preg av ordinære hus, med saltak – og ventilasjonsinnretningene formet slik at de ga illusjon av henholdsvis pipe og vindu. De kunne gjerne integreres i andre bygningslementer. Et eksempel er kombinasjonen av kiosk og uværsskur på Strinda realskole og gymnas.

1960- og 1970-tallet: Modernismens gjennombrudd

Fra slutten av 1950-årene kom betongens glansperiode. Dette materialet innbød til formmessige eksperimenter. Samtidig ble det også introdusert ny bygningsteknologi, med bruk av prefabrikkerte betongelementer montert på byggeplassen, både som større, bærende konstruksjoner og som fasadelementer. Brutalismen, med utgangspunkt i det franske begrepet *béton brut* (rå betong), tilsa at grunnplanen skulle formidles i eksteriøret, strukturen i bygget skulle være tydelig, materialene skulle utnyttes i sin opphavelige tilstand – og overflatebehandlingen skulle reduseres mest mulig.

Et hovedverk i perioden – og for bygningstypen generelt – er arkitekt Geir Grungs orientalskinspirerte, hvitpuskede transformatorstasjon Sengjaner, som ruver majestetisk i den bratte skråningen bak gamle Tyssø I kraftstasjon. Grung hadde besøkt Japan i 1959 og fått impulser blant annet fra den kjente arkitekten Kenzo Tange. Stasjonen preges av en lukket form, det konkave taket, og betongplata som ”svever” foran fasaden mot Sørfjorden. Den ble ferdigstilt i 1967, i forbindelse med utbyggingen av kraftverket Tyssø II. Grung tegnet også nabobygningen, transformatorstasjonen i Stanavegen fra 1986. Den er også orientalskinspirert, men er mindre og har en mer differensiert utforming.

Fra 1954 drev Geir Grung arkitektkontor sammen med Georg Greve. De tegnet to transformatorstasjoner i urbane deler av Oslo, på Rodeløkka og i Kirkeveien 159. Sistnevnte ble satt i drift 1966, og har Thorvald Astrups 1920-tallsstasjon Ullevål som nærmeste nabo. Kunsthistorikeren Alf Bø omtaler det slik:

”... (et) mindre anlegg som skulle innpasses i et bymiljø med blandet bebyggelse. Det tekniske preget ved bygningene er tonet ned, og en varm rød tegl gir et mykere, mer tilbakeholdent preg. Form og materialer ... er her tilpasset boligstrøket på toppen av Kirkeveien. Det tekniske anlegget er diskret innpasset i sine omgivelser, med en liten



Arkitekt Geir Grungs orientalskinspirerte Sengjaner transformatorstasjon fra 1967.
Foto: Ivar E. Stav



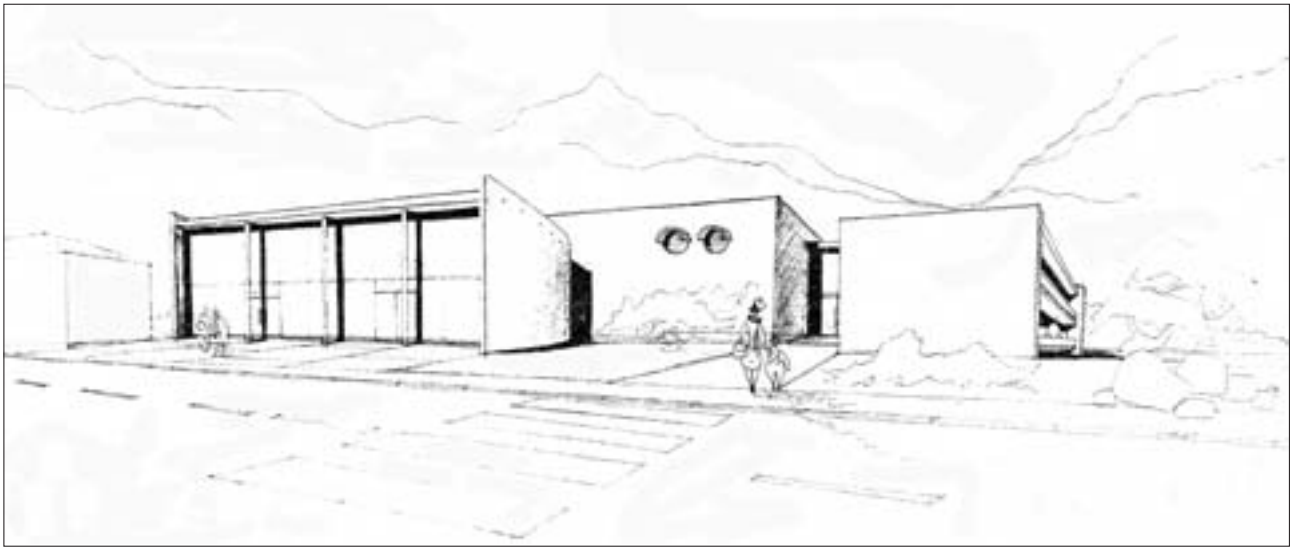
I Tyssedal finner vi innenfor et lite område flere særpregede og representative bygninger knyttet til produksjon og distribusjon av elektrisk kraft fra flere epoker. Bak Thorvald Astrup og Victor Nordans kraftstasjon Tyssø I nede ved Sørfjorden ligger det tre transformatorstasjoner. Fra venstre: Geir Grungs Sengjaner fra 1967, Eyvind Moestues stasjon fra 1949 og Stanavegen fra 1986, også tegnet av Grung. Helt til høyre en mer anonym transformatorstasjon. Foto: Sissel Riibe, NVE

boligdel tilknyttet... Glassfasaden for den tekniske hovedfløyen (vender) mot Kirkeveien. Betongdrageren under taket bæres av slanke betongsøyler, satt foran den vakert oppdelte glassfasaden.”⁵

Med mindre arealbehov, som følge av ny teknologi, har det blitt plass for en
5) Bøe 2001: s 122-124

butikk mot gata, og glassfasaden fungerer nå som utstillingsvindu.

I 1964 tegnet Greve og Grung også Furuset transformatorstasjonen i Grovuddalen i Oslo, i utkanten av et næringsområde. Hensikten for Oslo Lysverker var å få en stasjon som skulle ta i mot kraften fra Usta og dekke Grovuddalens behov for strøm. Her ligger



Arkitektkontoret G. Greve / G. Grungs perspektivtegning av Ullevål understasjon fra 1966. Bak glassfasaden ligger kontrollrommet med en buet kontrolltavle som følger veggen bak. Fra arkivet til plan- og bygningsetaten i Oslo kommune.

Arkitekt Geir Grung (1926–1989)



Geir Grung arbeidet hos Byarkitekten i Oslo før han fra 1954 til 1970 drev arkitektkontor sammen med sin eldre kollega Georg Greve. Grung tegnet en rekke industrianlegg, kraftstasjoner og transformatorstasjoner. På 1960- og 1970-tallet hadde han flere oppdrag på Vestlandet for Norsk Hydro og Aktieselskabet Tyssefaldene, noe som resulterte i flere kraftfulle og dynamiske byggverk.



Rød transformatorstasjon nord for Skien ble satt i drift i 1961, og var Norges første stasjon som transformerte ned fra et spenningsnivå på 300 kV.

Foto: Henning Weyergang-Nielsen, NVE

en lav, buetformet kontrollromfløy foran hovedbygningen. De to enhetene knyttes sammen av et sentralt, sirkulært trappetårn. Bygningen er forblendet med rød tegl.

Større spenninger på nettet, med 300 kV i 1961 og 420 kV i 1963, krevde nye dimensjoner på stasjonene. På Østlandet bygget NVE-Statskraftverkene omtrent på samme tid tre store stasjoner som har fått ganske forskjellig arkitektur. Disse er Rød, Hasle og Tveiten

transformatorstasjoner. Rød transformatorstasjon utenfor Skien ble satt i drift 1961. Her ble det oppført to parallelle bygninger, den nederste noe nyere, plassert i et skrånende terreng ned mot flata der det store utendørsanlegget er installert. De ble knyttet sammen med et forbindelseshus. Hovedbygningene kjennetegnes ved en rekke av saltak og vindusbånd øverst på veggen. Lynet – som symbol for elektrisiteten – finnes i rekkverket rundt trapperommet i den øverste



Tveiten transformatorstasjon utenfor Tønsberg ble satt i drift i 1966. Den utragende andreetasjen bæres av kraftige betongdragere. Foto: Ivar E. Stav

bygningen. Denne har også en liten tverrfløy, med garasje/verksted og spiserom. Nede på flata ligger en nyere, helt lukket kubisk bygning – opprinnelig malt rød, nå grå som de øvrige.

Hasle transformatorstasjon utenfor Sarpsborg var den første for 420 kV da den ble satt i drift i 1963. Anlegget, som er omgitt av landbruks-, nærings- og boligområder, har et stort kontrollbygg tegnet av arkitektene Hans Grinde og Helge Abrahamsen. Bygningen i betong og rød tegl er representativ for sin periode, samtidig som den fremstår som noe mer påkostet enn mange av etterkrigstidens store transformatorstasjoner. Bygningen har fløyer med slake pulttak eller flate tak, og hele anlegget er godt tilpasset terrenget.

Tveiten transformatorstasjon utenfor Tønsberg ble satt i drift i 1966. Den ligger i skrånende terreng ovenfor E18, og er til dels bygget med prefabrikkerte betongdragere, et typisk trekk ved datidens industri- og forretningsbygg. Den lukkede førsteetasjen står i kontrast til den utragede andreetasjens store vindusarealer. I det store kontrollrommet er det god utsikt over utendørsanlegget. Interiøret er ellers preget av et fint trapperom,

og sosiale rom gjenspeiler at stasjonen ble bygget for fast bemanning.

I Groruddalen i Oslo er det to særpregede transformatorstasjoner tegnet av arkitektene Eliassen og Lambertz-Nilsen: Stubberud stasjon i 1975 og Gransrudtangen året etter. Stubberud ligger i skråningen mellom E6 og en tilførselsveg og betjenes av luftkabler, slik at det var naturlig å utforme bygningen etter rent tekniske funksjoner, og å fordele disse over to etasjer. Sikringsbjelkene foran transformatorcellene skulle både tjene praktiske hensyn (lett montering, god støydemping) og gi et visuelt uttrykk. Bygningen har et innglasset trappetårn i det sørvestre hjørnet, og yttervegger forblendet med teglfliser. Det siste var et typisk innslag i tidens forretnings- og industriarkitektur.

Samkjøringens administrasjons- og kontorbygg på Smestad i Oslo ble tatt i bruk i 1976. Arkitekt var Geir Grung, som hadde en krevende oppgave med å kombinere høyteknologiske spesialavdelinger med ordinære kontorfunksjoner. Bygningen er hovedsaklig i tre etasjer. Faste volumer i hjørnetårn spiller opp mot plane betongskiver utenpå hovedfasadene. Søylar og ventilasjonstårn er støpt på plassen,

dragere og dekkelementer er prefabrikkerte. Det er lagt omtanke i interiørene, med steinheller og laminert treverk, og mer farge enn i vanlige kontorbygg, om ikke så dristig som i Grungs kraftstasjoner.

Transformatorkiosker

Typisk for transformatorkioskene i perioden – og for den tids industri- og forretningsbygg – var bruken av prefabrikkerte grå betongelementer, med fasadeplater i naturbetong – små naturstein innstøpt i betongen, mellom bærende elementer. Kioskene hadde gjerne flatt tak. Mot slutten av perioden kom det prefabrikkerte minikiosker, som for eksempel en type produsert av Elmek AS innen Elektro Union-konsernet. Den ble levert ferdig med elektrisk utrustning. Det slake saltaket og rammeverket var i aluminium, med bekledning av vedlikeholdsfrie, armerte betongelementer med frilagt overflate i singel – i brosjyren kalt edelbetong. Overflaten var gjerne rødbrun. I denne perioden kom det også minikiosker preget av trehustradisjonene – med brattere saltak og stående panel.

Etter 1980: Postmodernisme og stedstilpasning

Arkitekturen på 1980- og 1990-tallet var generelt preget av parallelle utviklingstrekk, både mot irregulære, organiske former og samtidig revitalisering av den renskarne estetikken. Postmodernismen framsto rundt 1980 som en kortvarig reaksjon på modernismen, med en fri stilling til bruk av virkemidler fra arkitekturhistorien, og det utviklet seg en mer symbolsk og figurativ arkitektur. Vi fikk et større mangfold i arkitekturen, men perioden er samtidig kjennetegnet av en nøktern modernisme med vekt på riktig materialbruk og rasjonelle konstruksjoner. Det ble også rettet større oppmerksomhet mot stedenes egenart, blant annet ved at nye bygninger ble integrert i eksisterende bygningsmiljø og landskap.

Den tekniske utviklingen på slutten av 1970-tallet medførte mindre plasskrevende tekniske anlegg i transformatorstasjonene, noe som igjen fikk betydning for størrelsen og utformingen av bygningene. Vi fikk en overgang fra etterkrigstidens transformatorstasjonsanlegg med store industribygg i betong, til mindre stasjoner som etterlignet hus- og hyttearkitektur, med saltak og betongvegger kledd med panel. Et eksempel på denne typen, utviklet av Siemens, er Liabø transformatorstasjon, bygget av AS Svorka Kraftselskap i Halså på Nord-Møre. Et annet eksempel er Time Elektrisitetsverks Kalberg transformatorstasjon, som ble satt i drift i 1989. Ved å ta i bruk det nyeste tekniske utstyret hadde det lyktes å redusere det bebygde arealet til en tiendedel. Den enetasjes bygningen med valmtak skjulte et bryteranlegg og tre transformatorceller, og var godt tilpasset boligmiljøet. Disse to eksemplene er mer konsjonelt utformede bygninger, men i de siste tiårene er det også bygget flere transformatorstasjoner med sterk individuell form.

Arkitektfirmaet Guttorm Bruskeland AS, ved Jon Bruskeland, har hatt en betydelig produksjon av transformatorstasjoner over lengre tid og på flere steder i landet. Blant disse er tre for



Rud transformatorstasjon i Bærum har en dynamisk og kraftfull form. Her griper bygningen tak i luftledningene. Tegnet av arkitektfirmaet Guttorm Bruskeland. Foto: Ivar E. Stav

Bærum Energiverk, på Rud, Blommenholm og Fornebu. De viser stor variasjon i materialbruk, utforming og miljøtilpasning. Rud transformatorstasjon ble bygget i 1981–1983 i lett skrånende terreng i utkanten av et næringsområde, og er et fint eksempel på brutalistisk betongarkitektur. Arkitekten søkte å gi bygget et dynamisk og kraftfullt uttrykk, med en form som avspeiler strømmens vandring gjennom huset fra den griper fatt i luftledningene og til den går ut i

jordkablene. Blommenholm transformatorstasjon fra 1988 ligger under bakken i skrånende terreng i utkanten av et boligområde. Bare én side av bygningen – som for en stor del er utført i glass – er synlig.

Etter at det engelske tidsskriftet *Architectural Review* ved to anledninger hadde hevdet at Norge var i ferd med å overta lederskapet i skandinavisk arkitektur, skrev arkitekt P. A. M. Mellbye i Dagbladet dette om Fornebu



Fornebu transformatorstasjon i Bærum er også tegnet av arkitektfirmaet Guttorm Bruskeland. Med mørke farger og oppdeling i flere bygningsvolumer glir anlegget godt inn i stedets natur. Foto: Ivar E. Stav

transformatorstasjon, bygget i 1988–89:

”... Et bygg som begynner med haugen bak, lar taket følge haugens linjer videre, lar alle farger (dyprød tegl, mørkt treverk, kirsebær-røde detaljer) være mørke nok til å gli inn i haugens naturfarger. Byggets massive volum er splittet opp i mindre deler av glasspalter og blir lett. Boligdelen nydelig neddimensjonert i skala, uhyre forfinet utformet og detaljert. Bare en betongsjalusi viser det tekniske behov for kjøleluft til transformatorne. Hvilket annet land kunne den ligge i? Intet annet. I hele sin utforming viser bygget en bevisst ydmyk vilje overfor terrenget rundt. Norsk egenart? Dristig eller ydmyk? Eller begge på en gang?”⁶

I Vang i Hedmark tegnet arkitektfirmaet Børrestad og Gundersen fra Hamar transformatorstasjonene Greften og Hjellum for Hamar-regionen Energiverk. De ble satt i drift i henholdsvis

6) Mellbye: Dagbladet 11.05.1989

1984 og 1985, og ligger i skrånende terreng ut mot landbruksområder. Vekslingen i fasadeflatene mellom betong og rød tegl gir visuell spenning,

med Hjellum-stasjonen som den mest bearbejdede. Her er deler av fasadene slettpusset og inndelt i rutemønster, som på avstand gir en vinduslignende



Hjellum transformatorstasjon fra 1985 i Vang er tegnet av arkitektfirmaet Børresen og Gundersen. Foto: Ivar E. Stav

effekt som bidrar til å lette inntrykket av veggflaten.

To transformatorstasjoner i Stavanger fra 1986–1988, henholdsvis på Buøy og i Hillevåg, ble tegnet av arkitektkontoret Hoem-Kloster-Jacobsen, og oppført i upusset tegl. Bygningene tilpasser seg sine ulike tomtesituasjoner og er derfor blitt ganske forskjellige. Stasjonen på Buøy ligger på en praktfull sjøtomt, og føyer seg langstrakt mykt etter terrenget, mens den i Hillevåg har en klarere og mer urban form i to etasjer i et industriområde. Buøy er for øvrig eksempel på en stasjon der den arkitektoniske utformingen skal ha påvirket valget av tekniske løsninger.

Transformatorstasjonen Akersberget ved Maridalsveien i Oslo er tegnet i 1995 av Tias Berg i arkitektfirmaet Finn Hannestad AS, Oslo Lysverkers hovedarkitekt i mange år. Anlegget er et nyere eksempel på innpassing av en transformatorstasjon i by. Med yttervegger av rød tegl er den godt tilpasset nærmeste bebyggelse. Transformatorcellene har metallkledd buetak.

Statnett arbeider med å standardisere kontrollbygget på sine fremtidige stasjoner til én type som kan endres noe etter beliggenhet, dimensjoner etc. Et eksempel er det nye kontrollbygget ved koblingsanlegget utenfor Svartisen kraftstasjon. Noe av det viktigste med denne løsningen er at oppholdsrom og tekniske rom er klart adskilt. Inngangen vil stort sett være i den lavere delen med oppholdsrom og kon-



Akersberget transformatorstasjon i Oslo fra 1995 er tegnet av Tias Berg. Anlegget er godt integrert i bystrukturen. Hovedfasaden følger Maridalsveiens løp.
Foto: Ivar E. Stav

terer, mens en større og høyere del får tekniske rom. Planen er å hente inn mer bearbejdede og detaljerte løsninger fra arkitekter.

Et eksempel blant helt nye bygninger er kontrollbygget ved Brokke transformatorstasjon, tegnet for Statnett av Tore Karlsøen i arkitektkontoret LINK signatur. Det ble tatt i bruk i 2009, og

representerer et brudd med Statnetts standardstasjoner. Arkitekten måtte ta hensyn til romløsningene og sikkerhetsforskriftene med hensyn til materialbruk, men fikk ellers forholdsvis frie tøyler i sitt arbeid.

Transformatorkiosker

På 1980-tallet utviklet overingeniør Asbjørn Senstad i Trondheim Elektri-

Trafokunst



Foto: Sissel Riibe, NVE

Nøkterne og anonyme transformatorbygninger kan forandres til iøynefallende kunstverk: På det "amerikanske" Lista er et eldre transformatorårn dekorert med et portrett av John F. Kennedy. I Vesterålen var det i 2003–2004 et samarbeid mellom nettselskaper og kunstnere om å dekorere standardkiosker rundt om i kommunene. De grå boksene er blitt til vakre smykker som blir lagt merke til. I 2008 var Stavangerregionen europeisk kulturhovedstad, og i den forbindelse ga Lyse Energi kunststudenter oppdraget med å utsmykke den store Madla transformatorstasjon, som vi ser utsnitt av på dette bildet. Resultatet ble et spennende blikkfang i bybildet. En annen positiv effekt er at bygningen siden har vært forskånet for tagging.



Statnetts kontrollbygg ved Brokke transformatorstasjon er støpt i betong. Den utoverskrånende andreetasjen er kledd med sinkplater. Tegnet av Tore Karlsøen i arkitektkontoret LINK Signatur. Foto: Steinar Rosseland, Statnett SF



Transformatorkiosk fra 2003 i parken på UMB. Utformet av arkitekt Dagny Bakke. Tårnbygningen fra 1924 i bakgrunnen er arkitekt Ole Sverres verk. Blant mye annet tegnet han også transformatorstasjonen fra 1906 på Prins Christian Augusts plass i Moss. Foto: Sissel Riibe, NVE

sitetsverk (TEV) en ny, standard betongkiosk for selskapet. Takformen er spesiell, en kombinasjon av mansard- og pyramidetak, og med en halv-sirkelformet ark over døra. Mansard-elementet minner om de store, nybarokke jernkioskene fra omkring 1910, og døra prydes av TEVs gamle logo i jugendstil. Med kuppel og man-

sardtak kunne den bringe tankene tilbake til de nybarokke hettene på kioskene fra rundt 1910. Typen kan betegnes som postmoderne. TEVs faste arkitekt, Ottar Heggenhougen, var med på å gi kiosken den endelige utformingen. I TEV fikk den det offisielle navnet Trondheimskiosken, internt ble den kalt "munkekiosken".

Det var også på 1980-tallet at nedstigningstårnene i Oslo kom i ny versjon, sirkulær i formen og vesentlig større enn de tidligere. I Oslo er det over 200 slike tårn, som fungerer som adkomst til transformatorstasjoner og gangbare anlegg under bakken, samt utlufting. I 2004 ble over 40 av disse tårnene bygget om til 4,5 meter høye, lysende reklamesøyler. Både størrelsen og finansieringen av disse ble gjenstand for sterke politiske og faglige diskusjoner.

I parken på Universitetet for miljø- og biovitenskap (tidligere Norges landbruks-høgskole) på Ås, ble det i 2003 satt opp en særpreget kiosk tegnet av arkitekt Dagny Bakke. Kiosken er konisk, med tykke betongvegger og et kobberkledd tak formet som et blad – som hentyder til universitetets naturfaglige basis. Det kan også gi assosiasjoner til Vikingskipet på Hamar. På Rennesøy i Rogaland finner vi fine eksempler på kamuflering av nettstasjoner i landskapet. Der har Stavanger Energi (i 1999 innlemmet i Lyse Energi) integrert en transformatorkiosk i en steinmur, mens en annen har form som en melkerampe.

Sluttord

Denne artikkelen omhandler et felt av arkitekturen som har vært lite behandlet tidligere. Vi har søkt å vise trekk i utviklingen i løpet av de drøyt hundre årene som transformatorstasjoner og -kiosker er blitt bygget i Norge, så vel med hensyn til stil som materialbruk, og ambisjonsnivå hos oppdragsgiver og formgiver. Eksemplene gjenspeiler også ulike faser og alternativer i den elektrotekniske utviklingen, samt miljøhensyn og landskapstilpasning.

I noen grad har det vært vanskelig å finne frem til hvem som har tegnet bygningene – og i større grad å finne eksempler som kunne gi en sammenligning med utlandet. Vi kan likevel slå fast at noen av våre mest kjente arkitekter har vært engasjert også på dette feltet. Som det kunne være rimelig å anta, har flere av arkitektene som tegnet kraftstasjoner også formgitt transformatorbygninger. Det er å håpe at fremtidig forskning kan gi oss et mer fullstendig bilde.

Tretti transformorkiosker

I distribusjonsnettet i Norge finnes det tusenvis av nettstasjoner. Her viser vi et utvalg som spenner over en periode på nesten hundre år. Noen av disse er omtalt nærmere under de ulike periodene i artikkelen. Eksemplene omfatter transformorkiosker, transformortårn og nedstigningstårn, både serieproduerte og individuelt utformede. Som vi ser er det stor variasjon i form og materialbruk. Disse bygningene gjenspeiler en hel arkitekturhistorie i seg selv.







23



24



25



26



27



28



29



30



1. En av de første transformatorbokskene i Kragerø, bygget rundt 1910 etter tegninger av stadsingeniør Erik Fjeld. Den har spir for innføring av luftledningene.
Foto: Per Johnny Thoresen, Kragerø Energi AS
2. I Tromsø er denne gamle transformatorbokskan med Jugenddekor og spir for innføring av luftledningene bevart og flyttet til Skansen bymuseum.
Foto: Gro Agnethe Stokke, Tromsø kommune
3. Takrytteren på arkitekt Einar Oscar Schous transformatorboksk nr. 1 fra 1912 på Sandvikstorget i Bergen har Jugendpreg. Foto: Ivar E. Stav
4. Dette fine nedstigningstårnet av smijern på Thomas Heftyes plass i Oslo ble satt i drift i 1915.
Foto: Henning Weyergang-Nielsen, NVE
5. Transformatorboksk med barokkhette på Skoletorget i Lillehammer. Dette er en av dem som ble satt i drift i 1917 i forbindelse med øvre kraftstasjon i Mesna.
Foto: Sissel Riibe, NVE
6. Peter O. Digre tegnet denne tårntrafoen i mur, med nybarokk hette inne på området til Trondhjems Mekaniske Verksted, nå omdannet til det Aker Brygge-inspirerte Solsiden. Tårnet har fått ny funksjon som uværsskur for busspassasjerer. Foto: Ivar E. Stav
7. Porsgrunn har flere transformatorboksker med barokk takhette og tannsnitt under gesimsen. Denne står i Ligata. Foto: Ivar E. Stav
8. Transformatorboksk med middelalderpreg i Feierbakken i Son. Foto: Sissel Riibe, NVE
9. Transformatorboksk utenfor Kulåsparken i Sarpsborg er fra 1919. Foto: Henning Weyergang-Nielsen, NVE
10. Dette transformatorboksktårnet i Brevik sør for Porsgrunn er trolig enestående i sitt slag. Foto: Ivar E. Stav
11. Boksk 8 Grunden i Kristiansund ble oppført da byen fikk strøm i 1920. Foto: Rune Aasgaard
12. Sekskantet boksk med nybarokk hette fra 1921 i Vollgata 9, utenfor Borgarsyssel Museum i Sarpsborg.
Foto: Henning Weyergang-Nielsen, NVE
13. Nedstigningstårn på Frogner i Oslo. Litt enklere i form enn typen fra 1915. Foto: Ivar E. Stav
14. Aker Elektrisitetsverks "tempelboksk" i Borgenveien på Vinderen i Oslo. Foto: Ivar E. Stav
15. Særpreget tårnboksk fra 1920-tallet like utenfor Gamlebyen i Fredrikstad. Tegnet av arkitekt Bj. Jacobsen.
Foto: Ivar E. Stav
16. Transformatorstasjon fra 1920-tallet med mansardtak på Roverud øst for Kongsvinger.
Foto: Henning Weyergang-Nielsen, NVE
17. På det "amerikanske" Lista er et eldre transformatorboksktårn dekorert med et portrett av John F. Kennedy.
Foto: Ivar E. Stav
18. Hammerfest har flere transformatorboksker av denne typen i plasstøpt betong og med flatt tak.
Foto: Henning Weyergang-Nielsen, NVE
19. I Alta står det flere slike høyreiste transformatorboksker i plasstøpt betong og med valmtak.
Foto: Henning Weyergang-Nielsen, NVE
20. Transformatorboksk med endevegger som skrår utover. Fra Elverum. Foto: Ivar E. Stav
21. Prefabrikkert nettstasjon fra Møre trafo: Modell Maxi med impregnert trepanel. Denne står i Glomfjord i Nordland. Foto: Sissel Riibe, NVE
22. Prefabrikkert nettstasjon fra NEBB med fasadeplater i betong. Denne står i Røyrvik i Nord-Trøndelag.
Foto: Sissel Riibe, NVE
23. Prefabrikkert nettstasjon fra Elmek: Miniboksk med fasadeelementer i "edelbetong". Denne står i Heggedal i Akershus. Foto: Ivar E. Stav
24. Prefabrikkert nettstasjon av betongelementer og med flatt tak: Boksk nr 9 på Tveitahaugen i Tysedal.
Foto: Sissel Riibe, NVE
25. Prefabrikkert nettstasjon av type Senior fra ABB: Rammeverk av stål kledd med impregnert trepanel. Fra Ås i Akershus. Foto: Sissel Riibe, NVE
26. Trondheimsbokskan er en standard betongboksk utviklet på 1980-tallet. Med pyramide- og mansardtak kan den betegnes som postmoderne. Foto: Ivar E. Stav
27. I Harstad står denne nye transformatorbokskan i tegl. Den er tilpasset Høgskolen i Harstads nabobygning på Kulturskaia. Foto: Sissel Riibe, NVE
28. Stedstilpasning: Transformatorboksk på Rennesøy med form som en melkerampe. Foto: Geir W. Aga, Lyse Energi
29. Stedstilpasning: Transformatorboksk integrert i steinmur på Rennesøy. Foto: Norleiv Haugvaldstad, Lyse Energi
30. Stedstilpasning: Transformatorboksk integrert i kirkemur i Kristiansand. Foto: Ivar E. Stav

Kilder

Litteratur:

Ahlberg, Sven Olof (1997): *Transformatorbyggnader i Skaraborgs län*. Eksamensarbeid, Avd. för kulturvård, Göteborgs universitet.

Andersen, Peter Duun (1996): *Himmelarkitektur. Transformatorboksktårne i Skive Kommune*. Skive: Skive Museums Forlag.

Arnesen, Kristin (2008): *På sporet av den tapte vegg. Jensen & Skodvins Norsk Design- og Arkitektursenter. En dekonstruert transformatorstasjon?* Masteroppgave i kunsthistorie, Universitetet i Oslo.

Astrup, Thorvald (1931): *Fabrikker og industrianlegg*. I *Byggekunst* nr. 5 1931, s. 34–38.

Berre, Nina (2009): *DogA som case. Ny bruk av teknisk-industrielle kulturminner*. I Butenschøn, Peter (red.): *Tid i arkitektur. Å bygge i fire dimensjoner*, s. 122–133. Oslo: Akademisk publisering.

Berre, Nina (2005): *Fra kraft til kunnskap*. I Grønvold, Ulf (red.) (2005): *Hundre års nasjonsbygging. Arkitektur og samfunn 1905-2005*, s. 156–172. Oslo: Pax.

Brekke, Nils Georg, Per Jonas Nordhagen og Siri Skjold Le-xau (2003): *Norsk arkitekturhistorie. Frå steinalder og bronsealder til det 21. hundreåret*. Oslo: Det Norske Samlaget.

Bruskeland, Jon (1984): *Rud transformatorstasjon, Bærum*. I *Byggekunst* 1984, s. 186–187.

Bækken, Ingfrid (1998): *"... Ham selv til hæder, alle bergenseres øine til glæde..." Einar Oscar Schous arkitektur 1900–1915*. Hovedoppgave i kunsthistorie, Universitetet i Bergen.

Bøe, Alf (2001): *Geir Grung. Arkitekten og hans verk*. Oslo: Arkitekturforlaget.

Eliassen, Trond og Borger Lambertz-Nilssen (1958): *2 understasjoner for Oslo Lysverker*. (Stubberud, Granstangen). I *Byggekunst* 1958, s. 158–159.

Eng, Pål Henry og Arne Gunnarsjaa (1984): *Oslo: En arkitekturguide*. Oslo: Universitetsforlaget.

Fürst, Hans Dedekam (1956): *Sandvika transformatorstasjon*. I *Byggekunst* 1956, tillegget s. 20.

Greve, Georg (1956): Korsvoll transformatorstasjon. I *Byggekunst* 1956, tillegget s. 19.

Gunnarsjaa, Arne (1999): *Arkitekturleksikon*. Oslo: Abstrakt forlag.

Hoem Kloster Jacobsen Arkitekter MNAL (1989): Trafostasjonene Buøy og Hillevåg/Stavanger. I *Byggekunst* 1989, s. 346–347.

Kjølstad, Else (red.) (1973): *NAL's årbok 1973*. Oslo: Norske Arkitekters Landsforbund.

Lavold, Gro (2001): Sengjaneset og Stanavegen transformatorstasjoner. I *Kulturminneplakat Tysedal*. Odda: Odda kommune og Riksantikvaren.

Levanger, Rutland (1919): Teknikk og estetikk. I Foreningen Brukskunst: *Aarbok 1918–1919*, s. 31–50.

Løvik, Arthur (1999): *Historia om Time Elektrisitetsverk 1918–1998*. Bryne: Time Energi.

Mellbye, P.A.M. (1989): Jakten på egenart. I spalten Hus og Landskap, *Dagbladet* 11.05.1989.

Myklebust, Dag (1983): Thoralf (Th. Chr.) Hauff. I Østby, Leif (red.): *Norsk Kunstnerleksikon* bd. 2, s. 106. Oslo: Universitetsforlaget.

Norsk Telemuseum, Telenor AS (1998) *Historiske linjer – Verneplan for Telenors bygninger og installasjoner*.

NVE (2006): *Kulturminner i norsk kraftproduksjon*. Oslo: Norges vassdrags- og energidirektorat. NVE-rapport nr. 2/2006

Pilskog, Geir Martin (1997): *Estetikk vs. teknikk? Profesjonsgrenser mellom arkitektar og ingeniører*. Stockholm: Kungliga Tekniska Högskolan. Oppgave ved nordisk kurs "Industri-minnen i Norden" 1996–1997.

Poulsen, Sverre (1930): Industribygg. I *Byggekunst* nr. 6 1930, s. 81.

Sand, Bente (2006): Byggeskikkprisen til Hausmanns gate 16. I *Arkitektnytt* nr. 6 2006, s. 3.

Sandnæs, Tore Olav (1982): Nye transformatorstasjoner tas i bruk. *Fossekallen* nr. 2 1982 s. 5.

Stange, Espen Valand (2008): Tange i vest. I *Arkitektur i Norge. Årbok 2008*, s. 90ff.

Stav, Ivar E. (1994): *Industriarkitektur i Trondhjem 1855–1925*. Hovedoppgave i kunsthistorie, Universitetet i Bergen.

Stav, Ivar E. (2006): Norsk kraftverksarkitektur. I *KINK. Kulturminner i norsk kraftproduksjon. En evaluering av bevaringsverdige kraftverk*, s. 113–135. Oslo: NVE.

Stuedal, Leif (1963): Kunsten å bygge transformatorkiosker. I *Arkitektnytt* 1963, s. 132–133 (fra *Elektroteknisk Tidsskrift* nr 16 1958).

Thoresen, Tove Frøvoll (1994): *Drammensarkitekten Christian Fredrik Arbo*. Hovedoppgave i kunsthistorie, Universitetet i Bergen.

Uten forfatternavn (1911): Konkurransen om Tegninger til Transformatorkiosker for Kristiania Kommune. Juryens Uttaelse. I *Arkitektur og Dekorativ Kunst* 1911, s. 188–190.

Uten forfatternavn (1913): Nye Transformatorkiosker i Kristiania. I *Arkitektur og Dekorativ Kunst* 1913, s. 230–232.

Uten forfatternavn (1913): Stavanger Elektricitetsværk. Værkets kraftoverføring. I *Elektroteknisk Tidsskrift* nr. 25 1913, s. 167–201.

Uten forfatternavn (1955): *Drammensarkitekten Christian Fredrik Arbo. Katalog over en utstilling av hans tegninger sommeren 1955*. Drammen: Drammens Museum.

Uten forfatternavn (1985): Trafostasjoner – villaarkitektur. I *Fossekallen* nr. 2 1985, s. 15.

Uten forfatternavn (uten år): Minikiosk fabrikk ELMEK. Salgsbrosjyre utgitt av EGA A/S. (Aktuelt eks. stemplet 1980).

Østby, Leif (red.) (1982–1986): *Norsk kunstnerleksikon bd. 1–4*. Oslo: Universitetsforlaget.

Arkiv:

Agder Energi

Arkitektfirma Astrup og Hellern, Oslo

Byarkivet/Byggesaksarkivet i Bergen, Fredrikstad, Moss, Oslo, Sarpsborg og Trondheim kommuner

Drammens Museum (Arbo-arkivet)

Hafslund

Riksantikvaren

Statnett

Statsarkivet i Trondheim

Universitetsbiblioteket i Trondheim, Spesialsamlingene (Arkitektene Moe, Holmgren og Nordhagen)

Muntlige kilder:

Torleif Hegland, Agder Energi

Per Helmersen, pensjonist, Trondheim Energi

Livet som ledningsbygger

Dag Ove Skjold

I 1918 fikk syttenåringen Johan Bråthen jobb som anleggsarbeider ved Rånåsfoss kraftverk i Akershus. Fire år senere gikk han over til Norges vassdrags- og elektrisitetvesen, og ble straks sendt ut på bygging av de store kraftledningene fra Nore kraftverk. Dette var en stor overgang for den unge arbeidskaren. Ikke minst boligforholdene var dårligere på ledningsanleggene enn på kraftanleggene. Det forhindret ikke at Bråthen tidlig utviklet en sterk lidenskap for ledningsbyggerfaget. Som så mange av sine arbeidskamerater, kom han til å legge ned et helt yrkesliv på kraftledninger rundt om i landet.

Arbeidsforholdene og arbeiderkulturen ved norske kraftverksanlegg har blitt solid dokumentert i mange sammenhenger. "Rallaren", den barske og omflakkende, ofte hardt-arbeidende, men også hardt-drikkende og hardtslående kraftanleggsarbeideren fra første halvdel av forrige århundre, er u dødeliggjort både i historiebøker, skjønnlitteratur og på film, og spiller en viktig rolle i vår kollektive bevissthet omkring byggingen av det moderne Norge. Langt dårligere kjent for oss er forholdene de har levd under de som har bygd våre kraftledninger, og den arbeiderkulturen som denne gruppen har representert.

Denne artikkelen omhandler ledningsbyggerens arbeids- og livssituasjon og ledningsbyggerens samfunnets kultur og mentalitet, og de endringer som har skjedd på disse områdene. Fremstillingen dekker i hovedsak perioden fra omkring 1920, da byggingen av de første større overføringsforbindelsene tok til i vårt land, til omkring begynnelsen av 1980-årene, da norsk ledningsbygging for første gang siden andre verdenskrig ble trappet markant ned. Hvilke rammevilkår og forhold har de arbeidet under, de mange tusen menneskene som har bygd ut kraftoverføringene som i dag knytter Norge sammen til et elektrisk hele?

Noen vil kanskje umiddelbart mene at det gir liten mening å skille mel-

Anleggsarbeideren i litteratur og film

Anleggsarbeideren har spilt en viktig rolle i byggingen av det moderne, industrielle Norge. Ikke så overraskende har denne gruppen derfor også hatt en viktig plass både i fiksjonslitteratur, film og faghistoriske fremstillinger. Blant historiefaglige fremstillinger finnes et stort antall som belyser denne gruppen fra ulike perspektiver. Vi nevner her en av de mest sentrale; historikeren Øyvind Bjørnsons bok fra 1990, *På klassekampens grunn (1900-1920)*, bind nr 2 i det store verket *Arbeiderbevegelsens historie i Norge*.

I skjønnlitteraturen og filmen hadde anleggsarbeideren og anleggslivet særlig stor plass i mellomkrigstiden. Andreas Haukeland, Hans Selmer Edh og Hagbart Raneng var alle forfattere som i 1920- og 1930-årene skrev fra anleggsarbeidermiljøer. Blant filmregissører som tematiserte rallarlivet, må først og fremst nevnes Olav Dalgard, som i flere filmer på 1930-tallet tok opp arbeidernes kår i det moderne industrisamfunnet. I Dalgards filmer hadde anleggsarbeideren en fremtredende plass.

Når nettopp 1930-årene ble anleggsarbeidernes "storhetstid" i filmen og skjønnlitteraturen, skyldtes det først og fremst tidens harde kår. Dalgards filmer, for eksempel, hadde et til dels sterkt kritisk blikk på industrisamfunnets konsekvenser for arbeiderklassen. Dette er nok for øvrig grunnen til at temaet i stor grad glir ut av filmen etter andre verdenskrig, da forholdene i arbeidslivet ble langt bedre, også for anleggsarbeideren. Dog finnes det unntak, som den yngre forfatteren Dag Helleve. I romanene *Brøyt* og *Sjakta* utgitt på 1980-tallet skildrer han anleggsarbeid og anleggsliv på Hardangervidda i etterkrigstiden.

Om rallaren/slusken i litteraturen, se for øvrig Ragnar Nord, *Ordet som politisk og sosialt våpen - riss av norsk arbeiderlitteratur gjennom 100 år*, på <http://www.litteraturnettnordnorge.no/index.htm?/frameset/foredrag/ragnarwnordforedrag.htm>



Transport av personell og utstyr på ledningen Vågåmo–Øvre Vinstra i 1950-årene. Foto: Arbeiderbevegelsens arkiv og bibliotek

lom kraftverksanlegg og kraftoverføringer som anleggssamfunn. Har ikke disse virksomhetene vært mye av samme karakter, bemannet av stort sett de samme menneskene, og preget av den samme mentalitet og kultur? Slik er det imidlertid ikke. I realiteten er dette virksomheter som har vært forholdsvis klart avgrenset fra hverandre. Som vi skal vise i denne artikkelen, har det vært store forskjeller mellom kraftverks- og kraftoverføringsanleggene både når det gjelder arbeidssituasjon, hvem som har arbeidet der, og kulturen som har preget dem.

Faktum er at det har vært forholdsvis liten grad av utveksling av folk mellom disse virksomhetene. Dels skyldes nok dette at kravene til kunnskap og arbeidets art har vært forskjellige. Men i tillegg vil vi argumentere for at de har tiltrukket seg ulike typer mennesker. *"Folk er ikke ledningsbyggere av natur, de blir ledningsbyggere"*¹, har en av nestorene i faget hevdet. Det er nok

1) Skjold og Thue (2007), s. 439.

riktig for en del ledningsbyggers vedkommende. Samtidig er det klart at det er særegne mennesketyper som har blitt trukket mot ledningsbyggerfaget. La oss først se på deres konkrete arbeidsomgivelser og rammevilkår. Ikke minst her finner vi grunnleggende forskjeller sammenlignet med forholdene på kraftanleggene.

Et tøft yrke i kronglete terreng og hardt vær

Ledningsbygging foregår utelukkende utendørs, og arbeidet preges derfor vesentlig av topografi og klima – av naturens form, av vær og vind. Sterkt formende for arbeidet er videre om det utføres i høyfjell og skog eller i åpne og flate landskap. I disse sammenhengene har norske ledningsbyggere alltid hatt særlige utfordringer å hanske med. Det er ikke vanskelig å forstå at for eksempel britiske eller nederlandske ledningsbyggere gjennomgående har arbeidet under ganske andre og mer bekvemmelige vær- og naturforhold enn sine norske kolleger. Norske ledningsbyggere har i mye større grad enn de fleste andre

måttet ta hensyn til og tilpasse seg naturens rammevilkår. Ledningsbygging her til lands har ofte måttet utføres i krevende terreng, i tøft vær, og svært ofte i perifere og folkefattige områder med dårlige eller ingen veier eller andre etablerte transportmuligheter. Ledningsbygging i norsk høyfjell, for å ta et ekstremtilfelle, har hatt lite til felles med tilsvarende arbeid i tett befolkede lavlandsregioner på kontinentet.

Kulda har tradisjonelt vært blant de norske ledningsbyggenes verste "fiende". Ledningsbygging har derfor til dels vært et sesongbetont arbeid med lavest aktivitet om vinteren. Enkelte arbeidsoppgaver har tradisjonelt ikke vært mulig å drive vinterstid, som graving og støping av mastefundamenter. På den andre siden har vinteren ofte vært en viktig tid for utkjøring av materiell langs traseene. Dette har særlig vært tilfelle i uveisomme strøk, der man har vært avhengig av å kjøre ut materiellet på snøføre. I slike tilfeller har vintertransport ikke bare vært det mest effektive, men ikke sjel-

den også det eneste alternativet. Før andre verdenskrig foregikk nesten all transport med hest og slede.

Utover i 1950-årene tok ulike typer beltekjøretøyer over denne oppgaven. Riktignok ble traktorer brukt på enkelte overføringsanlegg allerede i 1920-årene, blant annet på statens Nore-overføringer. Men dette hørte til sjeldenhetene. Traktorer var kostbare, samtidig som de hadde begrenset nytte. Heller ikke traktoren hadde mye å stille opp med der terrenget var for vanskelig og veier manglet. Og på vinterstid kunne de ikke brukes. Da var det bare gampen og mannekraften som dugde. Som lederen for NVEs kraftledningsbygging, Johann Collett Holst, påpekte i 1929: "På grunn av de stadig skiftende arbeidssteder og lange transportavstander over dårlige eller ingen veier, er det kun i begrenset utstrekning at man ved kraftledningsbygging kan få anvendelse for maskinelle hjelpemidler."²

Gjennombruddet på transportsiden – vinterstid så vel som sommerstid – kom med innføringen av den såkalte "muskegen" i 1950-årene. Dette var en type mindre, beltedrevet kjøretøy som sterkt forenklet og effektiviserte transporten. Senere kom nye og stadig bedre kjøretøyer, som ytterligere forenklet arbeidet og i tillegg bidro til å mildne belastningene på arbeideren. Ikke minst når det gjaldt transporten mellom mastepunktene bortetter trasene, bidro beltebilen til en dramatisk forenkling og effektivisering.

I 1960-årene kom for øvrig nok en viktig transportinnovasjon: helikopteret. NVE tok i bruk helikopter første gang på overføringsanlegget mellom Tokke i Telemark og Lyse i Rogaland – for øvrig den første forbindelsen mellom Østlandet og Vestlandet – som gikk over lengre strekninger i vilt og nærmest helt utilgjengelig høyfjell. Helikopteret gjorde det mulig å frakte store mengder materiell på forholdsvis kort tid selv til de mest perifere steder. Bruken av helikopter var riktignok til dels svært værbebettinget. Men sammenlignet med tradisjonelle transportalternativer var det nesten

2) Holst, "Kraftoverføringsanleggene fra Nore", i *Elektroteknisk Tidsskrift* nr. 28, 1929.



Kabelutstrekking i Bentsebrugata i Oslo ved hjelp av hest, i forbindelse med at jordkabelen for Hammeren-ledningen ble forlenget i årene etter 1910. Ukjent fotograf. Fra arkivet etter Oslo Lysverker / Oslo byarkiv



Hardt arbeid med transport og lossing av rull med 30-kilovolts kabel ved Tøyen transformatorstasjon i Oslo i 1923. Ukjent fotograf. Fra arkivet etter Oslo Lysverker / Oslo byarkiv

Et ikke uvanlig problem ved ledninger i værutsatt norsk høyfjellsterreng er at snø og is legger seg på linene. For å unngå at belastningen blir så stor at liner og master bryter sammen, må vedlikeholdsarbeiderne rykke ut for å løse problemet. På bildet ser vi arbeid med fjerning av isbelegg i Stongeskaret på ledningen Borgund–Hemsil 1 i 1976.
Foto: G. Bøthun. Fra arkivet etter Oslo Lysverker / Oslo byarkiv



utrolig hva som kunne utrettes med helikopter i løpet av noen få sommer-uker. Sommeren 1963, det første året helikopter ble brukt i større omfang på Tokke-Lyse-ledningen, greide man på godværsdager å frakte ut like mye materialer i løpet av én dag som det en beltebil greide på halvannen måned!³ Det var særlig mastestål som ble kjørt ut med helikopter. Året etter begynte NVE også å fly ut ferdigbetong til mastefundamentene.

Ved siden av væravhengigheten var det ytterligere en hake ved helikopteret som lenge begrenset bruken: Det var et svært kostbart alternativ. Helikoptertjenester måtte leies, og i 1960-årene var dette ingen billig affære; prisen bidro til å dempe den tidligste entusiasmen for dette alternativet. Det kunne primært brukes ved anlegg i spesielt vanskelig tilgjengelige terreng, der det ville bli særlig dyrt og ineffektivt å bruke andre transportmetoder. Som NVE konkluderte i 1967:

*"Lønnsom helikoptertransport [vil] bare kunne oppnås hvor terrengkjøretøyer ikke kommer frem på grunn av terrengvansker, hvor tilførselslinjene i veiløst terreng er lange, eller hvor terminplanene ikke gir tid nok til bygging av anleggsveier."*⁴ Først utover i 1970-årene falt prisene på helikopterleie tilstrekkelig til at dette alternativet lot seg forsvare.

Mot slutten av dette tiåret kom det en innovativ forbedring som vesentlig økte utbyttet av helikopterbruken, nemlig utviklingen av den såkalte dokking-metoden. Denne metoden, som revolusjonerte mastebyggingen og mastemontasjen, gikk ut på at mastene ble forhåndsmontert, som regel i to seksjoner, og derfra fløy ut til mastepunktene. Der ble først den nederste del av masten montert på fundametent. Deretter ble den øverste masteseksjonen fløyet inn og senket

3) NVE (1964), s. 47.

4) NVE (1968), s. 70.

ned (dokket) på den nederste ved hjelp av en spesiell anordning. Metoden bidro til en omfattende effektivisering av mastemontasjen, fordi monteringen altså kunne gjøres på en sentral, praktisk beliggende anleggsplass, og i større grad strømlinjeformes. For ledningsbyggerne førte metoden til en mye enklere og mindre belastende arbeidssituasjon. I tillegg ble den høye risikoen for ulykker som knyttet seg til montasje i høyden sterkt redusert.

Selve byggingen av kraftledningene foregikk gjerne utenom de kaldeste periodene på vinterstid. Men avhengig av fremdriftsplaner og behov var det ikke helt uvanlig at også slikt arbeid foregikk på vinteren. Ei heller var det helt uvanlig at dette skjedde i ekstrem kulde. Nils Horn, en av veteranene i det norske ledningsbyggermiljøet, har fortalt fra sin tid som ung ledningsbygger i NVE under andre verdenskrig at det ble arbeidet i temperaturer godt under 30 grader mi-

Strømforsyningsens redningsmenn

En viktig del av arbeidet som utføres for at vi skal ha en sikker elektrisitetsforsyning over hele landet, er den daglige innsatsen fra alle dem som har ansvar for beredskap, vedlikehold og reparasjon av overføringsnettene. Ledningsfolk må ut i all slags vær hvis strømmen går, og det kan bli tunge tak ute i felten. Vi lar disse ordene hentet fra boka *Linjer gjennom Nord-Trøndelag* (1999) illustrere ledningsfolkets arbeidsdag:

"Om de har fått utstyr som kan lette arbeidet, og kjøretøy som gjør at de slipper å bære utrustningen i timevis, er det tøffe nok tak på linja også i dag. Bare spør Roger Guin om hvordan det er å stå oppe i stolpen en hel dag med de lange, tunge stengene de bruker i forbindelse med arbeid under spenning. Da er det godt å ta kveld. Hardt og hensynsløst kan det også være når uværet står på ved foten av Børgefjell, og hele linjelaget må grave seg ned i snøskavlen for å komme til hektene igjen. Da været løyet litt, fortsatte de reparasjonen av ledningen til Namsvassdammen da den ga etter for en ukes kontinuerlig snøfall for noen år siden." Rein, Roger (1999): *Linjer gjennom Nord-Trøndelag*. Nord-Trøndelag Elektrisitetsverk, s 48-49.

Lenger sør i landet, på vestsiden av Hardangervidda, har AS Tyssefaldene sine kraftledninger. I disse fjellområdene kan det også være ganske værhardt, som når nordavinden står på og tørr nysnø bygger seg opp i digre skavler.



Etter at uværet har herjet, må ledningsfolkene ofte ut for å rydde opp. Her er folk fra AS Tyssefaldene i ferd med å grave frem en nedsnødd ledning ved Matskårhe mellom Nibbehøl og Håvardsvann vinteren 1993. Snødybden var 11 meter. Foto: AS Tyssefaldene



I løpet av 1970-årene ble bruk av helikopter stadig vanligere ved ledningsbygging. Dette hjelpemiddelet var av enorm betydning for ledningsbyggernes arbeidsforhold. Ukjent fotograf. Fra arkivet etter Oslo Lysverker / Oslo byarkiv

nus. Horn minnes at karene på det kaldeste måtte arbeide to og to sammen, slik at man kunne følge med på eventuelle ansiktsforfrysninger hos hverandre.⁵ Arbeid under slike forhold er selvsagt en påkjenning under enhver omstendighet. Men til dette kom at Nils Horn og hans kolleger i unge dager helt manglet moderne arbeidsklær. Da gjaldt det å gjøre det beste ut av situasjonen. Tron Horn, Nils Horns bror, har fortalt fra sin tid som ung ledningsarbeider på statens kraftledning mellom Follum ved Hønefoss og Minne ved Minnesund under andre verdenskrig. Horn forteller at arbeidskarene der tyttet tykke frottéhåndklær utenpå lua når det var som kaldest. Mastemontering var riktig nok ikke mulig under den hardeste kulda. Men bendsling⁶ ”gikk til nød” i 38 grader minus, som Horn forteller.⁷

5) Nils Horn, sitert etter Skjold og Thue (2007), s. 422.

6) Bendsling er montering av linen permanent til armaturen i isolatorkjedene.

7) Tron Horn, opptegnelser datert 9. februar 1991. Opptegnelsene finnes hos Sverre Oftedal.

8) Oddmar Nordlien, sitert etter Skjold og Thue (2007), s. 422.

Først etter andre verdenskrig ble det innført restriksjoner på arbeid i ekstrem kulde. Mange fremskritt skjedde i 1950-årene. I denne tiden kom det også bedre arbeidsklær. Men ledningsbygger Oddmar Nordlien forteller at han så sent som ved Øvre Vinstra-ledningen i slutten av 1950-årene arbei-

det i temperaturer godt under 30 minus. Om bekledningen forteller Nordlien at den på denne tiden fortsatt fortrinnsvis besto av ull innerst mot kroppen, vadmel over, og filtstøveler på beina.⁸ På Øvre Vinstra-ledningen gikk dette, hevder Nordlien, fordi arbeidsfolkene for det meste besto av kuldevante gausdøler. Først i 1960-årene, med den gradvise innføringen av ny arbeidslovgivning, kom bestemmelser om forbud mot arbeid under ekstreme kuldeforhold og påbud om skikkelige arbeidsklær.

En nomadisk arbeidsplass

I egenskap av å være en mer eller mindre ren utendørs virksomhet, har ledningsbygging skilt seg vesentlig fra kraftverksbygging. I det minste etter andre verdenskrig, da det ble vanlig å bygge kraftverk i fjell, har dette vært et viktig skille. Men et enda større skille ligger i det vi kan kalle ledningsbyggingens *nomadiske* karakter. Mens kraftverksbygging av naturlige grunner er stedfast, det vil si at arbeidet skjer innenfor et avgrenset, konsentrert område, er ledningsbygging en virksomhet i nesten permanent bevegelse, der anleggsplassen flytter seg fra mastepunkt til mastepunkt over avstander på ikke sjelden mange mil. Dette forholdet har på flere måter preget ledningsbyggerens vilkår.

Den nomadiske karakteren har hatt særlig stor betydning for arbeidernes bosituasjon. I stedfast anleggsvirk-



Ofte var boforholdene enkle. Bildet viser brakke for innlosjering av ledningsbyggere på Tjeldøya, i forbindelse med byggingen av ledningen Kvanndal–Kanstadbotn i 1957. På bildet ser vi Anders Jakobsen, R. Ingebrigtsen og Arthur Pettersen. Foto: Arbeiderbevegelsens arkiv og bibliotek



Vintertransport med bulldosere og pulk, på ledningen Vågåmo–Øvre Vinstra i 1950-årene. På bulldoseren sitter Asbjørn Vangen. Foto: Arbeiderbevegelsens arkiv og bibliotek

somhet har det vært mulig å etablere det vi kan kalle en semi-permanent bo- og leveform. Som følge av at anleggsvirksomheten gjerne pågår over betydelig tid, og på et konsentrert område, har det vært mulig å bygge brakkeanlegg med rimelig akseptable fasiliteter – riktignok betinget av tids-epoke. Dette har tradisjonelt ikke vært mulig i ledningsbygging, ettersom denne virksomheten hele tiden flytter seg, og avstanden til brakkeanleggene derfor raskt ville bli uforholdsmessig stor. På samme måte som selve anleggsplassen har vært utpreget nomadisk, har derfor også livssituasjonen for ledningsbyggeren i sin alminnelighet vært mye mer flyktig og skiftende enn for anleggsarbeidere ellers.

Nomadetilværelsen har ført til at ledningsbyggerne gjennomgående har måttet ta til takke med til dels mye dårligere bostandard enn sine kolleger på kraftverksanleggene. Johan Bråthen, en av de virkelige veteranene innen ledningsbyggerfaget, var blant dem som fikk merke forskjellene. Som vi fortalte innledningsvis begynte Bråthen i 1918, sytten år gammel, som anleggsarbeider ved Rånåsfoss kraftverk i Akershus. Fire år senere ble han



Transport med snowmobile, Glomfjord 1954. Foto: Statkraft

med på byggingen av de store overføringsforbindelsene fra Nore kraftverk i Buskerud. Bråthen forteller følgende om forskjellene i bostandard: *”Boforholdene på Rånåsfoss var veldig fine, nesten som et hotell. Men når man var ute på ledningsarbeid var boforholdene så som så.”*⁹

Hvordan har så ledningsbyggeren faktisk bodd? I yrkets tidlige epoke, det

9) Bråthen, sitert etter Skjold og Thue (2007), s. 430.

vil si frem til omkring andre verdenskrig, var han langt på vei en omstreifer som var prisgitt de bomuligheter som fantes langs ledningstraseene. Det vanligste var å leie seg inn hos private, eller å ta midlertidig bolig i hytter eller andre bygninger langs ledningen. Telt var heller ikke uvanlig, så langt klimaet tillot det. Og kom man over et mer enn gjennomsnittlig brukbart sted å bo, var det ikke uvanlig å holde fast ved det så lenge som det var praktisk råd. Prisen å betale

var da økende reisetid – eller ”faringstid”, som det het i ledningsbygger-språket.

Begrepet faringstid har i det hele tatt stått svært sentralt i enhver ledningsbyggers tilværelse. Og faringstiden kunne bli temmelig omfattende, særlig der det ikke var bomuligheter i nærheten av anleggsplassen. Ofte var det ikke det, fordi kraftledninger gjerne går gjennom folketomme og uveisomme områder. Oppsynsmann Anton Bergli, som startet som ledningsbygger på NVEs kraftledning mellom Follum og Minne i 1941, var blant dem som tidlig fikk kjenne hva faringstid innebar. Bergli bodde halvannen mil utenfor Hønefoss. Til anleggsplassen brukte han én til halvannen time. I vår tids pendlersamfunn er det riktignok ingen unormalt lang reisetid. Men de mulighetene man hadde for å komme seg til og fra arbeidet, er knapt mulig å sammenligne med moderne pendling. Slik forteller Bergli om hvordan turen gikk for seg: ”Sykla

på jobben heile vinteren i opp til 30 kuldegrader, og var som regel på Hønefoss kvart på sju. Ble så plassert på åpent lasteplan og kjørt til arbeidsstedet på Follum-Minne. Samme rute tilbake om kvelden.”¹⁰ Faringstid på to, tre timer daglig, og under ganske tøffe forhold, var ikke uvanlig.

De store endringene i boforholdene kom i 1960-årene. Riktignok tok det lang tid før de kom på høyde med forholdene på kraftanleggene. Ved enkelte av NVEs ledningsanlegg i Nord-Norge bodde arbeidsfolkene i telt så sent som godt ut i 1950-årene – og ikke sjelden var det inntil åtte-ti mann under samme duk. Og ennå i begynnelsen av 1960-årene måtte for eksempel anleggsfolkene på Førre-Lyse-ledningen på Vestlandet tidvis bo i gamle seterbuer med enkel bordkledning, der vannbøtta frøys til is om natten og folkene måtte gå til sengs med lua på.¹¹ Men på denne tiden var mye i ferd med å endre seg.

Ved statens ledningsanlegg kom det virkelige løftet med anskaffelsen av prefabrikkerte skogsarbeiderstuer, utstyrt med enkle senger uten køyer, samt egne tørkerom som gjorde at man slapp å tilbringe fritid, matlaging og søvn blant vått og surt arbeidstøy som hang til tork. De lette og monterbare skogsarbeiderbrakkene lot seg flytte under arbeidets gang uten altfor mye kiv. Fra den tid økte komforten jevnt og trutt. I 1972 ble også enkeltrom innført som standard ved alle nye ledningsanlegg. Nå lignet ledningsbyggernes vilkår atskillig mer på dem som kraftverksbyggerne hadde levd under. Og med gode transportable brakker opphevet man et stykke på vei problemet med faringstid.

Innledningsvis hevdet vi at ledningsbygging i Norge har vært mye mer krevende enn i de fleste andre land, som

10) Bergli, sitert etter Skjold og Thue (2007), s. 431.

11) Skjold og Thue (2007), s. 431f.

Kvinner i en mannsbastion

Bygging, vedlikehold og reparasjon av kraftledninger har vært, og er fortsatt, et mannsdominert yrke. Til forskjell fra kraftverksutbygginger, der kvinner tidlig arbeidet som kokker på stedfaste anlegg, var kvinnelige ansatte et sjeldent syn i den mer nomadiske ledningsbyggervirksomheten. Der måtte mennene som regel ordne seg selv, hvis de ikke var så heldige å få losji og mat hos fastboende langs ledningstraseen. Ved statens ledningsutbygginger ble det fra 1960-årene mer ordnede boforhold, og på større anlegg ble det mer vanlig med faste anleggskokker, som på anlegg generelt fortsatt var et kvinnedominert yrke.

Etter hvert kom kvinner også inn i tekniske yrker i kraftbransjen, både som ingeniører og montører. ”Kvinnekraft” var navnet på en av kampanjene for rekruttering av kvinner til jobber i elektrisitetsverkene på 1980-tallet. Men fortsatt er det flest menn som bygger og vedlikeholder kraftledninger.



Fundamentlag sammen med anleggskokken, på trappen til anleggsbrakken ved Djupholma øst for Essandsjøen, under bygging av statens ledning fra Nea til Järpströmmen. Foto: Statnett

følge av krevende topografi og klima. Slik har det vært gjennom hele 1900-tallet. Arbeidsforholdene har imidlertid blitt sterkt forbedret, først og fremst gjennom teknologiske fremskritt, men også i kjølvannet av den moderne arbeidsmiljølovgivningen i 1960- og 1970-årene.

Samhold og måtehold

Forestillingen om anleggsarbeiderkulturen som en utpreget mannskultur dominert av røffe og brutale omgangsformer, alkohol og et opprørsk levesett, har utvilsomt mye for seg. Særlig godt passer den på tiden før andre verdenskrig, selv om forholdene kunne være ganske hardbarkede også lenge etter den tid. På den andre siden er den ikke like dekkende for alle typer anleggsvirksomhet. Blant annet skiller ledningsbyggermiljøet seg ganske mye fra det sosiale miljøet som tradisjonelt har preget kraftverksanleggene. På et generelt plan kan det synes som at ledningsbyggermiljøet har vært preget av en kultur som har vært "mykere i kantene" enn den som har eksistert på kraftverksanleggene. Hva skyldes det?

For å forstå de sosiale og kulturelle særtrekkene på ledningsanleggene, må vi for det første se på organiseringen av virksomheten. Ett viktig trekk ved ledningsbyggervirksomheten har vært den fragmenterte organisasjonen. Mens arbeiderne ved kraftverksanleggene ofte har vært samlet i store antall på konsentrerte områder – de velkjente "brakkebyene", har ledningsbyggerne primært bodd og levd i små og tette miljøer på kanskje ikke mer enn ti til tjue mann. Dette har åpenbart preget det sosiale miljøet.

Små, gjennomsluktige miljøer har antagelig virket disiplinerende, og bidratt til å stagge utsvevende livsførsel. Mens den tørste og utagerende kraftanleggsarbeideren alltid kunne finne likesinnede blant horder av kolleger, var dette langt fra like sannsynlig i de små ledningsbyggermiljøene. Fra disse er det i det hele tatt få vitnesbyrd å spore om bråk, vold og alkoholbruk. "Tilløp til misbruk ble nokså raskt kurert"¹², minnes for eksempel NVE-ledningsbygger Leif Fjellberg.



Brakkerigg på Sveipe, satt opp i forbindelse med byggingen av betongmastledningen Vinstra–Oslo på begynnelsen av 1950-tallet. Foto: Statnett



Ledningsbyggere var ofte idrettsfolk, og særlig var det mange dyktige skiløpere. På bildet ser vi fane for Elektriske Montørers Idrettslag. Foto: Arbeiderbevegelsens arkiv og bibliotek

Nå var det selvsagt ikke slik at ledningsbyggerfolk aldri tok seg en fest. Og da kunne det også gå hett for seg. Ledningsbygger Ludvig Viken erindrings for eksempel fra tiden på Sandvollbrakka på Husnes at det ble "levvert et slag" under en fest. Andre forteller om lignende episoder. På den andre siden: For Viken var dette den eneste gangen i hans yrkeskarriere at han opplevde noe slikt. Og slaget, understreker han, det ble ikke gjengjeldt.¹³ En lignende beretning fra en

brakke på Innset-ledningen i Troms i 1950-årene, bekrefter noe av det samme:

"Ved frokostbordet en dag var det veldig mye skrål og latter, gubbene prata i kjeften på hverandre og flira. Så begynte de å kas-

12) Leif Larsen, Trygve Lamnes, Leif Fjellberg, Ingulv Njerve og Signar Aanvik i samtale med Sverre Oftedal, 1. november 1990. Kassettnummer 18.

13) Ludvig Viken, sitert etter Skjold og Thue (2007), s. 435.

En kraftlinjesang

Fra sted og til sted, kraftlinjer bygges.
De går over jorder, i skog og i fjell.
Det er for at el.forsyning skal trygges
i "områder", og det blir lys hver kveld.

Folk bygger vegger, graver og sprenger,
støper fundamenter og graver ned "jord".
Henger i stroppen for å tjene penger,
måler og lodder med bånd og med snor.

Muskeger kjører til og i fra
med alle slags redskap og materiell.
Det er mangt som må stemme om alt skal gå bra,
akkorden skal holde før det blir kveld.

På vegene suser biler av sted
med betong og med stål og alle slags ting,
til bygging av linjer og til å reparere med
når terrengkjøretøyer får stopp i en sving.

Det er olje og telt, det er grease og bensin,
systemforskaling og betokem.
Det er alt som kan tenkes, en jobber som svin,
for transporten er virkelig viktig for dem.

Mastemontørene jobber og skrur.
De heiser og hiver, for alt skal jo opp.
Det er ståldeler alle steds, hvor en sig snur,
det er folk på bakken og folk i topp.

Og mastene gror opp, slanke og høye,
sølvgrå og mektig, mot himmel de vil.
Så utenforstående halsen må tøyse
når de skal beundre hva vi har fått til.

Liner monteres av driftige karer,
de henger opp "kjeder" og utkjøringsblokk.
De kjører ut liner, i radioen svarer
på anrop, og alle arbeider i flokk.

Det vinsjes og bremses, det hales og kjøres
og alt må innpasses og ei kjøres fast.
Linen må ikke med bakken berøres,
nei slepefritt må den fra mast til mast.

Og etter en tid står så kraftlinjen ferdig.
Den spenningsprøves og settes i drift.
Et arbeidsstykke som er NVE verdig,
og det kan omtales i ord og i skrift.

Men den som har jobbet, svettet og slitt,
han glemmes som oftest, og flytte han får.
Til neste oppgave, til sving og skitt,
og krøkes i ryggen, mens årene går.

Men mannen har alltid humør og han ser
at leken i livet, til alvor er blitt.
Han tar det som kommer og smiler og ler
og tenker "i bunn og grunn" dette er mitt.

Tekst av Magnulf Aanvik
Hentet fra *Fossekalen* nr 9/1981: 23

te smør på hverandre. Noen traff bedre enn de andre. Så var det en som fikk seg ei smørklyse, men reagerte kjapt og sendte ei klyse tilbake som traff midt i øyet. Vedkommende tok tenning, reiste seg og drog til den andre. Sceneforandringen var total: Fra støvende latter til stille som i graven."¹⁴

Det er grunn til å tro at ledningsbyggerarbeidet kanskje særlig har appellert til mennesketyper med det som kan kalles en "edruelig" grunnholdning. Ikke så rent få ledningsbyggere har i det minste delvis begrunnet sitt yrkesvalg med interesse for natur, friluftsliv og fysisk aktivitet. Om enn arbeid på kraftledninger var hardt, kunne det også by på alt dette, i tillegg til en ganske stor selvstendighet.

Nå har neppe alle vært like utpregede idretts- og naturmennesker som ledningsbyggerne og NVE-folkene Lars Bergendahl og Jon Grinaker. Bergendahl var i sin tid en av landets beste skiløpere, med deltakelse blant annet i VM i Zakopane i 1939. Mastemontør og senere ledningsformann Jon Grinaker var også en habil skiløper, med blant annet mange Holmenkoll-stafetter på merittlisten. Men en rimelig god fysikk og sans for natur og friluftsliv var likevel viktig dersom man skulle overleve yrket i lengden. Grinaker forteller at det var gleden ved fysisk utfoldelse i fri natur som lokket

¹⁴ Arthur Pedersen, Sigmund Dalås, Kåre Bakkelund og Hans Harder i samtale med Sverre Oftedal, 14. mars 1991. Kassetnummer 32.

ham til faget. Andre har fortalt om det samme.

En utdøende kompetanse og arbeiderkultur?

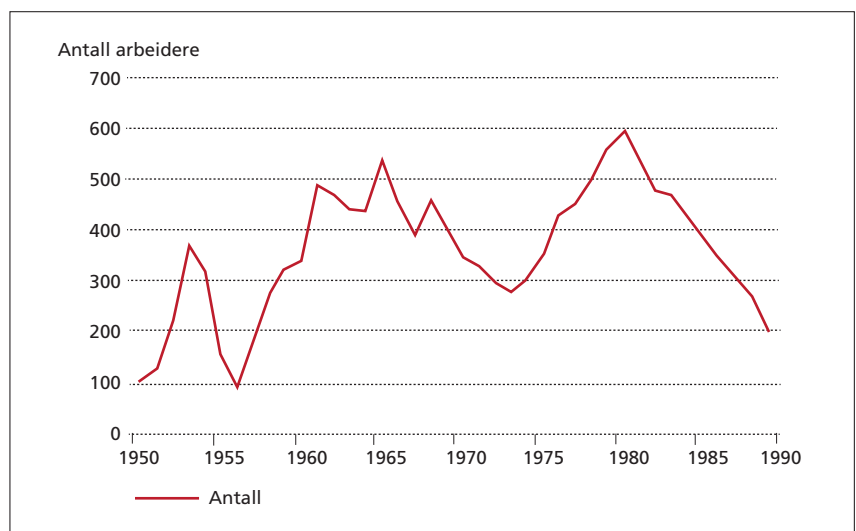
Som tabellen på neste side viser, utgjør perioden fra siste del av 1950-årene til første del av 1980-årene selve storhetstiden for norsk ledningsbyggevirksomhet. Tabellen viser riktignok kun den byggingen som skjedde i statens, det vil si NVEs, regi. Den gir likevel et dekkende bilde av virksomhetens utvikling, særlig den som omfatter byggingen av de store kraftledningene. NVE har stått som utbygger av omtrent 90 prosent av disse. Selve høydepunktet i antall ansatte på NVEs ledningsanlegg ble nådd i 1980, da an-



Som ledningsbygger bør man ikke ha høydeskrekk. På bildet utfører arbeidere fra Oslo Lysverker linemontasje på ledningen Hol–Aurland i 1973. Ukjent fotograf. Fra arkivet etter Oslo Lysverker / Oslo byarkiv

tallet tangerte 600. Staten har verken før eller siden hatt så mange ledningsbyggere i sitt brød samtidig.

Toppen omkring 1980 danner imidlertid også innledningen på en ganske hurtig og omfattende nedtrapping av denne tradisjonsrike og viktige virksomheten. Utover i 1980-årene falt antallet ansatte innenfor ledningsbyggervirksomheten dramatisk, inntil den



Antall arbeidere ved statens ledningsanlegg i perioden 1950-1990. Illustrasjon basert på tabell i Skjold og Thue 2007: 398



Ledningsbygging i norsk høfjellsterreng krever unik kompetanse. Bildet viser bygging av mast i Tafjordfjellene.
Foto: Tafjord Kraftnett

tidlig i 1990-årene på det nærmeste var avviklet. Siden den tid har faget langt på vei ligget nede.

Denne utviklingen skyldes først og fremst det forholdet at de store vannkraftutbyggingenes tid stort sett var

over ved inngangen til 1990-årene, samtidig som det norske sentralnettet på det nærmeste var helt utbygd. Nedtrapningen var altså en naturlig og nødvendig konsekvens av den voldsomme satsingen på feltet gjennom de tre, fire foregående tiårene. I tillegg kommer

det faktumet at kraftoverføringsanlegg, i likhet med kraftverk, har en svært lang levetid, og derfor ikke trenger kontinuerlig opprustning.

Denne utviklingen har minst én uheldig konsekvens, og en konsekvens

som kan by på visse utfordringer i fremtiden: Med nedtrappingen av ledningsbyggingen har også miljøet rundt denne virksomheten forvitret. I dag finnes det knapt noe igjen av det en gang så omfattende NVE-baserte ledningsbyggermiljøet. Statnett, som i dag har ansvar for sentralnettet, har riktignok opprettholdt deler av det ingeniørfaglige kompetansemiljøet som knytter seg til dette feltet. Men noe distinkt fagarbeidermiljø finnes ikke igjen i dag. Fremtidig kraftledningsbygging, som utvilsomt vil bli nødvendig, vil derfor måtte skje gjennom enten en viss gjenoppbygging av et slikt miljø, eller med basis i utenlandsk fagarbeidskraft. Dersom sistnevnte alternativ blir løsningen, representerer nedtrappingen fra og med 1980-årene ikke bare et mellomspill, men en varig avvikling av et fag og en arbeiderkultur som har stått helt sentralt i byggingen av det moderne Norge.



Ledningsnettet må også inspiseres. Her fra Aalfot interkommunale kraftselskaps spennmast ved Nordalsfjorden i Sogn og Fjordane, fotografert på 1920-tallet. Fotograf ukjent. Fra arkivet til NVE, Elektrisitetsdirektoratet

Kilder og litteratur

Aanvik, Magnulf (1981): En kraftlinjesang. I NVE: *Fossekallen* nr. 9/1981, s. 23.

Bjørnson, Øyvind (1990): *Arbeiderbevegelsens historie i Norge. Bind 2: På Klassekampens grunn (1900–1920)*. Oslo.

Gravdal, Jan og Våde, Vidar (2006): *Tyssefaldene. Krafttak i 100 år. 1906-2006*. Tyssedal/ Bergen: AS Tyssefaldene / Nord 4 Boverksted AS.

Holst, Johan C. (1929): Kraftoverføringsanleggene fra Nore. I *Elektroteknisk Tidsskrift* nr. 28, 1929.

NVE (1964): *Hva skjedde ved Statskraftverkene 1963*. Norges vassdrags- og elektrisitetsvesen.

NVE (1968): *Hva skjedde ved Statskraftverkene 1967*. Norges vassdrags- og elektrisitetsvesen.

Rein, Roger: (1999): *Linjer gjennom Nord-Trøndelag*. Nord-Trøndelag Elektrisitetsverk.

Skjold, Dag Ove og Lars Thue (2007): *Statens nett. Systemutvikling i norsk elforsyning 1890-2007*. Oslo: Universitetsforlaget.

For øvrig bygger denne artikkelen på den omfattende og svært verdifulle samlingen av intervjuer som overingeniør Sverre Oftedal i NVE gjennomførte med ledningsbyggere i årene omkring 1990. Dette intervjumaterialet har dannet et viktig utgangspunkt for de delene av prosjektet "Statens nett", gjengitt i litteraturlisten ovenfor, som omfatter arbeidsforhold og anleggsliv. Herved rettes en stor takk til Oftedal for det arbeidet han la ned for å sikre ettertiden dette verdifulle kildematerialet. Intervjumaterialet oppbevares i dag i Statnett SF.



Detalj av ventilhus ved
Kristiansand transformatorstasjon.
Foto: Henning Weyergang-Nielsen, NVE

Del 3

Utvalgte anlegg

I denne delen presenteres til sammen 43 kraftoverføringsanlegg – fordelt på 24 kraftledninger og 19 transformatorstasjoner – som vurderes å være av nasjonal kulturhistorisk interesse. De er valgt ut på bakgrunn av en rekke kriterier og ulike typer kulturminneverdier, både materielle og immaterielle. Utvalget skal til sammen utgjøre et representativt utvalg av kraftoverføringsanlegg i Norge fra pionertiden på slutten av 1800-tallet og frem til i dag, med hensyn til dimensjoner, spenningsnivå, materialbruk, tekniske løsninger, utforming/arkitektur, kraftforsynings organisering og bruksområde for kraften. Det etterstrebes også en kronologisk og geografisk spredning innenfor utvalget.

Utvalgte kraftoverføringsanlegg av nasjonal kulturhistorisk interesse

Fra regjeringen er det gitt retningslinjer for hvordan sektoren skal sikre at et representativt utvalg av sine kulturminner dokumenteres, forvaltes, formidles og ivaretas på en faglig forsvarlig måte. Med presentasjonen av utvalgte anlegg for kraftoverføring følger NVE opp sitt sektoransvar, på samme måte som det tidligere er gjort for kulturminner i kraftproduksjon (2006) og i vassdrag (2010).

De utvalgte anleggene i prosjektet "Kraftoverføringens kulturminner" viser på ulike måter den utviklingen og det mangfoldet som finnes innen kraftoverføringens fysiske spor i Norge. Både typiske og særegne anlegg er valgt ut, med stort spenn i kronologi, geografi og typologi. Flere anlegg kunne ha blitt valgt ut, og resultatet bør tolkes dit hen at også anlegg som ikke presenteres her kan ha nasjonal kulturhistorisk verdi.

Utvalget består av 24 kraftledninger og 19 koblings-/transformatorstasjoner. Anleggene presenteres i to bolker – én for ledninger og én for stasjoner. Innenfor hver bolke presenteres anleggene kronologisk etter tidspunkt for idriftsettelse.

Ulike kategorier kraftoverføringsanlegg

Gjennom årene har det vært tatt i bruk ulike teknikker, materialer og tekniske løsninger ved bygging av ledninger og transformatorstasjoner. Dette gjør det mulig å skille mellom en rekke ulike kategorier av slike anlegg. For å kunne presentere et representativt utvalg av norske kraftoverføringsanlegg har det derfor vært nødvendig å ta hensyn til spredning når det gjelder blant annet:

- årstall for idriftsettelse
- nettnivå (sentralnett, regionalnett, distribusjonsnett)

- spenningsnivå
- geografisk beliggenhet
- elektrisitetsforsynings organisering (privat, kommunalt, interkommunalt, regionalt, nasjonalt eller internasjonalt samarbeid)
- bruksområde for kraften (industri, jernbane, allmenn forsyning, byutvikling, kraft til distriktene, internasjonal kraftutveksling osv.)

I tillegg har det vært viktig å få representert anlegg som utmerker seg med hensyn til:

- viktige milepæler (som første, største, høyeste, lengste osv.) i norsk eller internasjonal sammenheng
- viktige ledd i elektrisitetsforsynings og samkjøringens historie
- spesielle samfunnsforhold, historie, politiske avgjørelser, folkelig engasjement eller andre hendelser knyttet til anlegget
- økonomisk betydning
- spesielle egenskaper knyttet til teknologi og konstruksjoner
- landskaps- og miljøtilpasning

Når det gjelder *kraftledninger* er det lagt vekt på å få representert ulike løsninger innen:

- mastemateriale (stål, tre, betong, limtre)
- linemateriale (stålaluminium, stål, kobber)
- lineoppheng (énkursledning eller tokursledning, simplex-, duplex- eller triplex-utførelse, planoppheng, trekantoppheng eller vertikaltoppheng).
- isolatorløsninger (ståisolatorer eller hengeisolatorer, ulike typer isolatormaterialer)
- byggemetoder, anleggsliv og arbeidsforhold

Når det gjelder *transformatorstasjoner* er det lagt vekt på å få representert ulike løsninger innen:

- typer koblingsanlegg (luftisolert, gassisolert)
- plassering av koblingsanlegg (innendørs, utendørs, i fjell/fjellskjæring)
- arkitektur i bygningsmassen

Avgrensninger

I det norske kraftoverføringssystemet finnes det tre organisatoriske nivåer:

- sentralnettet, som er riksveiene i det norske kraftnettet
- regionalnettet, som er et hovedfordelingsnett til større områder, industri og jernbane
- distribusjonsnettet, som er fordelingsnett av kraft til alminnelig forbruk

I prosjekt "Kraftoverføringens kulturminner" er det i all hovedsak anlegg knyttet til sentral- og regionalnettet som er vurdert for utvelgelse. Det har ikke vært mulig innenfor prosjektets rammer å utføre en fullstendig kartlegging av hele distribusjonsnettet og de kulturminneverdiene som finnes innenfor dette. Likevel er noen få enkeltanlegg fra distribusjonsnettet tatt med i vurderingen, der disse har pekt seg ut som særlig kulturhistorisk verdifulle i et nasjonalt perspektiv.

Under utvelgelsen har prosjektet kun vurdert anlegg som helt konkret benyttes til kraftoverføring, det vil si kraftledninger og koblings-/transformatorstasjoner. Rene administrasjonsbygg, arbeiderboliger, verksteder, ledningshytter osv. har ikke blitt vurdert for utvelgelse som egne anlegg, men nevnes eventuelt i beskrivelsene av større anlegg som de er tilknyttet. Heller ikke kabler i sjø og jord er valgt ut som egne anlegg, men nevnes i forbindelse med visuelt synlige anlegg som de er tilknyttet.

Kulturminneverdier som kriterier for utvelgelse

Kraftoverføringsanleggenes kulturhistoriske verdi er vurdert ut fra kriterier knyttet til kunnskaps-, opplevels- og bruksverdier. Kriteriene er satt opp på grunnlag av retningslinjer som benyttes i kulturminnevernet, blant annet i Riksantikvarens publikasjon "Alle tiders kulturminner. Hvorfor og hvordan verner vi viktige kulturminner og kulturmiljøer?" (2001), og i tilsvarende prosjekter innen andre sektorer i Norge, men er tilpasset den aktuelle tematikken. Kriteriene er mer generelle mål for kulturhistoriske verdier. Kriteriene er brukt vel så mye som en begrunnelse i beskrivelsene som et systematisk grunnlag for evalueringen. En generell regel er at hvert kulturminne må vurderes både ut fra seg selv og i sin sammenheng. Kriteriene er:

1. Alder

Prosjektet har hatt som mål å dokumentere hele epoken med kraftoverføring, og utvalgets spenn i alder skal reflektere dette målet. I enkelte tilfeller kan høy alder være en verdi i seg selv fordi slike anlegg ofte har hatt sterk betydning som pionerprosjekter for senere arbeid, og fordi det kan være få slike anlegg som fortsatt eksisterer.

2. Historisk kildeverdi og pedagogisk verdi

Kulturminner er viktige kilder om fortiden. De kan gi store mengder informasjon og en større historisk forståelse. De enkelte kraftoverføringsanleggenes historiske kildeverdi, og hvordan dette formidles, har derfor hatt stor betydning for utvelgelsen.

3. Estetiske og arkitektoniske kvaliteter

Et anlegg, eller deler av dette, kan oppfattes som særlig vakkert og estetisk, eller på annen måte være spesielt utformet. Det kan også være av høy arkitektonisk kvalitet, eller være representativt for en arkitekts arbeider eller en arkitekturhistorisk epoke.

4. Miljø- og landskapsforhold

Viktig er også hensynet til anleggets samspill med de omkringliggende omgivelsene, og det helhetlige miljøet dette skaper. Hvordan anlegget står i relasjon til sitt miljø og nærlandskap har særlig vært et sentralt moment for vurderingen av kraftledninger og utendørsanlegg på trafostasjoner.

5. Ledningsutforming

Kraftledninger, med master og liner, kan være konstruert og konfigurert på en rekke ulike måter. Hvordan disse løsningene er utført, enten de er unike i sin form eller representative for en stilart og/eller epoke, er av betydning for et anleggs verdi som kulturminne.

6. Bygg-, anleggs- og elektroteknikk

Gjennom kraftoverføringens historie kan man se en utvikling innen bygg-, anleggs- og elektroteknikk. I hvilken grad de ulike anleggene representerer de ulike tekniske og teknologiske utviklingstrinnene har derfor vært av betydning for utvelgelsen.

7. Materiell og visuell autentisitet

Med materiell autentisitet menes i dette tilfellet den eksakte bygningsmassen, mens det med visuell autentisitet først og fremst er viktig at utseendet virker opprinnelig. I utvelgelsen er det lagt vekt på om et anlegg har beholdt sin opprinnelige form, bygningsmasse og sitt visuelle uttrykk uendret, ettersom dette representerer en spesiell kildeverdi til å forstå teknisk og arkitektonisk nivå og stil fra den aktuelle perioden.

8. Kontinuitet

I noen tilfeller har anlegg for kraftoverføring blitt bygget om, rehabilitert eller endret på annen måte siden opprinnelig bygging, og de kan dermed vise utvikling innen teknikk og arkitektur. Slike forandringer kan ha verdi om det medfører at anlegget tydelig viser to eller flere epoker innen kraftoverføringshistorien.

9. Sjeldenhet

Dersom det er igjen bare ett eller svært få kraftoverføringsanlegg av en kategori som var mer vanlig tidligere, eller om det kun er få anlegg i en kategori som skiller seg klart fra øvrige anlegg, kan dette øke den kulturhistoriske verdien. Det er viktig å ivareta det unike, og dette kan gjelde både hele anlegg og/eller deler av et.

10. Representativitet

Det er verken mulig eller ønskelig å ta vare på alle kulturminner, men det utvalget som ivaretas må være representativt for ulike kategorier og tidsepoker. Der det fortsatt finnes et relativt stort utvalg av en bestemt type kraftoverføringsanlegg, har det i utvelgelsen vært naturlig å gi de best bevarte objektene høyest verdi som kulturminner.

11. Bruks- og ressursverdi i dag

Kraftoverføringsanlegg som i dag har stor bruksverdi, enten i opprinnelig form og funksjon (ofte omtalt som funksjonell autentisitet) eller med visse endringer og tilpasninger, er verdifulle som kulturminner. Her er det også lagt vekt på om de fortsatt er en økonomisk eller miljømessig ressurs.

12. Tilgjengelighet

Tilgjengelighet kan være med på å gi et anlegg kulturhistorisk verdi. Dersom et anlegg er lett tilgjengelig med hensyn til adkomst- og adgangsmuligheter, gir dette som regel også bedre formidlingsmuligheter.

13. Immateriell verdi

Enkelte kraftoverføringsanlegg er forbundet med spesielt viktige historiske forhold og hendelser, enten knyttet til enkeltepisoder eller en lengre utvikling. Dette kan gi dem særlig stor sosial, økonomisk, politisk eller kulturell historisk verdi. I denne sammenhengen er det også et viktig moment at enkelte anlegg kan være av stor betydning for menneskers identitet, og at de kan ha symbolverdi i en større sammenheng.

Prosjektet har vurdert anlegg i drift, samt enkelte utfasede anlegg av kjent kulturhistorisk betydning. Anlegg som ikke lenger eksisterer fysisk har ikke blitt vurdert for utvelgelse.

Utvelgelsesprosessen

Kraftoverføringsanlegg finnes over hele landet, og det er stor spennvidde i både dimensjoner, teknisk utførelse og tidspunkt for idriftsettelse, i tillegg til en rekke andre variabler. Samtidig har det – i motsetning til blant annet for kraftproduksjon – ikke vært gjennomført noen slik kartlegging av kraftoverføringsanlegg tidligere, og arbeidet må i stor grad ses på som et pionerprosjekt. Det har derfor vært en omfattende og krevende oppgave å plukke ut de anleggene som til sammen skal utgjøre et representativt utvalg av nasjonal kulturhistorisk interesse.

Under første del av evalueringsprosessen har prosjektgruppen gjennomgått store mengder kildemateriale (tidskrifter, årbøker, jubileumsbøker, annen litteratur, arkivmateriale, kart og tegninger, bilder, databaser) for å danne seg bilde av hva som finnes av kulturhistorisk interessante kraftoverføringsanlegg. Parallelt med dette ble det sendt ut brev til kulturminneforvaltningen i alle fylkeskommunene, samt byantikvarene i Oslo, Bergen, Trondheim og Stavanger, som inviterte til innspill om aktuelle anlegg. Det ble i tillegg sendt ut brev til 81 ulike netteierselskap, med mulighet for innspill om vurdering av egne anlegg, samt oppnevning av kontaktperson i hvert enkelt selskap. Prosjektgruppen tok også kontakt med en rekke ressurspersoner med lang erfaring fra bransjen og mye kunnskap om tematikken.

Prosjektgruppen satte deretter opp en oversikt over anlegg som var aktuelle for nærmere vurdering, og gjennomførte en rekke befaringer. Det ble tidlig klart at det ikke ville være mulig å sette opp en fast matrise der man kunne rangere ulike anlegg ut fra en poengvurdering av kulturhistoriske verdier. Til det var det alt for mange variabler som i ulik grad måtte tas hensyn til. I stedet veide prosjektet ulike anlegg opp mot hverandre,

diskuterte og satte opp forslag til utvalg. Noen anlegg pekte seg tidlig ut som åpenbare kandidater til å komme med i utvalget, mens andre var gjenstand for lengre diskusjoner og avveininger mot andre anlegg. Utvelgelsesprosessen må dermed kunne sies å ha bestått av en dynamisk evaluering.

Utvalgets omfang vil alltid være et tema som kan diskuteres. Det finnes ikke noe fasitsvar på hvor mange kraftoverføringsanlegg som er kulturhistorisk verdifulle i et nasjonalt perspektiv. Prosjektet har i sin utvelgelse til slutt falt ned på 24 ledninger og 19 transformatorstasjoner. Mange flere kunne på ulike måter ha forsvart en plass i utvalget, men ett sted må man sette sluttstrek, både av hensyn til utvalgets og presentasjonens omfang, og av hensyn til hva som er mulig innenfor en prosjektramme på to år.

Det er som nevnt etterstrebet en spredning med hensyn til kronologi, geografi, dimensjoner og anleggstyper. Likevel har enkelte skjevheter vært vanskelig å unngå. For eksempel ble det bygget en rekke arkitektonisk påkostede transformatorstasjoner – særlig på Østlandsområdet – på 1910- og 1920-tallet. Flere av disse er godt bevart og det har vært viktig for prosjektet å få med et knippe av disse i utvalget. Tilsvarende er det mange utvalgte ledninger fra perioden rundt 1960-årene. Dette var ledningsbyggerens storhetstid, da landet skulle bygges og elektrisitetsforsyningen skulle nå frem til både storbyene, de små avkrokene, kraftkrevende industri og et internasjonalt kraftmarked. Det er derimot få utvalgte anlegg fra femtenårsperiodene 1930–1945 og 1995–2010. Dette skyldes hovedsakelig liten byggeaktivitet i disse periodene – både av kraftverk og kraftoverføringsanlegg. I tillegg er mengden av utvalgte transformatorstasjoner på sentralnettsnivå begrenset av hensyn til kraftsystemsensitiv informasjon.

Flere av anleggene som er med i det endelige utvalget kan sees på som representative for en epoke eller en større kategori anlegg. Ofte har det vært vanskelig å avgjøre hvilket eller

hvilke anlegg som skulle velges ut. I andre tilfeller kan det ha skjedd en viktig utbygging av kraftledning og transformatorstasjon i samme system på samme tid, og det har vært vanskelig å vurdere om ledningen eller stasjonen skulle innlemmes i utvalget.

Utvalget som presenteres bør derfor ikke stå til evig tid, og det anbefales en ny evaluering om 10–20 år. Kanskje vil det ved en slik gjennomgang komme frem ny informasjon og nye momenter som fører til at utvalget blir et annet. Anlegg som ved denne anledningen var svært nær en plass i utvalget, vil kanskje vurderes som viktigere enn anlegg som ble valgt ut. Om noen år vil man også ha tilegnet seg en bedre forståelse av de kulturhistoriske verdiene i en del av de anleggene som planlegges og bygges i årene rundt dette prosjektets ferdigstilling.

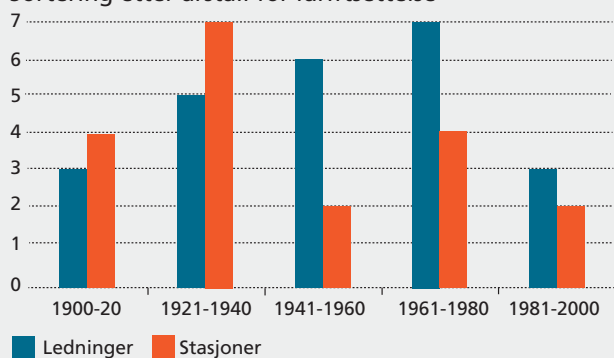
Kilder og informasjon

I utarbeidelsen av anleggsbeskrivelsene er det benyttet ulike kilder. En del litteratur om generell kraftoverføringshistorie gir et godt grunnlag for kunnskap om både enkeltanlegg og større sammenhenger i systemet. Her kan blant annet nevnes NEVFs to jubileumsbøker (1951), de to bindene om norske kraftverker (1954, 1966), Samkjøringens jubileumsbøker (1959, 1982), trebindsverket "Statens kraft" (2006), Statnets tiårsjubileumsbok (2001), "Statens nett" (2007), NVEs "Kulturminner i norsk kraftproduksjon" (2006), samt NVEs og senere Statkrafts tidsskrift "Fossekalen".

Når det gjelder informasjon konkret knyttet til enkeltanlegg, har i mange tilfeller de ulike kraft- og nettselskapenes egne jubileumsbøker vært meget gode innledende kilder. Videre har denne informasjonen gjerne blitt satt i sammenheng med utfyllende opplysninger fra NVEs og de ulike nettselskapenes arkivmateriale og faktaopplysninger fra NVEs kraftledningsdatabase. I tillegg har ikke minst muntlige kilder hos det aktuelle nettselskapet, eller personer som på annen måte har, eller har hatt, tilknytning til det aktuelle anlegget, bidratt med viktig informasjon. Her har opplysninger fra både

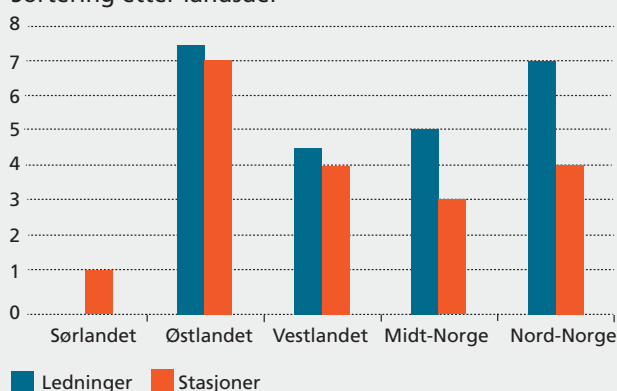
Fordeling av utvalgte anlegg

Sortering etter årstall for idriftsettelse



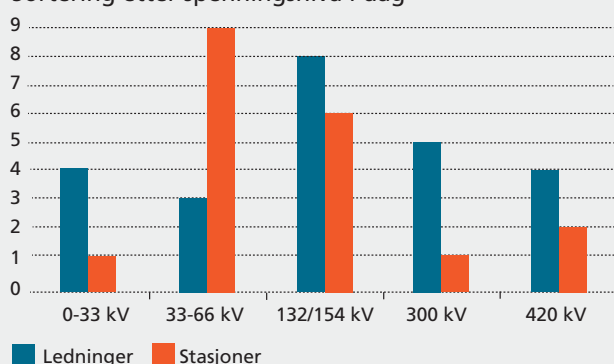
Oversikten viser utvalgets kronologiske spredning, inndelt etter når de ulike anleggene opprinnelig ble satt i drift. Anleggene er her delt inn i 20-årsperioder, og det er verdt å merke seg at det innenfor de enkelte 20-årsperiodene vil være ulik grad av kronologisk spredning. For eksakt årstall for idriftsettelse av hvert enkelt utvalgt anlegg henvises det til de respektive anleggsbeskrivelsene.

Sortering etter landsdel *



Oversikten viser utvalgets geografiske spredning, inndelt etter landsdeler. Antallet utvalgte anlegg i hver landsdel varierer, ikke minst med bakgrunn i de ulike landsdelenes størrelse og den generelle tettheten av kraftoverføringsanlegg i området. For en fullstendig oversikt over de utvalgte anleggenes geografiske spredning henvises også til oversiktskartene over henholdsvis ledninger og stasjoner i forbindelse med anleggsbeskrivelsene.

Sortering etter spenningsnivå i dag



Oversikten viser utvalgets spredning i spenningsnivå, med utgangspunkt i dagens situasjon. Dette gir også en god indikasjon på anleggets fysiske dimensjoner. Viktig å merke seg her er at flere av anleggene opprinnelig ble satt i drift med et lavere spenningsnivå enn det de drives med i dag, og at fordelingen dermed ville ha sett annerledes ut om man tok utgangspunkt i spenningsnivå ved idriftsettelse. For hvert enkelt anleggs utvikling innen spenningsnivå henvises det til de respektive anleggsbeskrivelsene.

* Én ledning (Sima-Dagali) går fra Vestlandet til Østlandet. I statistikken er denne ført opp som 0,5 på Vestlandet og 0,5 på Østlandet.

nåværende og tidligere involverte personer vært av meget stor betydning for beskrivelsene.

I hver enkelt anleggsbeskrivelse henvises det til den relevante litteraturen som har vært benyttet. Dette kan også fungere som en kanal for videre fordykning i tematikken for de som ønsker det. Det refereres i tillegg til de muntlige kildene som har bidratt til hver enkelt anleggsbeskrivelse.

Anleggsbeskrivelsene

De ulike anleggsbeskrivelsene vil til sammen gi en representativ oversikt

over utbyggingen av kraftoverføringsanlegg i Norge. De belyser hvorfor og hvordan man har planlagt, bygget og driftet, og eventuelt modernisert, utvidet, bygget om eller faset ut, slike anlegg. Viktig er også de tekniske løsningene som er valgt, materialbruk, anleggets arkitektur og utforming, og hvordan anlegget står i forhold til sine fysiske omgivelser.

Alle anleggsbeskrivelsene innledes med en gjennomgang av det aktuelle anleggets bakgrunn og historikk. Hvorfor og hvordan ble anlegget bygget? I hvilken sammenheng inngår anleg-

get? Hvem har vært ansvarlig for bygging og drift? Hvilke viktige endringer har skjedd underveis? Hvordan fremstår anlegget i dag? De aspekter og elementer som vektlegges i historikken er i stor grad et resultat av det aktuelle anleggets form, formål, funksjon og særpreg.

Deretter følger et underkapittel om teknisk utførelse, både presentert slik det var ved anleggets idriftsettelse, og med hensyn til eventuelle senere endringer. For kraftledninger omhandler dette i stor grad materialbruk og dimensjoner i master, liner

og andre komponenter, ledningens lengde, spenningsnivå og tekniske oppsett. For transformatorstasjoner tar det først og fremst for seg spenningsnivå inn og ut, transformator kapasitet, utførelse av kontrollapparat og koblingsanlegg, og presentasjon av særlig viktige komponenter.

Etter dette er det et skille mellom lednings- og stasjonsbeskrivelsene. For kraftledninger kommer det et underkapittel kalt "landskap og miljø". Her beskrives ledningens trasé og hvordan ledningen fremstår i forhold til omkringliggende natur- og kulturlandskap. Underkapittelet ser på eventuelle konflikter knyttet til trasévalget, eventuelle andre konflikter knyttet til landskaps- og miljøproblematikken, og eventuelle tiltak med hensyn til dette. For transformatorstasjoner vil det komme et underkapittel kalt "arkitektur". Her beskrives materialbruk, utforming og arkitektur i kontrollbygg og eventuelt i andre byg-

ninger ved stasjonen, hvem som var arkitekten (hvis dette er kjent), og hvilke arkitekturhistoriske perioder bygningene kan relateres til. Det fokuseres på arkitektur både i helhetlig utforming og i detaljer.

Beskrivelsene av både kraftledninger og transformatorstasjoner rundes av med et underkapittel kalt "begrunnelse". Dette tar for seg de viktigste aspektene som gjør det aktuelle anlegget kulturhistorisk interessant, og som dermed er grunnlaget for at anlegget er valgt ut. De kulturhistorisk interessante aspektene oppsummeres også i faktaboksen "viktige momenter" i slutten av hver anleggsbeskrivelse.

De ulike underkapitlene varierer i omfang avhengig av hvor mye plass det er naturlig å vie de enkelte temaene i hvert tilfelle. For eksempel vil et anlegg som er valgt ut først og fremst på grunn av sine arkitektoniske kvaliteter, som regel ha et lengre under-

kapittel om arkitektur enn et anlegg som i stor grad er tatt med på grunn av sine tekniske løsninger. Et slikt anlegg vil imidlertid som regel ha et tilsvarende langt underkapittel om teknisk utførelse. Dersom det har vært stor miljødebatt rundt byggingen og driften av en kraftledning, vil denne som regel ha et relativt langt underkapittel om landskap og miljø. Anlegg som velges ut på grunn av sin viktige samfunnsmessige betydning, vil ofte ha en forholdsvis lang innledende historikkdel.

Hver anleggsbeskrivelse inneholder i tillegg et kart som viser det aktuelle anlegget. Kart som viser transformatorstasjoner har alle målestokk 1:250 000. Kart som viser kraftledninger har varierende målestokk fra 1:250 000 til 1:2 500 000, avhengig av ledningens lengde. Tilknyttet kartene vil det også være listet opp enkelte essensielle faktaopplysninger om hvert enkelt anlegg.

Tegnforklaring til kartene for de enkelte anlegg

 Transformatorstasjon/kraftverk	 Bymessig bebyggelse
 Ledning	 Tettbebyggelse
 Kommunegrense	 Industri
 Fylkesgrense	 Dyrket mark
 Riksgrense	 Skog
 Europavei	 Myr
 Riksvei	 Isbre
 Fylkesvei	 Snø/Isbre
 Tunnel	
 Jernbane	

Målestokk: 1 : 250 000 for transformatorstasjoner,
1 : 250 000 til 1 : 2 500 000 for ledninger

Kartgrunnlag: Norge digitalt / Statens kartverk N250

Kartografi: Øivind Bernhard Andersen

Ledninger



Hammeren – Oslo

Dagens ledning fra Hammeren til Korsvoll følger deler av den opprinnelige traseen for ledningen Hammeren–Kristiania fra år 1900. Dette var hovedstadens første overføring fra vannkraft, og et pionerprosjekt i sin tid. Ledningen står i dag med gjenbrukte master fra tidlig på 1920-tallet.

Oslo, eller Kristiania som byen het på den tiden, fikk kommunalt elektrisitetsverk i 1892. Dette var et kullfyrt dampkraftverk i Rosenkrantzgate. Det kom imidlertid raskt kritikk mot at elektrisitetsverket satsset så ensidig på dampkraft. Vannkraften hadde begynt å bli tatt i bruk forskjellige steder i verden, også i Norge.

I 1897 ble det nedsatt en elektrisitetskomité som skulle vurdere dette spørsmålet. I sin innstilling i desember samme år framholdt komiteen at elektrisitetsverket burde vurdere å gå over til vannkraft. Veksten i det alminnelige elektrisitetsforbruket, og krav fra sporveiene om strøm, gjorde det dessuten nødvendig å øke verkets

produksjonskapasitet. Det ble derfor foreslått å innhente tilbud på fallrettigheter, og i februar 1898 ble det avtert etter fossen.

I et møte 29. juni 1898 besluttet bystyret å erverve vannrettighetene i Bjørnsjøelva og Skjærsløelva i Nordmarka. Videre bestemte bystyret at det skulle gjennomføres en kraftutbygging som skulle omfatte inntak i Skjærslødammen, rørledninger, kraftstasjon ved Hammeren i Maridalen og kraftoverføring fram til en sekundærstasjon på Ankerløkka i Hausmannsgate. En av grunnene til at valget falt på Hammeren var den korte avstanden til byen, noe som gjorde kraftoverføringen til en overkommelig oppgave.

Fra kraftverket skulle strømmen overføres gjennom en 7,7 km lang luftledning til en koblingskiosk i Kingos gate, like ved den daværende Steinløkka (fra 1914 omdøpt til Alexander Kiellands plass), og derfra videre gjennom en 1,35 km lang jordkabel til Ankerløkka (senere Ankertorget) sekundærstasjon på Østre Elvebakke. Luftledningen måtte for øvrig legges over eiendommene til de tre gårdene Nordberg, Nordre Tåsen og Søndre Tåsen. Sorenskriverens skjønn kom derfor frem til at grunneierne skulle få 7300 kroner i erstatning for de komplikasjonene dette måtte medføre. Ledningsbyggingen ble utført i løpet av 1899-1900, og hele anlegget ble satt i drift den 15. juni 1900. I sekundærstasjonen ble



kraften omformet til likestrøm. Litt over halvparten av produksjonen gikk til sporveiene og resten gikk til alminnelig forsyning.

Allerede før Hammeren kraftverk ble satt i drift, ble det lagt frem forslag om utvidelser av anlegget. Etter en lang debatt i bystyret ble det votert 18. april 1901, og elektrisitetsverkets forslag om installasjon av to nye aggregater ble vedtatt. Arbeidene ble utført allerede samme år, og som følge av dette ble det i 1903-1904 bygget ytterligere en luftledning mellom Hammeren og Kingos gate. I 1913 ble, som følge av at byens bebyggelse utvidet seg, en større del av luftledningen erstattet av jordkabel. Kiosken i Kingos gate ble dermed faset ut til fordel for en ny koblingskiosk på Tåsen.

Etter hvert bredte hovedstadsområdet bebyggelse seg stadig utover. Store arealer nord for sentrum ble på 1920- og 1930-tallet utparsellert til boligbebyggelse, og boligbyggingen i området skjøt i tillegg ekstra fart med åpningen av Sognsvannsbanen i 1934. På grunn av dette ble det også nødvendig med nye endringer på Hammerenledningen. I forbindelse med en større ombygging som inkluderte endring av strømsystemet i Hammeren, ble ledningen i 1927 ført inn i den nybygde Ullevål transformatorstasjon, mens stasjonen på Ankerløkka



Detalj av mastefundament i Maridalen. Foto: Henning Weyergang-Nielsen, NVE



Fra byggingen av den første ledningen mellom Hammeren og Ankerløkka i 1899. Linjestrekking i krysset Kierschows gate / Uelandsgate på Sagene. Ukjent fotograf. Fra arkivet etter Oslo Lysverker / Oslo byarkiv

i stedet gikk over til bruk i hovedstadens ordinære fordelingsnett. I 1931 ble jordkabelanlegget ført videre til Havna-bakken, og luftledningens lengde ble redusert til ca 4,4 km. I dag slutter luftledningen like nord for Korsvollsbegyggelsen, og har en lengde på ca 3,5 km. Inntaket er også flyttet til Korsvoll transformatorstasjon.

Hele ledningen ble spenningsoppgradert fra 5 til 10 kV (i dag omtalt som 11 kV) i 1968. Ved denne anledningen bygget man en dobbel trefase overføring på en felles rekke stålmaster. I stedet for å bygge helt nye master, tok Oslo Lysverker i bruk en rekke stålmaster som tidligere hadde vært i bruk på Aker Elektrisitetsverks 47 kV-ledning som omkranset Oslo¹. Denne ledningen gikk fra Kastellet til Lilleaker. Mastene som ble flyttet til Maridalen er hentet fra ulike steder, men en stor andel er hentet fra partiet mel-

¹ Denne ledningen omtales ytterligere i forbindelse med beskrivelsen av Tonsen transformatorstasjon

lom Korsvoll og Kristiania Spigerverk i Nydalen. Stålmastledningen ble bygget parallelt med den bestående tremastledningen, og arbeidet ble utført i løpet av tre vintre fra 1965 til 1968. Den nye ledningen ble satt i drift 14. august 1968, og man kunne deretter rive de gamle tremastene.

Det kommunale elektrisitetsverket skiftet i 1930 navn til Oslo Lysverker, som igjen ble til Oslo Energi AS i 1991. Etter en større omorganisering i 1996 ble nettvirksomheten organisert i Oslo Energi Nett AS, som igjen ble tatt opp i Hafslundkonsernet i mars 2002. Det er i dag Hafslund Nett AS som eier og driver ledningen Hammeren-Korsvoll.

Teknisk utførelse

Den første luftledningen fra Hammeren ble utført med trestolper av 12,5 m lengde og med minst 20 cm toppdiameter. Det ble montert to linesett med fire kobbertråder hver, hvorav to med 8,2 mm og to med 6,9 mm diameter (tverrsnitt var henholdsvis 53 mm



Mastetopp i Maridalen, med to traverser og liner i trekantoppheng på hver side av mastestammen. Utformingen av traversene er typisk for master bygget tidlig på 1920-tallet. Foto: Henning Weyergang-Nielsen, NVE

og 37,4 mm). Det ble også montert to topliner av stål som vern mot lynnedslag. Stolpene ble reist av elektrisitetetsverket, mens levering og montasje av liner, beslag og isolatorer ble utført av firmaet J. & A. Jensen og Dahl. Kabelanlegget besto av to kabler hver med tre ledere av tverrsnitt 2×60 og 1×85 mm². Leverandør var firmaet Berthoud, Borel & Cie. i Sveits. Utvidelsen i 1904 hadde samme tekniske utførelse som den opprinnelige ledningen, men mastebildet var her vesentlig enklere.

På dette tidspunktet hadde trefase vekselstrøm med 50 perioder/sekund allerede rukket å etablere seg som en effektiv standard for kraftoverføringer i Norge. Produksjonen og overføringen av kraften fra Hammeren ble imidlertid bygget med et ganske særpreget tofasesystem, med 46,6 perioder/sekund over 2×4 liner. Dette hadde likhetstrekk med det systemet som blant annet ble brukt ved den første store Niagarautbyggingen i USA i 1895.

Trefasesystemet var på denne tiden støttet av de mest anerkjente leverandørene av elektroteknisk utstyr, men for Hammeren valgte man altså en leverandør av et elektrisk system som ikke direkte kunne kobles sammen med dette systemet. Det er mye som tyder på at elektrisitetetsverket først og fremst ønsket å unngå en konflikt med Siemens, som hadde søkt patent på trefasesystemet.

Dette systemet fikk også betydning for spenningsnivået. Overføringen var i utgangspunktet på 5 kV, men i et tofasesystem er vekselstrømsbølgene i de to fasene forskjøvet med en kvart periode i forhold til hverandre (i motsetning til $1/3$ periode i et trefasesystem), slik at spenningsforskjellen mellom ytterfasene blir 7 kV. Etter dagens standarder er det vanlig å måle spenningsnivået for ledninger mellom de to ytterste fasene, så i et slikt perspektiv kan man nok hevde at så lenge ledningen ble drevet som tofase, var spenningsnivået 7 kV.

I 1927 ble det utført en større ombygging av kraftverket på Hammeren der de seks gamle aggregatene ble skiftet ut med ett nytt. Man faset samtidig ut det gamle tofasesystemet og installerte et nytt system med trefase vekselstrøm. Kraftledningen ble koblet om til en dobbel 5 kV-trefaseoverføring, fordelt på de to stående rekkene med tremaster. I tillegg ble innføringen til Ankerløkka sløyfet, og kraften i stedet tatt inn på vekselstrømmettet i Ullevål transformatorstasjon. Senere har inntaket igjen blitt flyttet til Korsvoll transformatorstasjon.

Mot slutten av 1960-årene og begynnelsen av 1970-årene ble fordelingsnettet i Oslo spenningsoppgradert fra 5 til 10 kV. I sammenheng med dette satte man i 1968 inn en transformator i Hammeren kraftverk, og denne økte spenningen fra 5 kV generatorspenning til 10 kV ledningsspenning på overføringen til Oslo. I dag omtales dette spenningsnivået som 11 kV (i praksis er spenningen ca 10450 Volt).

Ved denne anledningen bygget man også om ledningen til en enkelt stål-mastledning med to strømkurser og la opp liner av typen FeAl 120. En ny galvanisert forankringsmast i stål ble satt opp like ved kraftverket.

Jordkablene som i dag går de siste 1100 meterne inn til Korsvoll transformatorstasjon, er av typen Cu 150 (papirisolert massekabel), men med Cu 185 på de siste 100 meterne for å minske varmetapet. I 2005 ble kablene fra bakken og opp i endemasten på luftledningen skiftet ut med PEX 240Al kabel, det vil si en plastisolert (kryssbundet polyethylene) kabel.

Landskap og miljø

Fra Hammeren kraftverk, like ved Skjærsvjelvas utløp nordvest i Maridalsvannet, går ledningen sørover langs vestsiden av Maridalsvannet og Maridalsveien i omkring 3,5 km. Terrenget er i all hovedsak skog med enkelte innslag av jordbruk. Luftledningen ender ved Grinda, like nord for boligbebyggelsen på Korsvoll, og derfra fortsetter ledningen som jordkabel i ca 1,1 km frem til Korsvoll transformatorstasjon.

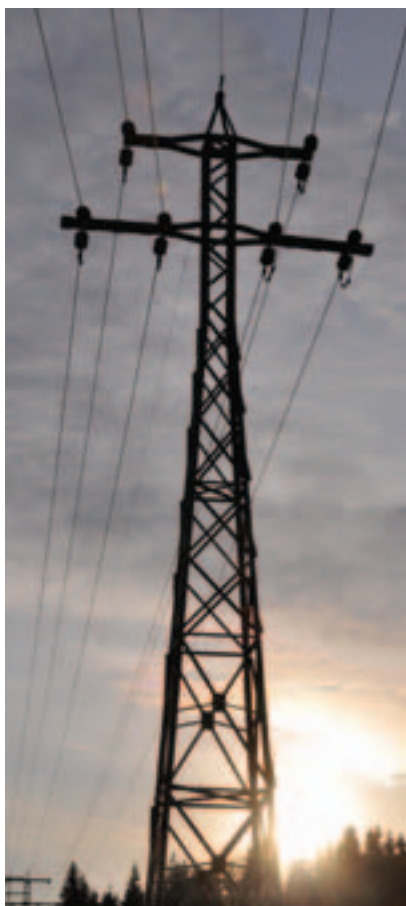


Foto: Henning Weyergang-Nielsen, NVE



Hammeren kraftverk fra 1900 er fortsatt i full drift. Anlegget var trolig landets første arkitekttegnede kraftverk. Foto: Arne Vegard Langmo, Hafslund Nett

Da Hammeren–Oslo ble bygget for over hundre år siden, var kraftledninger i langt større grad ansett som et statussymbol enn et miljøproblem. De begrensede dimensjonerte tremastene var da heller ikke spesielt dominerende i landskapet. De stålmasterne som i dag finnes på ledningen gjennom Maridalen, er riktig nok overdimensjonerte i forhold til hva som er nødvendig for overføringer på 11 kV, men er likevel av såpass begrensede dimensjoner at de ikke utgjør noe større visuelt inngrep. De er i tillegg malt grønne, noe som gjør at de er godt tilpasset omgivelsene.

Begrunnelse

Før Hammeren kraftverk ble satt i drift, hadde Kristiania i åtte år hatt kommunal elektrisitetforsyning fra et kullfyrt dampkraftverk i Rosenkrantzgate. Elektrisiteten herfra var imidlertid kostbar, produksjonen var svært begrenset og overføringsnettene hadde liten utstrekning. Det var derfor en helt ny verden som åpnet seg for hovedstadens innbyggere da vannkraften fra Hammeren nådde byen i år 1900. Langt flere av byens innbyggere fikk tilgang på elektrisitet, bruksområdene gikk fra tidligere bare belysning til å omfatte også bruk i husholdninger og etter hvert oppvarming, og for

industrien ble elektrisitet den suverent viktigste drivkraften. Byggingen av Hammeren kraftverk og overføringsledningen til byens sentrum var i tillegg et pionerprosjekt der man høstet helt avgjørende erfaringer før de store utbyggingene i Glomma ble satt i gang noen få år senere.

Tofasesystemet, som ble tatt i bruk fra idriftsettelsen og frem til 1927, var meget spesielt og unikt i norsk sammenheng. Dette var også med på å gjøre overføringsspenningen rekordhøy. Overføringer på 5 kV hadde allerede blitt tatt i bruk i Norge i noen få tilfeller, men dette var trefaseoverføringer. Hammerenledningen var imidlertid drevet med 5 kV tofase. I dette systemet blir da spenningsnivået mellom ytterfasene 7 kV, og dermed var dette den ledningen i landet med høyest spenningsnivå. Statusen ble beholdt i noen måneder, frem til ledningen Kringsjø–Kristiansand ble satt i drift med 10 kV senere i år 1900.

Gittermastene i stål som i dag er i bruk på luftledningen, ble reist i perioden 1965–1968. De var imidlertid da gjenbruk av master fra Aker Elektrisitetsverks 47 kV-ledning som omkranset Oslo. Denne ledningen ble bygget tidlig på 1920-tallet, hvilket betyr

at de mastene som i dag benyttes på Hammerenledningen, er blant de eldste i landet som fortsatt er i drift.

Hammeren kraftverk er i seg selv et viktig kulturminne. Dette er et av landets eldste vannkraftverk, og det første som produserte vannkraft til hovedstaden. Det er også trolig det første arkitekttegnede kraftverket i landet (arkitekt Ingvar O. Hjort). Det over hundre år gamle anlegget er fortsatt i drift, og fremstår i dag som meget godt vedlikeholdt.

Den opprinnelige mottakerstasjonen på Østre Elvebakke, senere kalt Ankerstorget, ble i likhet med kraftverket tegnet av arkitekt Ingvar O. Hjort, og oppført i nyromansk stil med fasader i rød tegl tilpasset den nærliggende Jakob kirke (i dag Kulturkirken Jakob). Senere har den blitt bygget på flere ganger, og arkitekter som Hjort, Carl Ferdinand Linthoe, Thorvald Astrup og Christian Astrup har vært involvert i de ulike byggetrinnene. Ankertorget er i dag faset ut som koblings- og transformatorstasjon, og er tatt i bruk som Norsk design- og arkitektursenter (DogA).

Nye Korsvoll transformatorstasjon, som i dag tar i mot kraften fra Hammeren, ble satt i drift i 1955. Bygget er oppført i jernbetong og kledd med tegl, pent utformet av arkitekt Georg Greve.



En nyere forankringsmast er satt opp like ved Hammeren kraftverk.
Foto: Arne Vegard Langmo, Hafslund Nett

Viktige momenter:

- pionerprosjekt fra kraftoverføringens barndom
- første vannkraft til hovedstaden
- særegent tofasesystem
- i en kort periode Norges høyeste spenning
- 5 kV jordkabler i år 1900
- master fra 1920-tallet i bruk
- Hammeren kraftverk
- Ankertorget sekundærstasjon

Kilder

Litteratur:

Johannessen, Finn Erhard (1992): *I støtet – Oslo Energi gjennom 100 år*. Oslo: Ad Notam Gyldendal.

Ljøgdø, Lars (1975): *Hammeren kraftverk 75 år*. Oslo Lysverker.

NVE (2006): *Kulturminner i norsk kraftproduksjon* Oslo: Norges vassdrags- og energidirektorat. Rapport nr. 2/2006.

Sandberg, Johannes (1951): *Trekk fra elektrisitetsforsyningens utvikling – Del 2. Utviklingen i vårt land 1901-1951*. Oslo: Norske Elektrisitetsverkers Forening.

Muntlige kilder:

Rune Aasgaard, dr. ing., geografisk informasjonsteknologi

Hans Haakon Faanes, tidl. professor i elkraftteknikk ved NTH/NTNU

Arne Vegard Langmo, Hafslund Nett AS

Arne Kr. Larsen, tidl. Hafslund Nett AS

Rune Thomassen, Hafslund Driftssentral

Johan Fredrik Ziesler, tidl. Oslo Lysverker

Tysso I – Odda Smelteverk

“Kl. 7 f.m. blev spænding opkjørt til Odda med Generator No. 5. Spænding 11700 Volt. Drift av Lys og Motorer i Odda”¹⁾. Denne korte meldingen, skrevet 4. mai 1908 i den første driftsprotokollen ved “Tysse Kraftstation”, markerte at kraftleveringen til fabrikkene i Odda var i gang. Første steg av en kraftfull, høyspent og rødglødende historie var fullført.

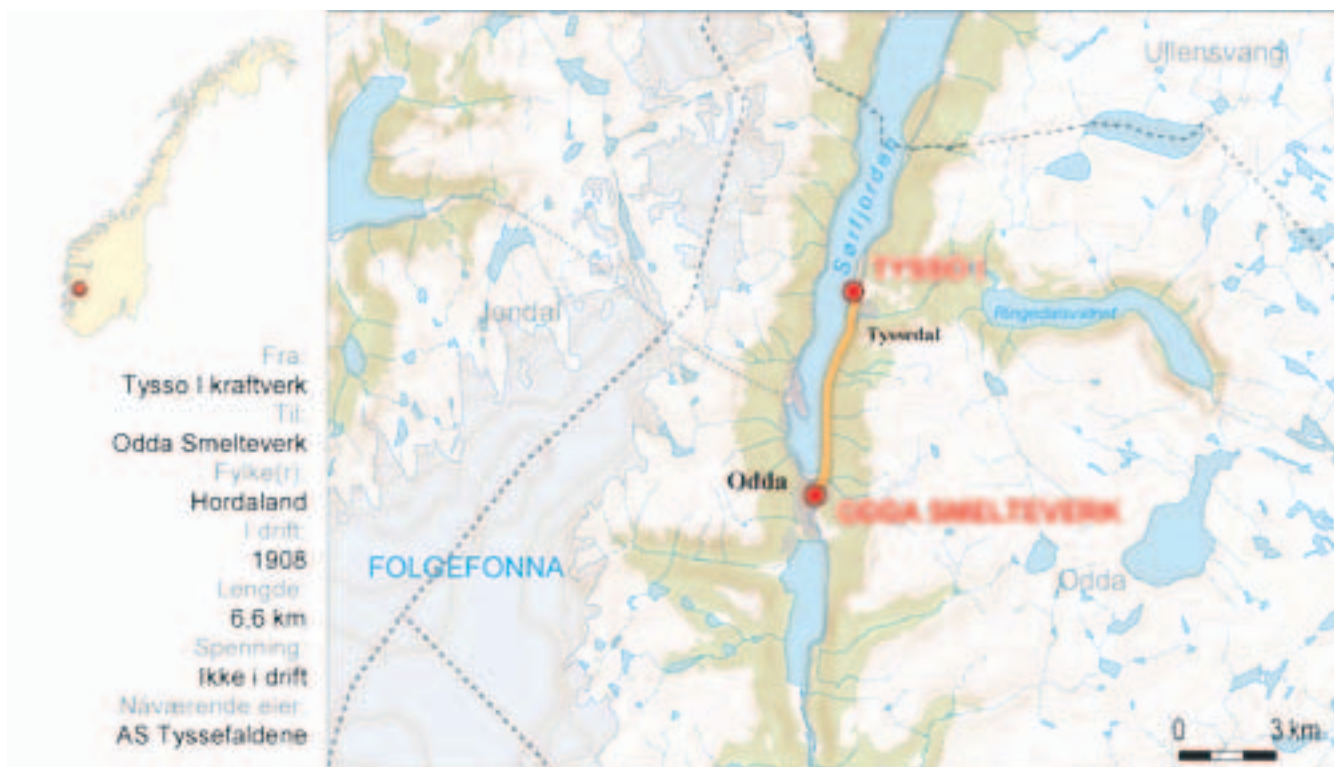
Lengst inne i den dype og isfrie Sørfjorden i Hardanger ligger byen Odda og tettstedet Tyssedal under bratte fjell-sider. For litt over hundre år siden ble disse to stedene på kort tid omdannet fra rolige bondesamfunn til hektiske og røykfylte industristeder med inter-nasjonale forbindelser. De utenland-ske sommerturistene som hadde kom-met for å oppleve isbreer og brusende fosser, ble byttet ut med anleggsfolk og industriarbeidere som kom fra fjern og nær.

Det var i 1906 det ble fart i kraftutbyg-ingen og industrialiseringen i Har-

danger. På ingeniør Sam Eydes kontor i Kristiania ble Aktieselskabet Tysse-faldene stiftet den 20. april for å bygge ut, produsere og selge kraft fra Tyssovassdraget. Eyde-gruppen hadde nylig kjøpt fallrettighetene til vassdraget, som har sitt utspring i sørvestre del av Hardangervidda. Bak Eyde, som ble selskapets første gene-raldirektør, stod internasjonale kapi-talinteresser med de svenske Wallen-berg-brødrene i spissen. Tre uker etter stiftelsen ble det gitt konsesjon til å bygge et stort kraftverk i Tyssedal.

1) AS Tyssefaldenes arkiv

De viktigste kraftkundene til Tysse-faldene var de engelskeide selskapene Alby United Carbide Factories (tidli-gere Sun Gas Company) og North Wes-tern Cyanamide Company, som planla store karbid- og cyanamidfabrikker i Odda. Karbid og cyanamid var kraft-krevende elektrokjemiske produkter, og hovedårsaken til at de valgte dette området var Tyssovassdraget og mu-ligheter for sjøtransport. Det var imid-lertid ikke plass til å bygge så store fab-rikker i nærheten av kraftstasjonen i Tyssedal, og den elektriske kraften måtte dermed fraktes inn til fabrikkene som ble satt opp i Odda. I juli 1907 ga staten



tillatelse til å bygge to kraftledninger med inntil 12 kV spenning fra Tyssedal til Odda.

Anleggsarbeidene for kraftverket Tysso I tok til sommeren 1906. På rekordtid ble det bygget inntaksdam i Skjeggedal, og det ble – med håndbor, feisel og dynamitt – slått en 3,4 km lang vanttunnel ned til et fordelingsbasseng sprengt inn i fjellet ved Lilletopp. Derfra ble det lagt to 720 m lange rør nedover det bratte berget ned mot Sørfjorden, der kraftstasjonen med seks aggregater ble satt opp. Inne i Odda ble det på samme tid bygget karbidfabrikk og cyanamidfabrikk med tilhørende bygninger og infrastruktur, og fra Tyssedal til Odda ble det strukket en nesten sju km lang kraftledning langs Sørfjorden. Det tok ikke mer enn litt over halvannet år fra anleggsarbeidene startet til kraftstasjonen, overføringsledningen og fabrikkene var i drift.

Den 4. mai 1908 var strømforsyningen til karbidfabrikken i gang, og ikke lenge etter begynte også leveringen til cyanamidfabrikken. Men byggearbeidene stoppet ikke med dette. I 1910 tok den driftige Ragnvald Blakstad over som generaldirektør etter Sam Eyde, og frem til 1918 pågikk en nesten kontinuerlig utbygging av Tysso I. Ferdig bygget hadde kraftstasjonen 15 aggregater på rekke inne i en 175 m lang maskinsal. Da var det også lagt tre rør til ned fra Lilletopp, og den 520 m lange og 33 m høye Ringedalsdammen i Skjeggedal var fullført, den gang som Norges største.

Parallelt med utvidelsen av kraftanlegget ble ledningene mellom Tyssedal og Odda bygget om og forsterket, for å kunne overføre mer kraft til den voksende industrien i Odda. Tysso I leverte også kraft til Det Norske Nitridaktieselskaps aluminiumsfabrikk i Tyssedal fra 1916, og til Det Norske Zinkkompanis fabrikk (i dag Boliden), som startet på Eitrheim i 1929. I tillegg ble det levert strøm til allmenn forsyning i Odda, Tyssedal og Skjeggedal.

Den økonomiske depresjonen på 1920-tallet førte til at karbid- og cyanamidfabrikkene gikk konkurs, men driften startet opp igjen i 1924, da



Kraftledningene mellom Tyssedal og Odda ble lagt i en bratt og rasfarlig fjellside der det aldri hadde vært vei. I bakgrunnen skimtes rørgata fra Lilletopp ned til kraftstasjonen ved Sørfjorden. Foto: AS Tyssefaldenes fotosamling



Kraftledningene fra Tyssedal endte i en fordelingsstasjon ved karbidfabrikken i Odda. Bildet er trolig fra 1908-1909, da bare den første ledningen var bygget ferdig. Fordelingsstasjonen ses til høyre for den siste masten. Foto: AS Tyssefaldenes fotosamling

Odda Smelteverk ble grunnlagt. De etterfølgende årene har smelteverket vært gjennom mange opp- og nedturer under skiftende eierskap, og den endelige avgjørelsen om nedleggelse ble tatt i 2003. I 1989 stoppet kraftproduksjonen i Tysso I, men helt frem til 1996 leverte to omformere i stasjonen 25-perioders strøm til Odda Smelteverk gjennom de gamle ledningene. Resten av Odda-samfunnet hadde gått over til 50 perioder da kraftstasjonen Tysso II ble satt i drift i 1967. Først da ble det slutt på at strømmen kom "klumpavis", og at det lyste "annenhver gang".

Dette var imidlertid ikke den første strømmen med 50 perioder som ble produsert i Tyssedal. Tidligere var det installert to omformere i Tysso I som gjorde 25-perioders strøm om til 50 perioder, som først og fremst den store traverskranen i maskinsalen skulle bruke. Det hører med til historien at enkelte privilegerte også fikk 50-perioders strøm fra disse omformerne, som av den grunn ble kalt "snobbene".

De to Odda-ledningene var i drift frem til 2003, de siste årene kun som reserveledninger. Linene ble deretter fjernet



Den første Odda-ledningen ble satt i drift 4. mai 1908. På bildet ser vi mastene til høyre for Tyssedal Kraftstasjon, som så slik ut etter første byggetrinn i 1908. Foto: K. Knudsen & Co, Bergen. Fra Statkrafts fotosamling

og de fleste mastene ble tatt ned. Tysso I ble fredet etter kulturminneloven i år 2000, og kraftanlegget er i de senere årene restaurert under ledelse av AS Tyssefaldene i samarbeid med Norsk Vasskraft- og Industristadmuseum. Anlegget er i dag fylt med nye aktiviteter. Museet, som holder til i Tyssefaldenes gamle administrasjonsbygg ved kraftstasjonen, arbeider med formidling av vasskraft- og industrihistorie, og er et av de to hovedsamarbeidsmuseene til NVEs Museumsordning.

Høsten 2010 startet Miljøverndepartementet nominasjonsarbeidet for innskriving av Odda Smelteverk og kraftstasjonen Tysso I, sammen med Rjukan-Notodden, på Unescos verdensarvliste, som representanter for industrihistorie knyttet til kraftproduksjon.

AS Tyssefaldene eier fortsatt Tysso I og gjenværende materiell fra Oddaledningene. Selskapet, som i dag eies av DNN Industrier (40 prosent) og Statkraft (60 prosent), har opp gjennom årene bygget flere kraftverk, transformatorstasjoner og overføringsledninger i området.

Teknisk utførelse

Da strømsforsyningen fra Tysso I til Odda-fabrikkene startet i 1908, ble det fra generatorene levert trefase veksel-

strøm med 12 kV spenning, som gikk ut på kraftledningene uten transformering. Det ble levert 25-perioders strøm, som smelteverksovnene var bygget for.

I 1908 var bare den første ledningen til Odda bygget ferdig. Mastene var hovedsakelig trestolper, men i vinkelpunkter ble det brukt gittermaster av jern. Ledningen hadde seks kobbertråder (to kurser), med 110 mm² tverrsnitt.

Den andre ledningen til Odda ble bygget i 1909–1910. Den gikk stort sett parallelt med den første, men i Tyssedal ble den lagt en god del høyere, og under Tveitanuten sør for Tyssedal ble det slått en omtrent 700 m lang tunnel som ledningen ble ført gjennom. Hele ledningen var omtrent 6,6 km lang.

I 1911–1913 ble begge ledningene bygget om. En del trestolper ble skiftet ut med nye jernmaster, og gamle jernmaster ble bygget om. I vinkelpunkter med stor påkjenning, og ved det omtrent 250 m lange spennet over elva Tysso, ble det satt opp doble jernmaster. Hver mast hadde tre tverrarmene (traverser) av jern, med piggisolatorer og liner lagt opp i en regulær sekskant. Ut fra tverrarmene ble det montert jernbøyler som linene gikk mellom. De tolv kobberlinene (fire kurser)

ble skiftet ut med helaluminiumsliner med 450 mm² tverrsnitt. I 1921 ble det rapportert at aluminiumslinene hadde vært i drift siden våren 1913 "med udmerket resultat", til tross for vanskelig terreng og værhardt klima.

Under denne ombyggingen ble tunnelen forlenget til omtrent 1200 m, som også er dagens lengde. Ledningene ble ført inn i tunnelen gjennom muffehus i hver ende, omtalt som søndre og nordre synk. Tunnelen har et kvadratisk tverrsnitt med høyde og bredde på ca 3 m. Liner og isolatorer ble festet til rammer montert på tunnelveggene, med seks liner på hver side. Mellom linene og midtgangen ble det lagt netting. På samme tid ble det lagt to kobberkabler til cyanamidfabrikken i Odda. Kablene, som kalles Cyanakabel 1 og 2, ble lagt i en felles grøft mellom de to masterekkene, og ført gjennom ledningstunnelen under Tveitanuten. Elvene Tysso og Opo ble krysset på kabelbroer. Senere kom Cyankabel 3.

Fra et omkoblingstårn ved luftledningene, omtrent 4 km sør for Tyssedal, ble det på 1920-tallet koblet til sju sett med sjøkabler som førte kraft over Sørfjorden til Det Norske Zinkkompanis nye fabrikanlegg på Eitrheim.

Endepunktet for de to Oddaledningene var en fordelingsstasjon ved

karbidfabrikken. Her ble strømmen fordelt til smelteverksfabrikkene, og noe senere også til allmenn bruk i Odda sentrum. Bygningen ble oppført i 1907 og utvidet i 1913-1914. I 1912 ble det oppført en ny fordelingsstasjon ved cyanamidfabrikken for å ta imot cyankablene.

Odda-ledningene overførte 25-perioders strøm til Odda Smelteverk helt frem til 1996. Etter et rørbrudd i 1980 kunne bare ett av de fem rørene ned til kraftstasjonen Tyssø I brukes. For å produsere nok 25-perioders strøm, ble det montert to omformere inne i maskinhuset på kraftstasjonen som gjorde 50-perioders strøm levert fra Sengjanes transformatorstasjon om til 25-perioders, som så ble ført ut på ledningene. Dette fortsatte også etter at kraftproduksjonen ved Tyssø I stanset helt i 1989. I 1996 fikk smelteverket egne omformere, og det var ikke lenger behov for Tyssøfaldenes 25-perioders strøm. Odda-ledningene var imidlertid i drift som reserveledninger frem til 2003.

I dag står det igjen 16 master fra de gamle Odda-ledningene; fire ved Odda Smelteverk, to ved Bispen i Kvitura, og ti i Tyssedal. Ledningstunnelen er intakt med muffehusene ved nordre og søndre synk. Den er i senere tid brukt til nye kabler. De gamle jordkablene er faset ut, og kabelbroen over elva Opo er nylig revet. Fordelingsstasjonen ved karbidfabrikken står fortsatt med en del teknisk utstyr bevart. Fordelingsstasjonen ved cyanamidfabrikken står også, men alt teknisk utstyr er fjernet.

Landskap og miljø

Kraftledningene mellom Tyssedal og Odda ble lagt på østsiden av Sørfjorden, i en bratt og rasfarlig fjellside der det aldri hadde vært vei. Fra kraftstasjonen i Tyssedal gikk ledningene gjennom bebyggelsen før de spente over elva Tyssø. Sør for elva gikk den første ledningen i den bratte fjellsiden under den over tusen meter høye Tveitanuten. Ikke sjelden ødela steinsprang og andre ras både linene og isolatorene, og for å unngå dette partiet, ble det snart slått en lang tunnel for ledningene gjennom fjellet. Men videre sørover måtte ledningene



I Kvitura, halvveis mellom Tyssedal og Odda, ligger det steinblokker store som direktørboliger. Under Bispen, den digre steinen som stikker ut fra ura, fant ledningsbyggerne ly for regnet.

Foto: AS Tyssøfaldenes fotosamling

fortsatt krysse den store Kvitura.

Å bygge kraftledning i dette ville terrenget var krevende. De store og tunge trestolpene og jernmastene ble fraktet sjøveien på store lektere, og for å få dem opp den bratte og steinete lia, ble de slasket (rullet/skjøvet) oppover med hjelp av runde tømmerstokker, spett, taljer og muskelkraft. I tillegg måtte sanden og sementen til fundamentene bæres på ryggen – det må ha vært et forferdelig slit.

Det fortelles at det var mange striler som hadde tatt seg jobb på ledningsbyggingen. De sprang rundt i liene med tresko – ikke akkurat noe egnet fottøy for dette terrenget. I den første tiden var det dårlig med husrom for alle anleggsfolkene i området, og det fortelles at noen av ledningsbyggerne fant ly under Bispen, den digre steinen som stikker ut fra Kvitura.



I Kvitura står det igjen en kort mast oppe på Bispen og en lang mast på nedsiden. Foto: Sissel Riibe, NVE

Innover mot Odda ble ledningene lagt over gårder med tun og eplehager og løypestrenger, noe som ikke var helt uten konflikter med berørte grunneiere. På den siste strekningen frem til smelteverket flater terrenget ut, og ledningene krysset elva Opo før de endte i fordelingsstasjonen for karbidfabrikken på vestsiden av elva.

Karbid og cyanamid

Produksjon av kunstig nitrogen gjødsel var de første tiårene på 1900-tallet basert på tre ulike metoder: Lysbueprosessen (Birkeland–Eyde), cyanamidprosessen (Frank–Caro) og Haber–Bosch-prosessen. I Norge er nok Birkeland–Eyde-metoden, som Norsk Hydro brukte de første årene, mest kjent. Frank–Caro-metoden, som fabrikkplanlegget i Odda brukte, dominerte imidlertid internasjonalt til etter første verdenskrig. Kalsiumkarbid var en viktig innsatsfaktor i produksjonen. Kalsiumcyanamid var også viktig i produksjon av sprengstoff. Cyanamidfabrikken i Odda var i 1909 verdens største, og produserte de første årene mest for verdensmarkedet.



Begrunnelse

Tiden etter unionsoppløsningen i 1905 frem mot første verdenskrig ble kalt "den nye arbeidsdagen". Utnyttelsen av den norske vannkraften til elektrisitet skapte ny industri og arbeidsplasser, og bidro til å endre hele nasjonen. Gründeren Sam Eyde tok initiativ til at Tyssedal og Odda, sammen med steder som Rjukan og Notodden, ble bygget opp som store industristeder. Disse stedene representerer det storindustrielle gjennombruddet i Norge, hvor sammenkoblingen mellom kraft, teknologi og kapital var avgjørende.

Tysso I og Odda Smelteverk – og kraftledningene mellom – er monumenter over fremveksten av dette moderne Norge. Kraftverket i Tyssedal og fabrikkene i Odda var pionerer innen henholdsvis vannkraftutbygging og

I 1911-1913 ble begge Odda-ledningene bygget om. På dette bildet fra 1915 ser vi doble jernmaster med tverrarmen av jern, piggisolatorer og liner lagt opp i en regulær sekskant. Legg også merke til jernbøylene som linene går mellom. Bildet er fra Tyssedalstveit, like ovenfor Tyssedal hotell. Foto: AS Tyssefaldenes fotosamling

elektrokjemisk industri. Tysso I var det første kraftverket i Nord-Europa som ble bygget med magasin og en så stor fallhøyde som 400 m. Den fredete kraftstasjonsbygningen, tegnet av arkitektene Thorvald Astrup og Victor Nordan, er i seg selv en opplevelse, med det vakre kontrollrommet og maskinsalen med de 15 blåmalte turbinene. Tysso I er et av de 27 anleggene av nasjonal kulturhistorisk verdi som er presentert i prosjektet "Kulturminner i norsk kraftproduksjon" fra 2006.

Odda-fabrikkene var blant de første anleggene i verden som produserte kunstgjødsel. De var store i internasjonal sammenheng, og representerer viktige bidrag til norsk og internasjonal

økonomi og industrihistorie. Cyanamidfabrikken var i 1909 verdens største, og karbidfabrikken en av de største.

Kraftledningene mellom Tyssedal og Odda var helt nødvendige bindeledd mellom kraftstasjonen og fabrikkene. Uten dem kunne ikke kraften komme til nytte i smelteovnene, som gikk døgnet rundt. Ledningene ble strukket gjennom et vanskelig terreng, og med datidens hjelpemidler må ledningsbyggingen og tunneldrivingen ha vært utfordrende arbeid.

De gjenværende jernmastene på Oddaledningene, tunnelen med muffehus og fordelingsstasjonen på karbidfabrikken er viktige dokumenter fra

denne pionertiden. De dokumenterer den første koblingen mellom kraftanlegget i Tyssedal og fabrikkvirksomheten i Odda. Mastene er trolig blant landets eldste stående kraftledningsmaster.

Tyssedal og Odda er, i tillegg til historien om gründere, internasjonal kapital og verdensmarked, fortellingen om alle dem som gjorde jobben; hardtarbeidende anleggsfolk som reiste kraftverk, fabrikker og overføringsledninger, og industriarbeidere på Karbiden, Cyanamiden, Zinken og Nitriden.

Tyssedal og Odda er også et bilde på hvordan holdninger til natur, industri og miljø har endret seg. Den elektrokjemiske industrien fikk drastiske konsekvenser for miljøet, og på 1970-tallet var Sørfjorden en av verdens mest forurensede fjorder. I ettertid er det arbeidet mye med disse problemene.

Odda og Tyssedal har fortsatt bedrifter basert på store mengder elektrisk kraft. Men Odda Smelteverk er lagt ned, røyken er borte og fjorden har blitt renere. Tyssedal og Odda er klar for de neste hundre år – med en verdifull ressurs i kraft- og industrihistorien.



Nedenfor Tveitahaugen står det i dag fire master fra de gamle Odda-ledningene. I forgrunnen ser vi Tyssedal hotell og forsamlingshuset Festiviteten fra 1913.
Foto: Sissel Riibe, NVE

Viktige momenter:

- pionertid for vannkraft og kraftkrevende industri
- Sam Eyde og Ragnvald Blakstad
- etablering av industrisamfunn
- pioner innen kunstgjødselproduksjon
- utenlandsk kapital
- produksjon for verdensmarkedet
- ledningsbygging i vanskelig terreng
- gamle kraftledningsmaster
- ledningstunnel med muffehus
- Tyssø I kraftstasjon fredet
- Norsk Vasskraft- og Industristadmuseum
- verdensarvnominasjon

Kilder

Litteratur:

Aktieselskapet Tyssefaldene (1956): *Aktieselskapet Tyssefaldene 1906–1956*. Stavanger: Aktietrykkeriet i Stavanger.

Bjørsvik, Elisabeth (2006): Vasskraft og industri i Hordaland i første halvdel av 1900-tallet. I Hardanger Historielag (2006): *Hardanger. Årbok 2006*.

Gravdal, Jan og Våde, Vidar (2006): *Tyssefaldene. Krafttak i 100 år. 1906–2006*. Tyssedal/ Bergen: AS Tyssefaldene/ Nord 4 Bokverksted AS.

NVE (2006): *Kulturminner i norsk kraftproduksjon*. Oslo: Norges vassdrags- og energidirektorat. NVE-rapport nr. 2/2006.

Reinsnos, Inge (1998): Om dei som bygde linjene. I *Fortidsvern* nr 4/1998, s. 14–15, Oslo: Foreningen til norske Fortidsminnesmerkers Bevaring.

Seljestad, Lars Ove (2009): Tyssedal kraftanlegg. Kraftslottet ved fjorden. I Gursli-Berg, Gunhild og Thorup, Edvard m.fl (2009): *Industrispor: Fra Melbu til Lindesnes*. Oslo: Aschehoug.

Arkiv:

AS Tyssefaldenes arkiv, arkivnr. OLA/171, ved Norsk Vasskraft- og Industristadmuseum.

Muntlige kilder:

Jan-Erik Haugli, AS Tyssefaldene
Brita Jordal, Norsk Vasskraft- og Industristadmuseum

Harald Karlsen, AS Tyssefaldene
Terje Kolbotn, Norsk Vasskraft- og Industristadmuseum

Knut Seim, AS Tyssefaldene

Glomfjord kraftverk – Glomfjord Industripark

Glomfjord, like nord for Svartisen i Nordland, ble tidlig vurdert som et svært gunstig område for elektrisitetsproduksjon, og allerede i 1920 kunne Glomfjord kraftverk levere kraft til sinkproduksjonen ved Glomfjord Smelteverk AS. Dette var den første statlige kraftutbyggingen utenfor Østlandet, og overføringen i det bratte og uveisomme terrenget mellom kraftverket og smelteverket ble gjennomført med en rekke særegne og kraftfulle betongmaster.

Elva Fykanåga i Glomfjord ble tidlig vurdert som en ideell kilde for kraftproduksjon, og i 1912 ble et kraftverk påbegynt av gruppen Glomfjord Aktieselskap, vesentlig finansiert med svensk kapital. Aktieselskapets opprinnelige plan var å produsere elektrisk kraft til fremstilling av kvelstoff, men disse planene ble oppgitt etter at Habers nye metode for kvelstoffremstilling ble kjent i Tyskland i 1914. Dermed ble også anleggsarbeidet innstilt i et drøyt år, men ble påbegynt igjen i 1916.

Arbeidet var svært hardt, og alt utstyr måtte i begynnelsen bæres med menneskekraft de 700 høydemeterne opp i fjellet, inntil de etter hvert fikk på plass en taubane. Anleggsarbeiderne var hovedsakelig lokale bønder og fiskere, i tillegg til en del tilreisende rallare.

I 1918 kjøpte staten det allerede påbegynte kraftverket ved å overta alle aksjene. Det ble samtidig inngått en avtale om overføring av 36 MW elektrisk kraft for levering til sinkproduksjon i Glomfjord Smelteverk AS, som var

under oppbygging i Haugvik i Glomfjord. Våren 1920 stod endelig det nå statseide kraftverket ferdig med to aggregater, og man kunne dermed også sette i drift kraftoverføringen til smelteverket. Kraftoverføringen bestod av to trefaseledninger (linje 1 og 2), først gjennom tunnel til Glomen, og videre på en felles rekke betongmaster frem til Haugvik. Et tredje aggregat kom i drift i 1922.

Det skulle imidlertid raskt vise seg at de finansielle rammebetingelsene for sinkproduksjon ikke var de beste, og



i 1923 gikk smelteverket i Glomfjord konkurs. Staten overtok de faste eiendommene på tvangsauksjon i 1924. I 1926 ble det inngått en ny avtale om levering av inntil 36 MW elektrisk kraft til aluminiumsproduksjon i et nytt selskap, A/S Haugvik Smelteverk med engelske interesser.

Under okkupasjonen av Norge under 2. verdenskrig besluttet tyskerne, gjennom selskapet A/S Nordag, allerede i 1940 å utvide kraftproduksjonen i Glomfjord med ytterligere tre aggregater. Tanken bak var aluminiumsproduksjon i krigsøyemed. I forbindelse med dette måtte man også bygge nye overføringslinjer til Haugvik. Tyskernes prosjekt stoppet imidlertid opp allerede i 1942 på grunn av sabotasjeaksjoner mot kraftverket. Utvidelsen ble derfor stående halvferdig til etter krigen, da Stortinget godtok et tilbud fra Norsk Hydro om leie av all Glomfjordkraften til ammoniakkfremstilling. Det gamle smelteverket ble samtidig oppløst, og anlegget, som nå fikk navnet Glomfjord fabrikk AS, ble overtatt av Norsk Hydro. Arbeidet ble dermed tatt opp igjen, og våren 1949 stod kraftverket ferdig med til sammen seks aggregater. Det ble i forbindelse med dette også bygget to nye doble trefaseoverføringer til Haugvik (linje 3, 4, 5 og 6), og uttakshuset i Glomen ble påbygd.

Produksjonen i Glomfjord kraftverk ble kraftig redusert etter at Svartisen kraftverk ble satt i drift i 1993, og store vannressurser ble overført til dette. Fem av de seks aggregatene i Glomfjord ble tatt ut av drift, og dette fikk samtidig konsekvenser for overføringsledningen. I 1996-97 ble linjene 3, 4, 5 og 6, med sine respektive masterekker, tatt ut av bruk og revet, og bare noen få enkeltmaster står igjen fra disse. I dag er det derfor hovedsakelig den eldste masterekken, bygget i årene frem mot 1920, som står igjen i Glomfjord. Denne er imidlertid fortsatt i drift.

Etter flere år med negativ resultatutvikling, ble Hydros ammoniakkfabrikk i Glomfjord lagt ned i 1993. Samtidig ble Meløy Næringsutvikling AS etablert, i et samarbeid

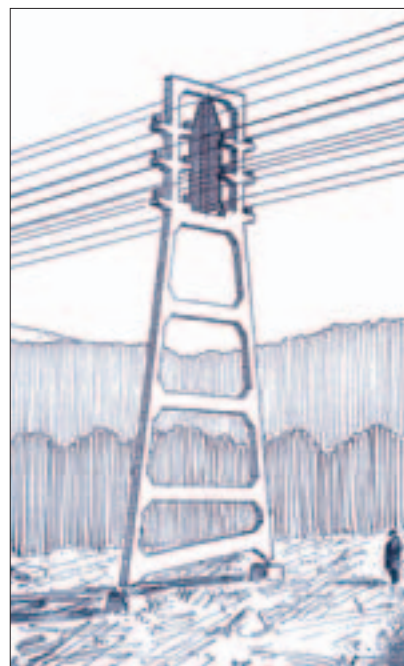
mellom Hydro og Meløy kommune, med formål om å skaffe Glomfjord ny industri og nye arbeidsplasser. Frisk kapital ble sprøytet inn, og Glomfjord Industripark ble opprettet på den gamle fabrikktomten. I industriparken har nye aktører kommet til – blant de viktigste kan nevnes REC Wafer, Yara Norge og Marine Harvest –, og i perioden fra 1993 til 2010 har det blitt etablert om lag 500 nye arbeidsplasser i Glomfjord. Det er Glomfjord Industripark som nå er mottaker av kraften på ledningen fra Glomfjord kraftverk.

Teknisk utførelse

Den elektriske kraften blir produsert i Glomfjord kraftverk og kjørt rett ut på ledningen med generatorspenning. Aggregatene i kraftverket, som ved tidspunktet for idriftsettelsen var de største i landet, ble laget for 25 perioder/sekund, trefaset 15 kV-vekselstrøm. Valget av 25-perioders strøm, i stedet for det mer vanlige 50 perioder, skyldtes det spesielle bruksformålet for kraften, nemlig smelting av sink.

Den 4340 meter lange ledningen bestod opprinnelig av to trefaseoverføringer (linje 1 og 2), der hvert sett var beregnet på å overføre energien fra ett aggregat. Den første 1,5 kilometeren av ledningen gikk gjennom en 3 m bred og 5,5 m høy tunnel, med 240 mm² kobberskinner satt opp på jernstativ, frem til et koblingshus i Glomen. I de første 60 meterne fra kraftverket ble tunnelen utført som frittstående overbygg av betong, og deretter i 25 meter gjennom ur utført med betong. Resten av tunnelen går gjennom fjell. Tunnelen ble også brukt som alternativ adkomstvei til kraftverket frem til dette fikk ordinær veiforbindelse i 1965.

Fra uttakshuset i Glomen, der det for hvert linjesett ble satt inn skillebryter og beskyttelse for overspenning, gikk overføringen som luftledning på jernarmerte betongmaster med 200 mm² kobberliner. Arbeidet ble utført av Betonmast AS i Oslo, og mastene ble støpt på stedet. Begge trefaseoverføringene ble lagt på samme masterekke, og i og med at hver fase gikk på



Konstruksjonstegning av bæremast.
Illustrasjon: Statkraft

to liner, ble det i alt opphengt 12 liner på hver mast. I tillegg ble det på toppen av mastene lagt en stålkabel for jordledning. Gjennomsnittlig avstand mellom mastene var 100 meter, og det lengste spennet var på 180 meter.

De fire ledningene som ble bygget sist, (linje 3, 4, 5 og 6), satt i drift våren 1949, ble utført med liner av 2x300 mm² helaluminium så vel i tunnel som i friluft. Disse ble også lagt på betongmaster mellom Glomen og Haugvik, med ett linjesett per masterekke. I 1949 stod det med andre ord fem masterekker på denne strekningen. I forbindelse med utvidelsen ble også uttakshuset i Glomen bygget på, slik at dette nå fremstod som det dobbelte av sin tidligere størrelse. Linje 3, 4, 5 og 6 ble revet i 1996-97.

Den opprinnelige ledningen, med master fra 1920, står fortsatt igjen på strekningen fra Glomfjord kraftverk til det som i dag heter Glomfjord Industripark. I forbindelse med ombyggingen av kraftverket i 1993-94 ble imidlertid strømproduksjonen endret fra 25 perioder/sekund til det mer normale 50 perioder/sekund, samtidig som spenningsnivået på ledningen ble oppgradert fra 15 kV til 16 kV. Inne i Industriparken tas strømmen inn på felles samleskinne, og det er her også muligheter for transforme-



ring av overskuddstrøm for eventuell utmating på regionalnettet på 132 kV.

Fykanområdet innerst i Glomfjorden ble allerede tidlig på 1900-tallet arena for en storstilt kraftutbygging. I dag er store deler av vannfallet overført til Svartisen kraftverk, men fortsatt er Glomfjord-anlegget i drift med rørgate og Olaf Nordhagens stasjonsbygg i dagen. Foto: Henning Weyergang-Nielsen, NVE

Landskap og miljø

Fra kraftverket i Fykan, innerst i Glomfjorden, går ledningen i nordvestlig retning, på nordsiden av fjorden, frem til industriområdet i



Fra byggingen av ledningen i slutten av 1910-årene. Hver enkelt betongmast ble støpt på sitt respektive mastepunkt. Foto: Statkraft

Haugvik. En bratt fjellvegg skiller kraftverksområdet fra de bebygde områdene i Glomfjord. Fjellveggen karakter umuliggjorde normal luftledningsbygging, noe som førte til at det ble sprengt tunnel for den første 1,5 kilometeren av ledningen frem til et uttakshus i Glomen. Videre går ledningen, fortsatt i nordvestlig retning, på betongmaster de siste kilometerne inn til industriområdet. Traseen er lagt i fjellsiden ovenfor bebyggelsen i Glomen og Haugvik.

Området rundt uttakshuset i Glomen, samt rundt den første delen av luftledningen, er kupert og svært utsatt for ras. Likevel har man klart å unngå større ulykker og materielle ødelegelser. Mastene er dermed fortsatt originale, men isolatorer og en del annet teknisk utstyr er skiftet ut. Betongmastene er for øvrig svært særegne og kraftfulle, og de fremstår som markerte elementer i lokalmiljøet rundt Glomen og Haugvik.

Begrunnelse

Overføringen mellom kraftverket i Fykan og de ulike generasjonene industriaktører i Haugvik noen få kilometer unna, ble utført i et meget bratt og værutsatt terreng, og er et utmerket stykke ingeniørarbeid fra sin tid. Også tunnelen mellom kraftverket og Glomen ble bygget i en tid da fjellsprengningsteknikken var på et meget tidlig stadium.

De originale betongmastene som står igjen mellom Glomen og Haugvik, ble bygget i 1917-18 og satt i drift i 1920. De fremstår som meget autentiske både visuelt, funksjonelt og materielt, og de er blant de eldste kraftledningsmastene i landet som fortsatt er i bruk. Hver enkelt mast ble støpt på sitt respektive mastepunkt, og de er også spesielle med tanke på sin unike form og sitt kraftfulle uttrykk.

Kraftverket i Glomfjord er i seg selv et viktig kulturminne. Den opprin-

nelige stasjonsbygningen fra 1920 ble tegnet av den kjente arkitekten Olaf Nordhagen, og har et nesten "katedralaktig" preg. I maskinhallen står flere av de opprinnelige aggregatene som et minne om kraftproduksjonens storhetstid i Glomfjord. Tilløpstunnelen, fordelingsbassenget og rørgaten fremstår også som fremragende ingeniør- og byggekunst for sin tid.

Staten skulle utover 1900-tallet bli en meget sentral aktør innen norsk kraftproduksjon og kraftoverføring. Da Glomfjord ble satt i drift i 1920, var dette imidlertid det overlegent største statlige kraftutbyggingsprosjektet som til da hadde blitt bygget. Opprinnelig var hele Glomfjordområdet statlig grunn, og det ble bygget opp en planlagt og helhetlig infrastruktur for hele lokalsamfunnet. Dette var også den første statlige utbyggingen utenfor Østlandet, og den første statlige utbyggingen der kraften ble forbeholdt storindustri.

Nevnes bør også den moderne industriutviklingen som har blitt gjennomført i Glomfjord i perioden før og etter årtusenskiftet. Vellykket etablering av nye bedrifter, og dermed også nye arbeidsplasser, har vært avgjørende for videreføringen av Glomfjord som industristed. Dette gir også ledningen, som vi i dag kan kalle Glomfjord kraftverk–Glomfjord Industripark, kontinuitetsverdi som leverandør av industrikraft gjennom flere generasjoner.

Viktige momenter:

- kraft til industri – før og nå
- første statlige utbygging utenfor Østlandet
- særegne betongmaster
- opprinnelige master fortsatt i bruk
- uttakshuset i Glomen
- deler av ledningen i tunnel
- utfordrende terreng
- Glomfjord kraftverk



Ledningen går gjennom lett blandingskog i fjellsiden ovenfor bebyggelsen i Glomfjord. Nærmest står en bæremast, bak i bildet står en betydelig kraftigere forankringsmast. Foto: Dag Endre Opedal, Norsk Vasskraft- og Industristadmuseum



Uttakshuset i Glomen. Foto: Henning Weyergang-Nielsen, NVE

Kilder

Litteratur:

NVE (1930): *Glomfjord kraftverk – Kortfattet beskrivelse*. Oslo: Norges vassdrags- og energidirektorat.

NVE (2006): *Kulturminner i norsk kraftproduksjon*. Oslo: Norges vassdrags- og energidirektorat. Rapport nr. 2/2006.

Solem, Arne (1954): *Norske kraftverker*. Oslo: Teknisk ukeblads forlag.

Thue, Lars (1994): *Statens kraft 1890-1947*. Oslo: Cappelen.

Muntlige kilder:

Erling Nystad, Statkraft Energi AS

Kristen Selfors, Statkraft Energi AS

Karl Svein Thorrud, Statkraft Energi AS

Hakavik – Asker

Overføringsledningen fra Hakavik til Asker ga fra 1922 strøm til Drammensbanen, og dette var den første statlige elektrifiseringen av jernbanen i Norge. I dag står ledningen fortsatt med en stor andel av originale master, liner og isolatorer i full drift.

Visjoner om elektriske jernbaner utløste de første statlige oppkjøpene av fossefall allerede i 1890-årene. Elektriske baner ble regnet som overlegne de dampdrevne, ikke minst der det var stor trafikk og stor stigning. Med jernbaner drevet av strøm fra norsk vannkraft ville Norge, som et kullfattig land, også kraftig redusere avhengigheten av kulleveranser fra utlandet.

Til tross for flere initiativ og konkrete forslag i Stortinget, tok det lang tid før Norge fikk en statlig satsing på elektrifisering av jernbanen. De første jernbanene som ble elektrifisert var i stedet privatbaner. Av disse kan nevnes Thamsbanen, som ble elektrifisert i 1908

og transporterte malm fra Løkken gruber til Trondheimsfjorden, og Norsk Hydros baner Tinnosbanen og Rjukanbanen, som ble elektrifisert i 1911.

Den 29. juli 1912 vedtok Stortinget å elektrifisere jernbanen Kristiania–Drammen. I forbindelse med dette oppstod det en rekke diskusjoner om hvordan de tekniske installasjonene skulle være. Resultatet ble at man valgte å bygge Hakavik kraftverk ved innsjøen Eikeren i Buskerud for produksjon av enfasestrøm til jernbanen. Hakavik var svært velegnet som produksjonsanlegg, blant annet på grunn av de gode reguleringsmulighetene og den sentrale beliggenheten i

forhold til flere jernbanestrekninger på Østlandet. Dette førte også til at man etter hvert, riktignok i et litt langsomt tempo, kunne elektrifisere flere jernbanestrekninger.

For å forsyne Drammensbanen med strøm, bygget NVE en overføringsledning fra Hakavik, via Sundet koblingshus i nordenden av Eikeren, til Asker transformatorstasjon. Ansvaret for det praktiske byggearbeidet ble lagt til byggeledelsen ved Hakavik. Det var ingen selvfølge at NVE skulle bygge denne ledningen, ettersom ansvaret for denne typen strømforsyning lå et sted i skjæringsfeltet mellom NVE og Norges Statsbaner. Saken endte imid-





lertid med at NVE bygget og drev ledningen Hakavik–Sundet–Asker, mens Statsbanene bygget og drev avgrenslingslinjene vestover fra Sundet koblingshus, mot Skollenborg¹ og Neslandsvatn. Det ble opprinnelig gitt konsesjon for bygging av to masterekker, men av økonomiske årsaker ble det bare bygget én masterekke med to ledningssett. Ledningen Hakavik–Asker ble spenningssett fra Hakavik 8. mai 1922.

Gjennom etterkrigstiden økte både kraftproduksjonen og kraftforbruket, og kapasiteten i Asker transformatorstasjon ble derfor for liten. For å øke kapasiteten fasen man derfor ut den opprinnelige stasjonen i Asker og bygget nye Asker omformer innsprengt i fjellet like ved. Asker omformer ble satt i drift 22. mai 1965, og ledningen fra Hakavik ble da ført inn til dette anlegget.

Rundt midten av 1960-årene startet Interessentskapet Buskerudledning – som var et samarbeid mellom Buskerud Kraftverker og Drammens Elektrisitetsverk og i dag er en del av EB Nett – bygging av en dobbel 132 kV-ledning

Opprinnelig ble ledningen Hakavik – Asker tatt inn i Asker transformatorstasjon. I dag har denne bygningen fått ny bruk som kunstgalleriet "Galleri Trafo".

Foto: Henning Weyergang-Nielsen, NVE

mellom Flesaker og Kjenner. Den 21. juli 1965 inngikk derfor NVE en avtale med Interessentskapet om at NVE kunne benytte seg av Hakavikledningen trasé mellom Petraborg og Kjenner mot at Interessentskapets ledning og Hakavikledningen skulle legges på felles mast på denne strekningen. Interessentskapet skulle eie og drive hele ledningen, men NVE og NSB skulle kunne disponere sitt 55-kilovolts trådsett ved behov. Den opprinnelige Hakavikledningen ble derfor da revet på strekningen Petraborg–Kjenner.

Som nevnt, var det NVE som opprinnelig stod for byggingen av ledningen og i mange år også eide den. Da Statkraft ble skilt ut fra NVE i 1986, fulgte ledningen, bortsett fra strekningen Petraborg–Kjenner, med i det nye selskapet. Etter delingen av Statkraft i 1992, gikk den videre til Statnett. I 2005 ble det imidlertid inngått avtale mellom Statnett og Bane

¹ Se også egen beskrivelse av Skollenborg transformatorstasjon



I dag kommer ledningen inn i nye Asker omformer. Vi ser detalj fra kontrollanlegget.

Foto: Henning Weyergang-Nielsen, NVE

Energi om overtakelse av ledningen, og Bane Energi overtok eierskapet fra 1. januar 2006. Strekningen mellom Petraborg og Kjenner eies i dag fortsatt av EB Nett AS.

Teknisk utførelse

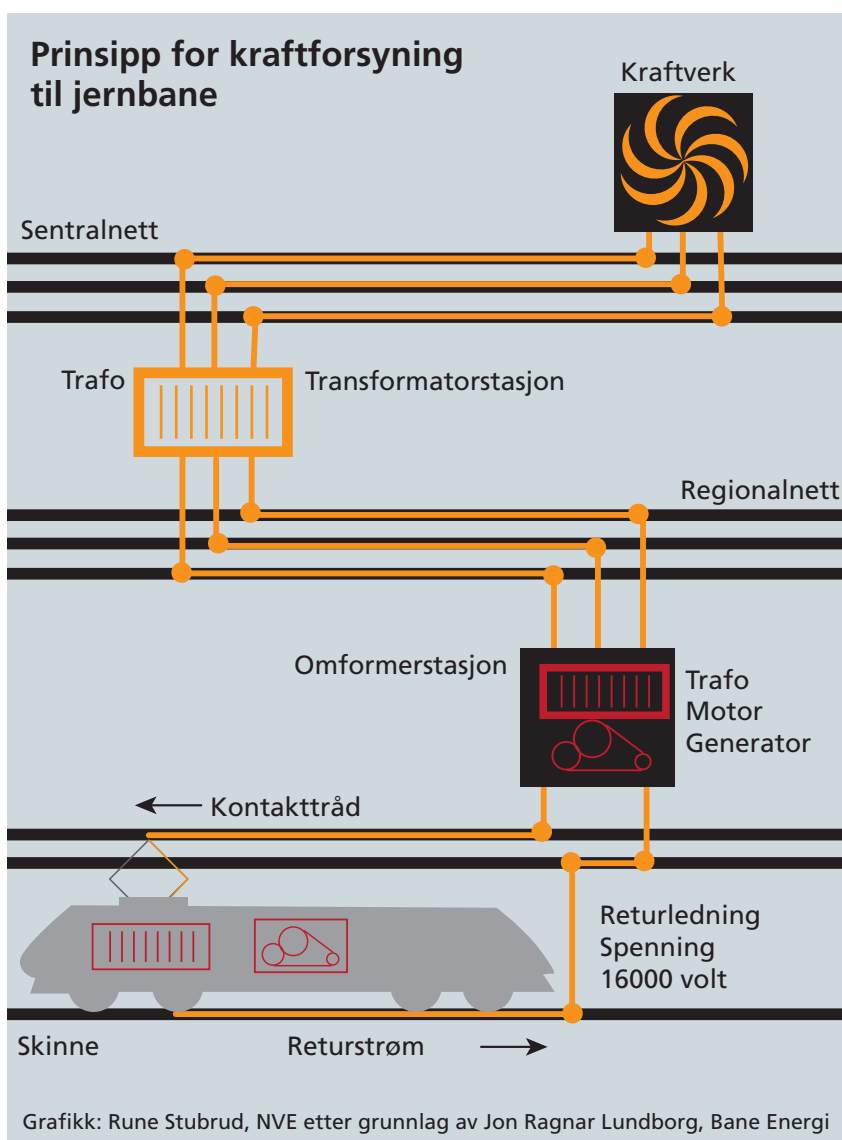
Ledningen Hakavik–Asker er omkring 55 km lang, og bygget med 55 kV-énfasestrøm med en frekvens på $16 \frac{2}{3}$ hertz. I Sundet mellom Eikeren og Fiskumvannet ble det bygget et koblingshus med avgreninger mot Skollenborg og Neslandsvatn. Videre bygget man ledningen frem til Asker transformatorstasjon, der spenningen ble nedtransformert til omkring 15 kV og ledet ut på jernbanenes kontaktledning. I 1960 ble endepunktet flyttet til nye Asker omformer.

De opprinnelige mastene fra 1922 er en kombinasjon av A-master (hovedsakelig) og H-master i stål, stående på betongfundament. Ved idriftsettelsen var det 331 master i ledningen, med gjennomsnittlig spennlengde på ca 150 meter. Mellom Petraborg og Kjenner ble imidlertid ledningen fra 1966 lagt på det som i dag er EB Netts masterekke, og de opprinnelige mastene på denne delen av strekningen ble revet. Her er det også stålmaster på betongfundament, men av atskillig større dimensjoner enn de opprinnelige mastene.

Linene er hovedsakelig av to trådsett med $2 \times 35 \text{ mm}^2$ kobber hver, men forsterket med 50 mm^2 i enkelte spenn. Topplinen er av 50 mm^2 ståltråd. På den delen av strekningen som går på felles master med EB Netts ledning, er det i dag liner av $2 \times 95 \text{ mm}^2$ stålaluminium. Det siste partiet av ledningen,



Foto: Henning Weyergang-Nielsen, NVE



mellom Borgen og Asker, ble for øvrig lagt i jordkabel i 1989.

Landskap og miljø

Fra kraftverket går ledningen i nordlig retning, i skogkledd landskap på vestsiden av innsjøen Eikeren. Ved sundet mellom Eikeren og Fiskumvannet svinger den østover, og går innom Sundet koblingshus og videre til Petraborg, samtidig som landskapet i sterkere grad preges av jordbruksområder. Videre østover får landskapet et noe mer urbant preg i det man begynner å nærme seg Drammen. Drammensvassdraget krysses omtrent ved Åssiden, og ledningen beveger seg deretter inn i skogen over åsene i Lier via koblingsstasjonen på Kjenner. Ved Lier krysser ledningen E18, og går avslutningsvis sør for denne, gjennom skog- og myrområder frem til Borgen, og videre i jordkabel til omformer-

stasjonen ved jernbanestasjonen i Asker.

Den eldste delen av ledningen ble bygget på en tid da det ikke ble lagt spesielt stor vekt på hensynet til landskap og miljø ved slik bygging. Imidlertid er disse partiene av ledningen forholdsvis beskjedent dimensjonert, og den gjør derfor ingen større visuelle inngrep i landskapet.

Når det gjelder den delen som er heftet på EB Netts ledning mellom Flesaker og Kjenner, utgjør dette et adskillig større visuelt inngrep. I konsesjonen for denne ledningen ble det derfor satt krav om å ta hensyn til naturforekomster av vitenskapelig eller historisk betydning, samt at den måtte bygges slik at den ble minst mulig skjemmende i terrenget. Likevel kan man nok hevde at disse mastene, med



Sundet koblingshus, der ledningen fra Hakavik deler seg til henholdsvis Skollenborg og Asker. Foto: Henning Weyergang-Nielsen, NVE

åtte strømførende liner hver, enkelte steder er betydelig markerte elementer i landskapet.

Begrunnelse

Elektrifiseringen av jernbanene i Norge har vist seg å være helt avgjørende med tanke på å gjøre disse driftssikre, miljøvennlige, effektive og økonomisk konkurransedyktige. Det første statlige initiativet i denne sammenhengen var elektrifiseringen av Drammensbanen i 1922. Strømmen til denne jernbanelinjen ble overført via kraftledningen Hakavik-Asker. Ledningen var med andre ord en tidlig og viktig brikke i en prosess som var av meget stor betydning for samferdsels- og samfunnsutviklingen i Norge på 1900-tallet.

Det som i dag kanskje gjør ledningen Hakavik-Asker mest spesiell, er omfanget av originalt teknisk materiell som fortsatt er i bruk. På strekningene Hakavik-Petraborg og Kjenner-Borgen står fortsatt de opprinnelige mastene



Ledningen går i dag til Asker omformer i fjellet ved Asker stasjon. Omformerne er symbolsk nok plassert inne i gamle jernbanevogner. Foto: Henning Weyergang-Nielsen, NVE

fra 1922. Her går også opprinnelige strømførende kobberliner, og det er utstrakt bruk av opprinnelige isolatorer. Disse partiene av ledningen gjør dermed Hakavik-Asker til et av de aller eldste kraftoverføringsanleggene i Norge som fortsatt er i drift med opprinnelig teknisk utstyr.

Hakavik kraftverk har en stor, nesten majestetisk, hovedbygning, tegnet av arkitekt Sigmund Brønne, og er i seg selv et viktig kulturminne. Kraftverket ble vedtatt bygget av staten for å produsere elektrisitet til den norske jernbanen, og har dermed hatt stor betydning for den generelle samfunnsutviklingen. Rundt kraftverket bygget det seg i 1920-årene også opp et lite lokalsamfunn, med boliger og annen infrastruktur. I den andre enden av ledningen ble opprinnelig Asker transformatorstasjon bygget. Den flotte bygningen, i upusset tegl, med rundbuede vinduer og et markert borgaktig tårn, har i dag fått ny funksjon som kunstgalleri.

Viktige momenter:

- kraftforsyning til jernbane
- tidlig statlig utbygging
- originale master
- originale liner og isolatorer
- Hakavik kraftverk
- Asker transformatorstasjon



Ledningen Hakavik – Asker gjennom Buskerud på vei mot Sundet koblingshus.
Foto: Henning Weyergang-Nielsen, NVE

Kilder

Litteratur:

Eidet, Kjell (1972): *Hakavik kraftverk 50 år*. Fossekallen, Nr. 5, 1972: 12-14.

NVE (2006): *Kulturminner i norsk kraftproduksjon*.

Oslo: Norges vassdrags- og energidirektorat. Rapport nr. 2/2006.

Sveaas, H (1951): Elektrifisering av jernbaner i Norge. i Sandberg, J. (1951): *Trekk fra elektrisitetforsyningens utvikling – Del 2. Utviklingen i vårt land 1901-1951*, s. 452-478. Oslo: Norske Elektrisitetsverkers Forening.

Thue, Lars (2006): *Statens kraft – Bind 1, 1890-1947*. Oslo: Universitetsforlaget.

Muntlige kilder:

Jon Ragnar Lundborg, Bane Energi

Magne Tveit, Bane Energi

Follafoss – Steinkjer

Den første "fylkeskraften" i Nord-Trøndelag kom ut på nettet da Follafoss kraftverk ble satt i drift i 1923. Ledningen til Steinkjer var første etappe av hovedledningsnett på 66 kV som ble koblet til kraftverket. De originale mastene i spennet over Beitstadsundet står i dag som symbol over fylkestingets uredde satsing i 1919 for å skaffe strøm til alle i fylket.

Nord-Trøndelag er et stort fylke med vel 130 000 innbyggere i spredt bosetning fra de innerste fjellbygdene til de ytterste kyststrøkene. For å gi både sentrale og mindre sentrale områder sikker strømløse er det bygget opp et ca 13 000 km langt ledningsnett gjennom fylket.

Den organiserte elektrisitetsforsyningen i fylket startet med etableringen av Nord-Trøndelag Elektrisitetsverk (NTE) i 1919. Det var imidlertid i gang elektrisitetsforsyning fra små kommunale og private kraftverk med lokal distribusjon allerede fra begynnelsen av 1900-tallet. Før NTE så dagens lys

har det vært elektrisitetsproduksjon ved kanskje så mange som 70 forskjellige enheter rundt omkring i fylket.

Under første verdenskrig ble spørsmålet om å organisere en felles elektrisitetsutbygging for hele fylket tatt opp, og i 1918 nedsatte fylkestinget i Nord-Trøndelag en elektrifiseringskomité – med fylkesingeniør Emil Astrup som den drivende kraft. Astrup mente man måtte bort fra små isolerte anlegg og heller gå over til en samlet elektrisitetsproduksjon i store kraftanlegg som arbeidet sammen og leverte strøm til store sammenhengende ledningsnett. Han mente også

at fylkeskommunen burde overta kraftforsyningen. Astrup laget utkast til en elektrifiseringsplan som dannede grunnlaget for komiteens forslag. Det gikk ut på å bygge et fylkeskommunalt kraftverk i Folla-vassdraget på vestsiden av Beitstadsfjorden, og et sammenhengende ledningsnett for hele fylket i tilknytning til kraftverket.

Forslaget til elektrifisering ble behandlet på fylkestinget i juni 1919, og til tross for at mange av ordførerne som møtte på fylkestinget var henstilt fra hjemkommunene om å stemme imot "Astrups flyveideer", ble forslaget



enstemmig vedtatt. I prinsippene for elektrisitetsforsyningen ble det slått fast at formålet måtte være "å skaffe alle distrikter fullt tilstrekkelig elektrisk kraft til lys, koking og varme, til jordbruk, til håndverk og til så vel småindustri som til større industrielle foretagender".¹⁾ På samme fylkesting ble NTE opprettet som et fylkeskommunalt verk, og byggingen av kraftverket i Follafooss ble satt i gang umiddelbart.

De opprinnelige planene for ledningsnettet gikk ut på å bygge to hovedledninger med 66 kV spenning; den ene med en lengde på 115 km om Steinkjer og sørover til Stjørdal, og den andre nordover via Namsos til Ytre Namdalen, en strekning på 126 km. I tilknytning til disse ledningene skulle det bygges seks transformatorstasjoner for nedtransformering til fordelingspenning. Etter nærmere overveielser ble planene noe modifisert, og i første omgang ble det strukket en 80 km lang 66 kV-ledning til Steinkjer og videre sørover til Åsen, samt en 66 km lang 66 kV-ledning nordover til Namsos. Den 6. mars 1923 kunne vannet slippes på turbinene i Follafooss, og fylkesverkets kraftproduksjon var i gang. Den 17. mars ble spenningen satt på ledningen fra Follafooss til Steinkjer. Deretter fulgte strekningen fra Steinkjer til Åsen 5. april, og fra Follafooss til Namsos 20. april samme år.

For å nedtransformere fra 66 kV til fordelingsnettet på 20 og 15 kV, ble det oppført transformatorstasjoner i Steinkjer, Namsos og Åsen. Arkitekt for disse tre bygningene og for kraftstasjonen i Follafooss var Olaf Nordhagen, domkirkearkitekten som også var mester for monumentale kraftstasjoner som Vemork og Såheim i Telemark. Steinkjer-stasjonen er i senere tid erstattet av en ny bygning, mens bygningene i Åsen og Namsos er bevart.²⁾

Utbyggingen av kraftstasjonen i Follafooss og ledningsnettet derfra skjedde midt under den økonomiske krisen etter første verdenskrig. Da anlegget ble satt i drift i 1923, mente man at maskinene i Follafooss i lang tid frem-

¹⁾ Nord-Trøndelag Elektrisitetsverk 1948: 2

²⁾ Se beskrivelsen av Namsos transformatorstasjon.



I Beitstadsundet står den ene av de 78 meter høye tårnmastene fra 1923 på Rambergsholmen, der hekkende sjøfugl holder den med selskap. Foto: Sissel Riibe, NVE

over ville produsere mer kraft enn det var behov for. Det var imidlertid vanskelig å få avsetning på kraften, og fylkesverket fikk store problemer med å betale på sine lån. Det ble innledet forhandlinger med sikte på å levere kraft til Sør-Trøndelag fylke, uten at det førte til noe. En del kraft ble solgt til forskjellige industrivirksomheter, men det tok tid før kraft til alminnelig forbruk ble særlig utbredt. Til å begynne med var det få kommuner som ville slutte seg til fylkesverket, dels fordi de hadde egne kraftverk til å forsyne innbyggerne, og dels fordi fordelingsnettet var lite utbygget.

Det ble gjort ulike fremstøt for å øke forbruket, og fylkeskommunens egne institusjoner var blant de første som ble elektrifisert. Sykehusene i Levanger og Namsos ble tilkoblet strømmen i 1925, og husmorskolene i Stjør-

dal og Namdal fikk elektrisk utstyr for å lære fylkets unge damer å bruke elektriske apparater i husholdningen. Likedan ble landbruksskolen på Mære elektrifisert, for å lære fylkets mannlige ungdom å bruke elektrisitet i landbruket.

Det skulle gå mange år før målet som ble satt i 1919 om å elektrifisere alle distrikter var fullført, og først i 1966 hadde alle innbyggerne i fylket tilgang til elektrisk kraft. Siden opprettelsen i 1919 har NTE overtatt alle kommunale elektrisitetsverk i fylket, og selskapet eies fortsatt i sin helhet av Nord-Trøndelag fylkeskommune. I tillegg til å være kraftprodusent, kraftomsetter og netteier, driver NTE installasjonsvirksomhet over hele fylket, samt handel med forbruksartikler. NTE er også en betydelig aktør innen utbygging og drift av bredbånd-

nett, og har entreprenør- og konsulentvirksomhet innen utbygging av kraftforsyning og energiproduksjon både i inn- og utland. I 2008 ble fylkesverket organisert som et konsern med NTE Holding AS som morselskap og forretningsområdene som heleide datterselskaper, der NTE Nett AS er ett av dem.

Teknisk utførelse

Ledningen fra Follafoss til Steinkjer er 22 km lang. Som nevnt var dette første etappe av hovedledningsnettet på 66 kV som ble satt i drift i 1923. Den ble bygget med dobbelt trådsett. På enkelte delstrekninger ble det i tillegg lagt på et trådsett for 20 kV.

Ledningen ble, i likhet med de øvrige med 66 kV spenning, i hovedsak bygget med impregnerte A-master av furu på betongfundamenter, og med kobbertråd, piggisolatorer og ståltraverser for dobbelt trådsett. Det ble brukt stålmaster over Beitstadsundet (også kalt Malmsundet og Rambergsundet) og Hammerleiret, samt mellom Lundleiret og Steinkjer transformatorstasjon. Over Beitstadsundet stilte havnemyndighetene krav om fri seilingshøyde på 50 m, slik at malmbåtene til og fra Fosdalen gruver lenger inne i sundet skulle kunne passere. Det medførte at de to bæremastene, som ble satt opp nesten nede ved sjøkanten, ble svært høye.

I årenes løp har det foregått en gradvis utskifting av både master, liner og isolatorer, og fra 1998 til 2000 ble hele ledningen unntatt spennet over



Forankringsmast fra 1923 på vestsiden av Beitstadsundet. Foto: Sissel Riibe, NVE

Beitstadsundet bygget om. Over Hammerleiret ble det satt opp nye portalmaster av stål, mens det på resten av ledningen ble brukt vanlige H-master av impregnert furu eller limtre. Det er

benyttet legert line Al 59-444 og enkelt trådsett, bortsett fra over Hammerleiret, der det er benyttet super Al 59-444. Hele luftledningen har i dag hengeisolatorer.



Spennvidden mellom de to tårnmastene i Beitstadsundet er 626 meter. Foto: Sissel Riibe, NVE



Over Hammerleiret på nordsiden av Steinkjerfjorden ble det på slutten av 1990-tallet satt opp nye portalmaster av stål. Foto: Sissel Riibe, NVE

Fra Follafooss kraftverk ble ledningen lagt i en 1600 m lang kabel gjennom den nærmeste bebyggelsen, og det samme ble gjort på en 1800 m lang strekning fra Steinkjer transformatorstasjon og forbi bebyggelsen i Heggeseåsen. Kablene er av type $3 \times 1 \times 1000 \text{ mm}^2$ TSLE. I dag er det bare ett trådsett (en kurs) på hele ledningen, bortsett fra i spennet over Beitstadsundet som har to trådsett i drift, med linetype FeAl 95-12/19.

Spennet over Beitstadsundet fortjener litt ekstra oppmerksomhet. Mellom de to bæremastene, som er 78 meter høye tårnmaster, er det en spennvidde på 626 m. Forankringsmastene lenger inne på land på hver sin side av sundet, er henholdsvis 15 og 24 m høye, og spennvidden mellom dem er omtrent 1200 m. Mastene er fagverkskonstruksjoner av vinkelstål med bolter i knutepunktene, og med egne betongfundamenter for hvert

bein. Mastene har avtagende tverrsnitt oppover mot toppen, og de har tre traverser, der linene som utgjør en kurs er hengt opp vertikalt på hver sin side av selve masten. I tårnmastene går det stige-trinn helt opp til toppen.

Under ombyggingen i 1998-2000 ble de gamle tårnmastene og forankringsmastene over Beitstadsundet nøye undersøkt. De var fortsatt i god stand og ble sandblåst og malt på nytt. Disse



Den visjonære fylkesingeniøren

Emil Astrup (1868-1951) var utdannet ingeniør fra Tyskland, og var en pådriver for utviklingen i Nord-Trøndelag etter at han kom som vegingeniør til Nord-Trøndelag i 1897. Han satte spor etter seg innen utbygging av både samferdsel og kraftforsyning.

Astrup var en fremsynt mann med jernvilje, og lenge før et fylkesomfattende elektrisitetsverk var påtenkt, fikk han i gang et elektrisitetsverk i Namsos. Etter at han flyttet til Steinkjer som fylkesingeniør i 1917 ble han pådriver for oppstart av det som senere ble mest kjent som Fylkesbilene i Nord-Trøndelag. Initiativet til dette kom omtrent samtidig med at han lanserte sin plan for en fylkesomfattende kraftforsyning. Emil Astrup ble første direktør da NTE ble opprettet i 1919, og han beholdt denne stillingen helt til han gikk av med pensjon i 1937.

mastene er de eneste originale komponentene som er igjen av den opprinnelige ledningen mellom Follafoss og Steinkjer.

Landskap og miljø

Fra den monumentale kraftstasjonen i Follafoss, på vestsiden av Beitstadfjorden, går ledningen nordøstover mot Steinkjer. Gjennom tettstedbyggingen i Follafoss går den i kabel, og deretter som luftledning gjennom skog og landbruksområder langs fjorden frem til den krysser det 800-900 m brede Beitstadsundet, der de høye tårnmastene rager over vannspeilet. Den ene tårnmasten står ute på Rambergholmen, som er naturreservat – et viktig hekkeområde for sjøfugl. Den andre står i sjøkanten på østsiden av sundet.

Derfra stiger ledningen bratt oppover og følger nordsiden av Steinkjerfjorden gjennom skog og landbruksområder, og over grunne bukter med muddarfjære og strandenger. En av disse buktene er Hammerleiret, som også er naturreservat. På siste del av strekningen føres ledningen i kabel under Heggesåsen frem til Steinkjer transformatorstasjon nordøst for byens sentrum.

Begrunnelse

Opprettelsen av fylkesverk var del av en begynnende regionalisering av elforsyningen i Norge i kjølvannet av første verdenskrig. Dette hadde blant annet sin bakgrunn i den teknologiske utviklingen som åpnet for større, regionale forsyningssystemer. Staten, som tidligere hadde støttet dannelsen av kommunale bygdekraftverk, la opp til en mer storskalaorientert elektrifiseringspolitikk, og det ble blant annet gitt støtte til egne vannbyggingsingeniører i fylkene. I Nord-Trøndelag ble fylkesingeniør Emil Astrup den drivende kraft i elektrifiseringsarbeidet.

Da Nord-Trøndelag opprettet sitt fylkeskommunale elektrisitetsverk i 1919, var det ett av de seks fylkene som gjorde det innen utgangen av 1920. De øvrige var Akershus, Aust-Agder, Vest-Agder, Buskerud og Troms. Først etter andre verdenskrig ble det igjen dannet nye elektrisitetsverk på fylkesnivå.



Detalj av gammel forankringsmast ved Beitstadsundet. Foto: Sissel Riibe, NVE

Å etablere fylkesforsyning var et stort løft for nordtrønderne, og det innebar investeringer som lå hinsides det fylkestinget vanligvis beskjeftiget seg med. Før avstemningen 21. juni 1919 uttalte fylkesmann Guldahl at dersom fylkestinget ga innstillingen sin fulle tilslutning *”vil jeg si at Nord-Trøndelag fylkesting i 1919 vil komme til å stå som et lysende eksempel med hensyn til god, gammel samfunnsånd for andre fylker og kommuner i vårt land, og ikke alene for nålevende slekt, men også for lange tider fremover”*.³

Siden den dagen har NTE bestått som et fylkeskommunalt selskap, og fylkesverket har gjennom alle årene vært en viktig samfunnsaktør i Nord-Trøndelag.

Follafoss kraftverk og overføringsledningene som ble satt i drift i 1923, var starten på den organiserte elektrisitetsforsyningen i fylket. Ledningen fra Follafoss til Steinkjer var den første delen av hovedledningsnettets på 66 kV som ble satt i drift, og den representerer således fylkesverkets pio-

³⁾ *Krekling* 1973: 48

nertid. Selv om ledningen er blitt bygget om og ikke lenger har det opprinnelige mastebildet, følger den i hovedsak den opprinnelige traseen. Først i 1944-1945 ble det igjen bygget 66 kV-ledninger, med forbindelsen mellom Namsos og det første kraftverket i Namsen, Fiskumfoss, som ble satt i drift høsten 1946.

Mastene i luftspennet over Beitstadsundet er de eneste originale komponentene som er igjen av den opprinnelige ledningen mellom Follafoss og Steinkjer, og de har derfor stor verdi som materielle spor fra denne pionertiden i fylket. På de øvrige 66 kV-ledningene som ble satt i drift samme år, er det heller ikke noe opprinnelig materiale igjen.

Fagverksmastene i stål over Beitstadsundet har verdi som kilde til kunnskap om mastekonstruksjoner for lange og høye spesialspenn. De er blant de eldste mastene i landet som fortsatt blir brukt til kraftoverføring. De slanke tårnmastene er et spektakulært syn der de rager høyt over vannspeilet, og de står som et symbol over fylkestingets ambisiøse mål i 1919 om å skaffe alle i fylket elektrisk kraft.

Follafoss kraftverk, som ledningen starter fra, er i seg selv et viktig kulturminne. Dette var det første kraftverket til Nord-Trøndelag Elektrisitetsverk, og den monumentale kraftstasjonen i nyklassisistisk stil er meget godt bevart. Bygningen er, i likhet med transformatorstasjonene i Steinkjer, Åsen og Namsos, tegnet av Olaf Nordhagen, en av de store kraftverksarkitektene tidlig på 1900-tallet.

Viktige momenter:

- NTE – fylkeselektrisitettsverk siden 1919
- Emil Astrups plan for elektrifisering av fylket
- Nord-Trøndelags første 66 kV-ledning
- fjordspenn med originale fagverksmaster fra 1923
- Follafoss – NTEs første kraftverk



“Å henge på gammellinja over Beitstadsundet, 80 meter rett ned, og sette vibrasjonsdempere på ledningene, er heller ingen spøk – spesielt ikke når vinden tar tak og vugger montørene fram og tilbake.” Sitert fra boka *Linjer gjennom Nord-Trøndelag* (1999). Her er det Tore Hagen i NTE som henger i luften. Fotograf: Steinar Johansen, for Nord-Trøndelag Elektrisitetsverk

Kilder

Litteratur:

Hjulstad, Ola (1986): *Småkraftverk i Nord-Trøndelag*. Nord-Trøndelag Elektrisitetsverk.

Krekling, Sigurd (1973): *Nord-Trøndelag Elektrisitetsverk. Utvikling og vekst gjennom 50 år*. Namsos: O. Hojems Trykkeri.

Nord-Trøndelag Elektrisitetsverk (1948): *Nord-Trøndelag Elektrisitetsverk gjennom 25 år*. Steinkjer: Steinkjer Trykkeri A/S.

Nord-Trøndelag fylkeskommune (1952): *Uttalelse om Elektrisitetsforsyningen i Nord-Trøndelag*, avgitt av den sakkyndige nemnd som ble oppnevnt av Nord-Trøndelag fylkesutvalg 1. april 1952.

Rein, Roger og Johansen, Steinar (1999): *Linjer gjennom Nord-Trøndelag*. Steinkjer: Nord-Trøndelag Elektrisitetsverk.

Rinde, Harald (2001): Mellom plan og naturlig utvikling. Opprettelsen av fylkeskommunale everk omkring 1920. I Thue, Lars og Rinde, Harald (2001): *Samarbeidets kraft*, s. 161-173. Oslo: Energi Forlag AS.

Muntlige kilder:

Odd Hegge, Nord-Trøndelag Elektrisitetsverk

Tafjord – Nørve

Allerede i 1898 fant man overskriften "Tafjorden. Store anlegg"¹⁾ i Sunnmørsposten. Det ble tidlig klart at de topografiske forholdene rundt Tafjord, med store vannfall, gode muligheter for dambygging og svært bratte overganger mellom fjord og høyfjell, egnet seg særdeles godt for kraft- og industriutbygging. Samtidig gjorde nettopp disse topografiske forholdene ledningsbyggingen ut fra Tafjord til en spesiell utfordring.

Den 12. april 1917 ble Tafjord Kraftselskap stiftet på et møte i rådhuset i Ålesund, og konstituerende styremøte ble avholdt 21. juni samme år. Selskapet, som ble etablert av representanter fra Ålesund og 12 landkommuner, skulle bygge ut Tafjordvassdraget og forsyne området med strøm. Helt sentralt i denne prosessen stod byggingen av en overføringsledning fra produksjonsanleggene i Tafjord til Nørve transformatorstasjon ved Ålesund. For å unngå for store overføringstap valgte man å bygge ledningen for 110 kV. Et så høyt spenningsnivå hadde

tidligere vært tatt i bruk i USA og enkelte steder i Europa, men var aldri tidligere utprøvd her til lands.

Ledningen Tafjord–Nørve ble satt i drift i oktober 1923. Opprinnelig var idriftsettelsen planlagt omkring et år tidligere, men i likhet med resten av de tidligste anleggene i Tafjord ble ledningen bygget i en tid preget av økonomiske nedgangstider og restriktiv utlånspolitik, ved avslutningen av første verdenskrig. De økonomiske problemene, og det utfordrende arbeidet med ledningsbyggingen, førte til store

utsettelse. Likevel fikk Tafjord Kraftselskap etter hvert finansieringen på plass og anleggsarbeidet kunne gå sin gang. Den 28. oktober 1923 kunne endelig ordføreren i representantselskapet for Tafjord Kraftselskap, advokat Svend Evensen, skru på kraften i transformatorstasjonen. Dagen etter stod følgende å lese i Sunnmørsposten: "Denne dag vil være en merkedag for Ålesund. Den dag kom de bundne naturkrefter inne i Tafjorden til Ålesund i form av elektrisk kraft – et nytt kapittel i byens liv".²⁾



Det ville terrenget og det uvanlig høye spenningsnivået gjorde byggingen av ledningen til et meget spesielt arbeid, med store utfordringer både på tegnebordet og ute i felten. Til å begynne med forsøkte man å reise mastene med spill etter praksis fra flatere landskap, men dette ble snart gitt opp. De ulike mastekomponentene ble i stedet skrudd sammen uten en eneste klinknagledel. Mange av mastene måtte spesialkonstrueres, og allerede før ledningen var spenningsatt opplevde man mastehavari som følge av gufs fra melfonner. Arbeidsstyrken på ledningen var på det meste oppe i 221 mann.

Disse forholdene ga ledningsarbeiderne svært harde arbeidsforhold. For å lage taubane opp mot Uriskaret (1171 m.o.h.) måtte arbeiderne på egen hånd først bære det tunge svinghjulet og motoren hele veien opp. Det var et forferdelig slit. I Tafjord Kraftselskaps jubileumbok beskriver Johan Kåre Tenfjord hvordan livet i den lille anleggshytta på Karlstad kunne fortone seg: *"I hytta bodde det opp til 20 mann og luften var som "i ein sunken ubåt". Det var ikkje sengeplass til alle... .. og styggkaldt kunne det vere når dei måtte ut og rigge opp linja provisorisk etter at ho hadde falle ned. Det hende at strømpene var frosne fast i skoa når dei kom i hus om kvelden".*³⁾

Tafjord-Nørve-ledningen har vært utsatt for store belastninger forårsaket av vind, snø, islast og skred. Det har forekommet både mastebrodd og linebrodd som følge av skred, og det er særlig skred av tørr snø (melfonner) – og det lufttrykket som dette skaper – som har ødelagt mastene ved



Lineoppheng på ledningens nyeste del.
Foto: Henning Weyergang-Nielsen, NVE



Bygging av spesialkonstruert mast i fjordveggen nedenfor Syltfjellet. Foto: Tafjord kraftnett

å blåse dem av fundamentene. I skråninger med dype snøskavler har også snøtrykket bøyd jernene. Ledningen ble derfor allerede tidlig på 1930-tallet bygget om flere steder, og den ble til dels flyttet høyere til fjells for å komme høyere enn de mest snøskredutsatte områdene på 600-700 m.o.h.

I perioden etter 2. verdenskrig var det en kontinuerlig økning i strømforbruket, samtidig som produksjonsanleggene innerst i Tafjorden stadig ble utvidet. Det ble derfor også nødvendig å øke overføringskapasiteten, og en ny dobbel 110 kV-ledning (linje 3 og 4) mellom Tafjord og Nørve ble satt i drift i 1958. Forprosjekteringen og stikkingen ble utført av A/S Betonmast i Oslo, konsulent Tron Horn stod for detaljplanleggingen, mens ingeniør Lars Brusdal hadde kontrollen med

anleggsarbeidet. På grunn av de mange kompliserte ledningsbruddene som tidligere hadde forekommet, forsøkte man ved denne anledningen å unngå noen av de mest værutsatte områdene. Linje 3 og 4 ble derfor ført langs Lingestranda i Valldal i stedet for opp gjennom Uriskaret. Ledningen ble for øvrig også bygget gjennom Solnørdal transformatorstasjon, der noe av kraften ble fordelt videre ut i kommunene.

Senere i etterkrigstiden bygget Tafjord Kraftselskap også en større transformatorstasjon på Giskemo i Ørskog, og den eldre stasjonen i Solnørdal ble derfor lagt ned. På Giskemo ble linje 3 og 4 fra Tafjord koblet sammen med det statlige stamledningsnettet gjennom fylket, og i den forbindelsen fikk man også gjennomført en spenningsoppgradering på ledningen for å tilpasse den til resten av ledningsnettet. Den eldste ledningen (linje 1 og 2)

1) Vollan 1967: 29
2) Vollan 1967: 70

3) Tenfjord 1992: 31

ble bygget på nytt fra Tafjord til Giskemo i 1979, og i all hovedsak lagt i den samme traseen som ledningen fra 1923. De eldste linene og mastene har senere gradvis blitt revet. Linje 3 og 4 fra 1958 går i dag gjennom Giskemo transformatorstasjon, videre innom den nyere Holen transformatorstasjon i Spjelkavik, før de ender opp i Nørve. Koblingsanlegget i Holen transformatorstasjon ble for øvrig i 1973 isolert med SF₆-anlegg, som et av Norges to første.

Teknisk utførelse

Den første ledningen fra Tafjord til Nørve ble bygget med 110 kV spenning, som var det høyeste spenningsnivået i landet ved idriftsettelsen i 1923. Prosjektering og planlegging av både kraftledningen og transformatorstasjonen ble utført av ingeniørene Nissen & von Krogh i Oslo.

Ledningen ble bygget med dobbelt sett liner i 3×50 mm kobber, hengt opp i regulær sekskant med tre meters faseavstand. Ledningen var som nevnt svært utsatt for skred, og man forsøkte derfor tidlig å løse dette problemet ved blant annet å bygge en rekke lange spenn med bronseliner og senere galvaniserte stålliner med ekstra stor bruddstyrke. Mastene ble bygget i galvanisert jern på betongfundamenter, og de to linesettene gikk for det meste på fellesmast. På store deler av ledningen valgte man også å ta i bruk hengeisolatorer, noe som på denne tiden fortsatt var forholdsvis uvanlig. Allerede på 1930-tallet ble enkelte deler av ledningen bygget i ny trasé, blant annet med lengre spenn. På 1950-tallet skiftet man for øvrig til liner av stålaluminium (FeAl).

Den nye dobbelte ledningen (linje 3 og 4), som stod klar i 1958, ble bygget med stålmaster stående på betongfundament. Denne ledningen ble i hovedsak bygget med liner av typen FeAl 95-26/7, men med diverse ulike typer forsterkninger i forbindelse med lange spenn. Linje 3 og 4 ble spenningsoppgradert til 132 kV i 1968, i forbindelse med idriftsettelsen av Giskemo transformatorstasjon. Dette ga også kraften fra Tafjord forbindelse til stamledningsnett gjennom Sogn og Fjordane.



I 1979 ble det bygget en ny 132 kV-ledning i samme trasé som ledningen fra 1923. Denne ble, i likhet med ledningen fra 1950-tallet, bygget med stålmaster på betongfundament. Linetyper som ble brukt var i hovedsak FeAl 185-26/7, men med 30/7 i fjordspenn.

Landskap og miljø

Traseen er meget spesiell, særlig i den første delen. Fra kraftstasjonen innerst i Tafjord går ledningen i nordvestlig retning de første 47,6 km til Giskemo transformatorstasjon, og deretter videre vestover, via Holen transformatorstasjon, til Nørve transformatorstasjon utenfor Ålesund. Ledningen er til sammen 82,9 kilometer lang.

Fjorden, som preges av nesten loddrette fjellsider som stuper ned i vannet, krysses to ganger i løpet av de første 12 kilometerne. Fjorden krysses først nesten helt innerst i fjordarmen. Ledningen går derfra på sørsiden av fjorden, før den krysses på nytt ved Fjøra. Den første doble linjen fra 1923 ble så lagt på nedsiden av Syltefjellet mot nordsiden i fjorden, med spesialmaster i fjordveggen. Den steg deretter opp i Uriskaret i nesten 1200 m.o.h., før den ble lagt gjennom den trange Lillebotn og ned i Stordalen.

Ledningen tas i dag inn i Nørve transformatorstasjonsanlegg fra 1959, bygget inn i en skjæring i fjellet.

Foto: Henning Weyerang-Nielsen, NVE

Da linje 3 og 4 ble bygget i 1950-årene, valgte man å legge traseen for disse rett over Syltefjellet i stedet for å gå ned i fjordveggen. Man ville også unngå de værutsatte områdene i Uriskaret og la derfor traseen over Lingestranda i Valldal. Ledningen fra 1979 fulgte samme trasé som den fra 1923, bortsett fra at man gikk rett over Syltefjellet i stedet for på nedsiden av dette.

Ledningene fra 1958 og 1979 møtes i Øvre Stordalen. Fra Stordal går de videre på nordsiden av Storfjorden, over Dyrkornfjellet til Giskemo i Ørskog. Linje 3 og 4 går videre rett vestover fra transformatorstasjonen på Giskemo, gjennom fjord- og kystlandskap, via Holen og til Nørve transformatorstasjon omkring 5 km øst for Ålesund sentrum.

Begrunnelse

Da ledningen mellom Tafjord og Nørve ble satt i drift i 1923, var den et stykke ingeniørkunst som man knapt hadde sett maken til her til lands tidligere. Traseen gikk mellom høye fjell, dype daler og bratte fjorder, og en rekke spenn måtte forsterkes og master

spesialkonstrueres. Spenningsnivået på 110 kV var også det høyeste man hadde bygget med i Norge på dette tidspunktet. I dag ville en slik ledningsbygging blitt utført med helikopter og andre moderne hjelpemidler, men i 1923 ble dette arbeidet i stor grad utført ved hjelp av muskelkraft, og det må derfor ha vært et inderlig slit for ledningsbyggerne.

Været og terrenget som denne ledningen ble bygget i satte spesielt store krav til line- og mastekonstruksjonene. I denne sammenhengen kan særlig nevnes ledningsføringen på nedsiden av Syltefjellet, der mastene måtte spesialkonstrueres i den stupbratte fjordveggen, samt i Uriskaret, der man finner master med opp til 12 meter høye betongfundamenter. I høyfjellsområdene kan man tidvis også oppleve snøfonner av slike dimensjoner at de vokser seg høyere enn ledningsføringen, slik at linene dermed havner under snøen. Dette har medført ekstreme utfordringer knyttet til dimensjonering og bruddstyrke på master og liner.

Ledningen mellom Tafjord og Nørve er ikke bare et kulturhistorisk svært interessant anlegg isolert sett. Den må også settes i sammenheng med den helhetlige kraftutbyggingen den var en del av, med flere kulturhistorisk verdifulle kraftoverføringsanlegg. Ledningen fikk som nevnt sitt endepunkt i Nørve transformatorstasjon. Den første stasjonen på Nørve ble bygget i forbindelse med overføringen fra Tafjord i 1923, og besto av en monumental murbygning i karakteristisk 1920-tallsklassisisme. I forbindelse med dette ble det også bygget et kai-anlegg med 25 tons kran og jernbanespor inn i stasjonsanlegget. Ansvarlige for prosjekteringen var ingeniørene Nissen & von Krogh. I 1959 ble det satt i drift ny transformatorstasjon, bygget inn i en fjellskjæring tett inntil den gamle stasjonen. Portalbygget er pent vedlikeholdt og fremstår som representativ etterkrigsmodernisme. Transformatorbygget fra 1923 er nå utfaset, og leies ut som kontorer, lager og verksted.

Når det gjelder fordelingen videre fra Nørve var særlig byggingen av det



Ledningsinspeksjon i Uriskaret. På grunn av de store snømengdene i fjellet er det bygget master med svært høye betongfundamenter. Her er det kun øverste del av fundamentene som stikker opp over snøen. Foto: Tafjord kraftnett



Ledningshytte på fjellet i Uriskaret. Legg særlig merke til tårnkonstruksjonen i tre, bygget for å kunne ta seg inn i hytta om vinteren når snømengdene er som størst. Foto: Tafjord kraftnett

omfattende forsyningsnettet til øykommunene utenfor Ålesund et teknologisk pionerprosjekt, som i sin tid fremstår som svært imponerende. Forsyningen skjedde gjennom et nett av omkring 26 km sjøkabler, og enkelte av disse eksisterer fortsatt. Lengden på hver enkelt kabel varierte fra ca 500 til ca 3000 meter, og overføringene gikk på sitt dypeste ned mot 360 meter under havoverflaten.

Av senere anlegg bygget i tilknytning til ledningen, må også Holen transformatorstasjon nevnes. Holen var en

av Norges to første transformatorstasjoner med koblingsanlegg isolert med SF₆-gass. SF₆, som fra 1980-tallet ble stadig vanligere i norske koblingsanlegg, er omstridt ettersom det er en forholdsvis kraftig klimagass, men den har samtidig en rekke fordeler. SF₆-gass har høy isolasjonsevne og gjør det derfor mulig å bygge kompakte, kapslede anlegg innendørs, også for de høyeste spenningsnivåene. Dette har store fordeler med tanke på arealbehov og estetikk. SF₆ har i tillegg meget gode egenskaper når det gjelder å slukke lysbuer i effektbrytere, noe

som også gjør disse rimeligere, sikrere og mer kompakte.

Det har vært flere utskiftninger av materiell på ledningen gjennom årene, og anleggene fra 1923 er gradvis tatt ned. I dag finnes det derfor kun igjen enkelte mastefundamenter etter dette. En del mastekomponenter fra 1930-årene er imidlertid fortsatt i bruk, og ledningen fra 1958 står der fortsatt i dag. Et annet viktig element er at de to linjehyttene i Uriskaret og på Karlstad, som fungerte som innlosjeringshytter i fjellet for ledningsarbeiderne allerede i forbindelse med den første utbyggingen i 1923, er restaurert og fortsatt i bruk.

Tafjord Kraftnetts historie blir også forbilledlig formidlet i kraftverkmuseet i Tafjord. Det gamle, ærverdige Tafjord 1 kraftverk ble tatt ut av ordinær drift i 1989, og en ny moderne stasjon ble oppført like ved. Sommeren 1991 ble den gamle kraftverksbygningen åpnet for publikum som museum, og allerede den første sesongen var det 12 000 mennesker innom dørene.

Viktige momenter:

- første ledning i Norge med 110 kV
- lange spenn
- trasé i meget ulendt og værutsatt terreng
- spesialkonstruerte master
- flere generasjoner ledning
- bevarte linjehytter
- Nørve transformatorstasjon
- viderefordelingen i sjøkabler
- Holen transformatorstasjons SF₆-anlegg
- kraftmuseum i Tafjord



Ledningen slik den fremstår i dag på den siste strekningen inn til Nørve transformatorstasjon.
Foto: Henning Weyergang-Nielsen, NVE

Kilder

Litteratur:

Electrical World (1923): Transmission, Substations and Distribution. *Electrical World*, Vol. 81, No. 24, 1923.

Sandberg, J. (1951): *Trekk fra elektrisitetsforsyningens utvikling – Del 2. Utviklingen i vårt land 1901-1951.* Oslo: Norske Elektrisitetsverkers Forening.

Solem, Arne (red.) (1954): *Norske Kraftverker.* Oslo: Teknisk Ukeblads Forlag.

Tenfjord, Johan Kåre (1992): *Tafjord Kraftselskap 1917-1992.* Brattvåg: Hatlehols trykkeri.

Vollan, Odd (1967): *Tafjord Kraftselskap 1917-1967.* Ålesund: Sunnmørspostens trykkeri.

Muntlige kilder:

Magne Aarseth, Tafjord Kraftnett
Gunnar Longva, Tafjord Kraftnett
Eivind Vestre, Tafjord Kraftnett

Nore – Oslo

Da ledningen fra Nore kraftverk til Oslo ble bygget i mellomkrigstiden, var ikke dette bare en milepæl innen samkjøring og systemintegrasjon. Det var også et unikt pionerprosjekt med tanke på dimensjonering og tekniske løsninger. Ledningen står fortsatt i dag med originale master og en stor del original line.

I 1918 besluttet Stortinget å bygge ut de store Nore-fallene i Buskerud, som staten hadde kjøpt opp allerede i 1907. Statens ambisjon var å forsyne hele det sentrale Østlandsområdet med kraft, i tillegg til å bruke det samme kraftoverføringssystemet for å fremme omfattende samkjøring og systemintegrasjon mellom de ulike elverkene i området. Planene innbefattet å bygge et kraftverk på Rødberg i Numedal, en overføringsledning til Flesaker¹⁾ i Buskerud og videre til Slagen ved Tønsberg, samt en ledning til Oslo med mottakerstasjon på Smestad.²⁾ Her vil vi i hovedsak beskrive ledningen til Oslo. I første omgang meldte Oslo Elektrisitetsverk,

Skienfjordens Kommunale Kraftselskap, Vestfold Kraftselskap og Buskerud Elektrisitetsforsyning seg som kjøpere av Norekraft. Prisen var 90 kroner per kW/år.

Byggingen av kraftverket startet i 1920, og etter kun kort tid var et fire-sifret antall mennesker engasjert i anleggsarbeidet. På Rødberg ble det bygget provisoriske kraftverk, skoler, boliger, veier, sykehus og butikker, og jernbanen opp til Rødberg og kraftverket stod klar

i 1927. Nore kraftverk ble satt i drift med de fire første aggregatene i 1928.

Planleggingen og byggingen av ledningene fra Nore startet i 1925-26. Fossedirektoratet i NVE, med overingeniør Johan Collett Holst som bygningsleder, var ansvarlige for dette arbeidet. Holst var utdannet elektroingeniør fra Tyskland, og hadde hatt samme oppgave i forbindelse med ledningen Rjukan–Oslo (opprinnelig kalt Vemork–Kristiania) tidligere på 1920-tallet. Erfaringene fra dette arbeidet ble verdifulle når Noreledningene, og særlig Nore–Oslo, skulle bygges. I likhet med Rjukanledningen var Nore–Oslo planlagt i værutsatt høy-

1) Se egen beskrivelse av Flesaker transformatorstasjon

2) Se egen beskrivelse av Smestad transformatorstasjon



fjellsterreng, og særlig var passasjen over Norefjell, med bratte nedstigninger mot Eggedal og Krøderen, en betydelig utfordring. De store kraftmengdene som skulle overføres fra Nore, betydde også større tverrsnitt på linene og større frykt for snø- og islastproblemer.

Det var først og fremst fjellområdet sørøst for Vemork som hadde skapt problemer for Rjukanledningen. Det oppsto en rekke driftsavbrudd, særlig i forbindelse med at is og snø forårsaket at linene kom i kontakt med hverandre og skapte kortslutning. Driftsavbrudd i slike høyfjellsområder kunne i tillegg ofte bli langvarige, ettersom det var svært vanskelig å komme til med reparasjonsarbeid vinterstid.

For å unngå en gjentakelse av problemene med Rjukanledningen, ønsket Holst å utvikle et mer nøyaktig system for liners og masters tåleevne under ulike klimatiske forhold. Til å utføre dette arbeidet satte Holst en av sine yngre medarbeidere, avdelingsingeniør Olav Strand, og Strand gikk raskt i gang med et omfattende forsknings- og eksperimenteringsarbeid. Ut fra sine beregninger kunne Strand deretter utvikle en generell modell for ulike linetyper styrke og belastningsevne, noe som igjen ble meget viktig både for driftssikkerhet og økonomi. Man fikk blant annet mulighet til å bygge Noreledningen med gjennomsnittlig lengre spenn enn først antatt. Strands beregninger skulle komme til nytte, ikke bare i forbindelse med byggingen av Nore–Oslo, men også gjennom publisering i en bok som i flere tiår fremover kom til å danne en mal for dimensjonering og konstruksjon av nye kraftledninger.

Linene ble altså strukket betydelig strammere enn det som hadde vært vanlig tidligere. På den måten oppnådde man en besparelse i antall master, men samtidig fikk man genererende vibrasjoner i en del spenn, som igjen ble årsak til enkelte linebrudd. Til bekjempelse av dette ble det derfor brukt en nyutviklet vibrasjonsdemper kalt Holstdemper, utviklet delvis i samarbeid med tyske ledningsbyggere. Ved transport av materialer til ledningen var



Ledningen har i stor grad beholdt sitt opprinnelige uttrykk, men på et parti gjennom Sørkedalen er de to nederste faselinene tatt ned. Her ser vi ledningen ved Heggelivann i Sørkedalen. Foto: Henning Weyergang-Nielsen, NVE

hesten den dominerende trekraften, men selve oppstrekkingen av linene til riktig høyde ble i stor grad utført med store tautaljer og menneskekraft. Etter hvert kom imidlertid vindsjer i bruk.

For å minske energitapene på de lange overføringene fra Nore, ble det bestemt at disse skulle bygges med et spenningsnivå på 132 kV. Ledningen Nore–Flesaker ble ferdigstilt sent på vårparten 1928, og ble dermed Norges første på dette nivået. Noen få måneder etter dette stod også Nore–Oslo-ledningen klar til drift med 132 kV, som den andre i Norge. Nore–Oslo ble første gang spenningssatt klokken 12.38 den 30. september 1928. Til tross for det utfordrende og pionerpregete arbeidet har ikke ledningen vært utsatt for mange driftsproblemer av så alvorlig art at de har ført til lengre stans i kraftleveringen. Mye av årsaken

til dette skyldes nok et omfattende kontrollarbeid og en dyktig stab med linjefolk.

Ettersom Nore kraftverk ble bygget ut trinnvis, var det i første omgang kun behov for én enkel trefaseoverføring. For å oppnå bedre driftssikkerhet strakk man i tillegg opp en fjerde fase-line som kunne koples inn hvis det oppsto feil på en av de tre andre. Koblingsanlegg for inn- og utkobling av reservefasen ble bygget langs ledningen ved henholdsvis Eggedal, Blikrud, Kakebakken ved Hønefoss og Heggelivann på Krokskogen. Denne løsningen endret seg imidlertid da nok en trefaseoverføring (Nore–Oslo linje 2) ble satt i drift på samme mesterrekke sommeren 1940. Denne ekstra strømkursen la til rette for overføring av større kraftmengder på ledningen. Da kraftverket Nore 2 ble satt i drift i 1946, valgte man derfor å føre kraften



fra dette anlegget ut på de allerede eksisterende Noreledningene.

I mai 1981 ble det inngått avtale mellom NVE-Statskraftverkene og daværende Buskerud Kraftverker om overtagelse og delvis ombygging av strekningen mellom Lesteberg (like øst for Nore kraftverk) og Ringerike. NVE ønsket å bygge en ny 420 kV-ledning i samme område. Strekningen ble formelt overskjøtet til det nye Buskerud Energiverk (BE) i 1987, og BE overtok ledningen vederlagsfritt mot å skaffe

Som ledningsbygger på Noreledningen kunne man ikke lide av høydeskrekk. Her viser et stolt arbeidslag seg frem for fotografen kort tid etter at mastene er reist. I bakgrunnen ser vi Nore kraftverk. Foto: Statkraft

rettigheter til en ny 420 kV-trasé. På den måten kunne BE blant annet få til en 132 kV-tilknytning mot Hallingdal.

I forbindelse med overtakelsen ble det ene linjesettet revet, primært for å minske avstanden mellom 420 kV-ledningen og den opprinnelige Noreledningen og dermed få et smalere samlet trasébelte. Den opprinnelige Noreledningen er i dag revet det siste

stykket fra Lesteberg og inn til Nore 1, men Buskerud Energiverk satte i 1983 i drift en ny 132 kV-ledning mellom Lesteberg og Nore 2. Parallelt med dette ble også Ringerike transformatorstasjon ved Hønefoss satt i drift i 1984, og Noreledningen ble sløffet innom denne.

Buskerud Energiverk er i dag en del av EB-konsernet, og deres del av Noreledningen eies av EB Nett AS. EB Nett



Senvinteren 1927: Et arbeidslag er i ferd å stramme bardunene før travers skal heises opp på mast nr 100. Foto: Statkraft

overtok fra 1. januar 2004 i tillegg strekningen videre mellom Ringerike og Ultvedt. Statens del av ledningen, fra mast 246 ved Ultvedt til Smestad, eies i dag av Statnett SF, som ble skilt ut som eget statsforetak i 1992. Statnett rev for øvrig i 1996 de to nederste faselinene mellom mast 246 og mast 306 i Sørkedalen, fordi linene på denne strekningen i isingsperioder ikke var i overensstemmelse med forskriftskravene for bakkeklaring.

Teknisk utførelse

Ledningen Nore–Oslo ble først bygget som en enkel 132 kV-trefaseoverføring med en ikke-strømførende reservefase i tillegg. I 1940 ble imidlertid to nye faseliner strukket opp, slik at ledningen fra da av ble drevet med to trefaseoverføringer med stålaluminiums-liner, hengende på den opprinnelige masterekken fra 1928. Linetypen var FeAl 120–26/7, montert med hengeisulatorer i porselen av bolt- og kappe-typen.

Mastene er stålmaster på betongfundament. Mens mastene på ledningen Nore–Flesaker var bygget mer eller mindre som forstørrede kopier av mastetyper som tidligere var brukt for lavere spenningsnivå, ble det tatt i bruk helt nye mastetyper for Nore–Oslo. Mastene, som ble utviklet av Olav Strand, hadde én mastestamme og to traverser som var montert på skrå oppover på hver side av mastetoppen. De fikk derfor tilnavnet ”englemaster”. Disse mastene har generelt vist seg som meget solide og godt dimensjonerte, men en del master fikk på 1950- og 60-tallet i tillegg montert bardunering med 70 mm² stålline mellom traversspissene for å forhindre traversbrudd som følge av islast.

Gjennomsnittelig spennvidde mellom mastene er 322 meter, og det lengste spennet er 950 meter i forbindelse med kryssningen av Krøderen.

Krysningsmastene i Krøderspennet er mellom 60 og 70 meter høye. Det ble her brukt en spesialline med 19-trådet stålkjerne, isolert av to lag med til sammen 42 aluminiumstråder.

Ledningen ble i 1984 bygget om på tre strekninger på til sammen ca 6,5 km mellom Sokna og Ringerike. Linetypen på disse strekningene er nå FeAl nr 253 condor. Linene ble også skiftet ut på strekningen fra mast 321 ved Bogstad camping til Smestad i 1988. Bakgrunnen for dette var at man var bekymret for de mange skjøtene og den betydelige linekorrosjonen på denne delen av ledningen, som går gjennom stedvis tett bebyggelse og blant annet krysser to t-banelinjer. Ledningen for øvrig har opprinnelig line, FeAl nr 120–26/7, mens isolatorer, skjøter og avspenninger er byttet ut. Topplinen har i senere tid gradvis blitt skiftet ut til fordel for ny stålline med tverrsnitt 70 mm².

Hørt om Noreledningen

Gjennom visse strekninger i Soknedalen kan Noreledningen ses fra Bergensbanen. På toget overhørte en oppsynsmann fra NVE følgende samtale mellom to bønder som satt ved et vindu i samme kupé: Den ene av dem sa at han syntes disse mastene var pene. ”Nei”, sa den andre, ”det er jo rene gudsbespottelsen. Det er fullstendig som å se Frelseren på korset”.³

3) Strand, Olav: Kraftledningsbygging før. I Fossekallen Nr. 3/1980: 7

Landskap og miljø

Fra kraftverket på Rødberg i Numedal går ledningen i østlig retning over fjellet til Eggedal. Herfra går den videre østover bratt opp mot Norefjell og passerer dette et lite stykke sør for selve toppen. På østsiden av Norefjell kommer ledningen ned parallelt med alpinbakkene og går bratt ned mot innsjøen Krøderen, som passerer i et spenn på om lag 950 meter. Videre dreier Noreledningen noe mot sørøst gjennom skog- og jordbrukslandskap til Hønefoss, før den krysser Steinsfjorden i nordenden og går inn i Krok-skogen. Ledningen kommer til slutt ned i Sørkedalen, der den dreier rett sørover og går gjennom en del bebyggelse ned til Smestad transformatorstasjon.

Foruten områdene rundt Hønefoss og det siste partiet gjennom Sørkedalen og inn til Oslo, berører ledningen bebyggelse i svært liten grad. I stedet går den i all hovedsak gjennom skog, og ellers gjennom noen jordbruksområder og noe høyfjell. Mye av ledningen ligger forholdsvis godt skjult i terrenget. Likevel skiller "englemastene" seg kraftig ut fra mer standardiserte mastetyper, og vil nok enkelte steder fremstå som sterke visuelle inngrep i landskapet. Det har vært, og vil helt sikkert fortsatt være, svært ulike meninger om hvorvidt disse mastene er stygge naturinngrep eller flotte monumenter over landets industrihistorie.

I etterkrigstiden ble mastene malt grønne. Delvis skyldtes nok dette beredskapshensyn, men en viktig årsak var også ønsket om at mastene ikke skulle skape mer visuell irritasjon for befolkningen enn høyst nødvendig.

Miljøtilpasning av kraftledninger hadde ellers ikke særlig stort fokus da Noreledningen ble bygget i mellomkrigstiden. I et leserinnlegg i Aftenposten ble det imidlertid foreslått at strekningen gjennom Krok-skogen forbi Løvliseter til Sørkedalen burde legges i tunnel. Til dette svarte byggelederen under et møte i Norsk Elektroteknisk Forening at kraftledningen måtte gå over jorden, men at man eventuelt kunne sprengne en tunnel for friluftsfolket slik at de slapp å se



Spennmast ved Krøderspennet. Foto: Henning Weyergang-Nielsen, NVE

den. En slik bemerkning hadde nok ikke blitt oppfattet like humoristisk i dag som det den ble den gang.

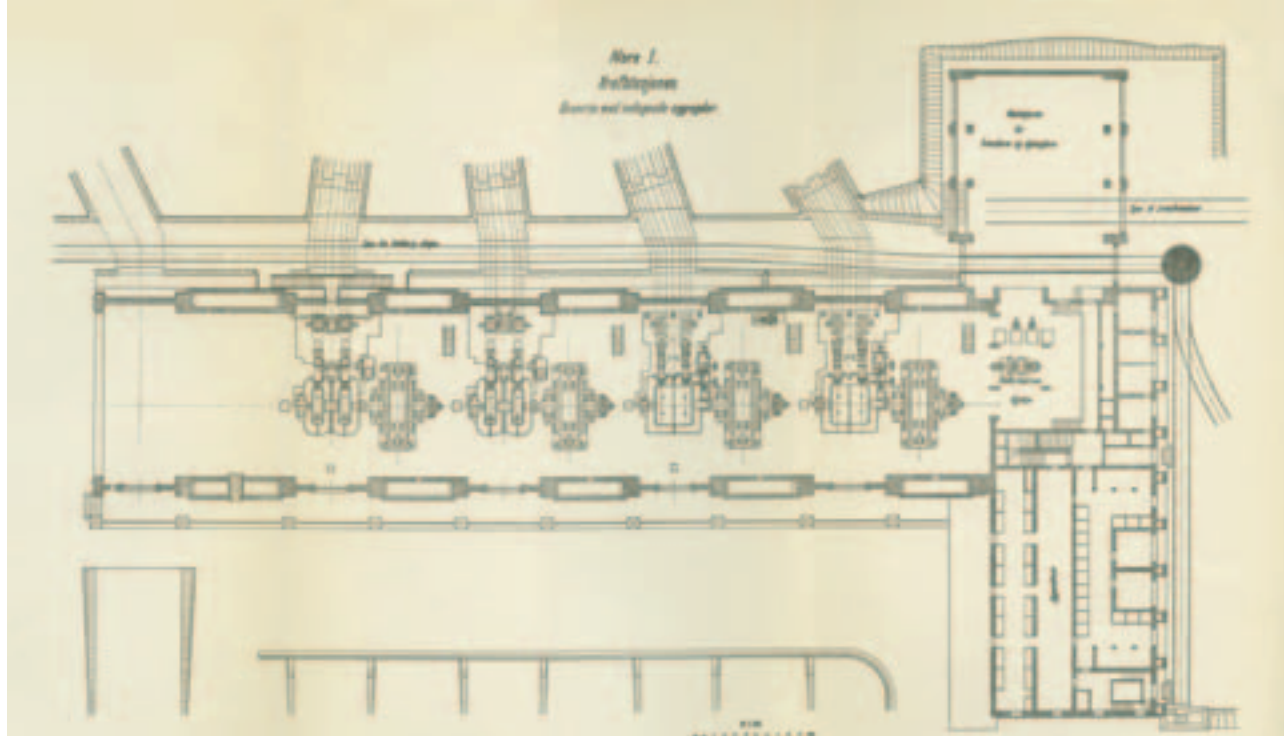
Begrunnelse

Arbeidet med å bygge kraftledninger i norsk høyfjellsterreng og -klima har tradisjonelt stilt svært utfordrende og særegne krav til arbeidsteknikk, dimensjoner og tekniske løsninger. Utfordringene har vært enorme, ikke bare for ingeniørene og planleggerne, men også for de som skulle utføre det praktiske byggearbeidet i felten. Med tanke på at det er få andre land som har vært avhengige av ledningsbygging i denne typen klima og terreng, har man også hatt få internasjonale erfaringer å basere arbeidet på, og den tidlige ledningsbyggingen i norsk høyfjell ble derfor i stor grad gjennomført ved hjelp av egenutviklet kompetanse. Et av de virkelige pionerprosjektene i en slik sammenheng er ledningen Nore–Oslo, med meget værutsatt trasé over Norefjell og bratte

nedstigninger mot Eggedal og Krøderen.

Ledningen Nore–Oslo må altså ses på som et unikt teknologisk pionerprosjekt for sin tid. Man bygget her ledning gjennom norsk høyfjellsterreng, med lengre spenn og strammere linestrek en noen gang før. Spenningsnivået på 132 kV var også uvanlig høyt. I denne sammenheng må også nevnes det ca 950 meter lange spennet over Krøderen, der man måtte konstruere og bygge spennmaster av en dimensjon man aldri tidligere hadde sett maken til her til lands.

Mastene i ledningen ble designet av Olav Strand, og omtales i dag gjerne som "englemaster". Disse mastene er unike i sin form, og de har vist seg som meget solide. I ettertid har man også sett at disse mastene har en fordel i at ledningsopphevet fører til meget små elektromagnetiske felt, og at de er fordelaktig kon-



struert med tanke på at alle fasene forholdsvis enkelt kan legges ned på bakken. Bortsett fra i noen ytterst få unntak står fortsatt de originale mastene på ledningen, inkludert mastene ved Krøderspennet. Også de originale linene finnes fortsatt på store deler av ledningen. Ledningen er visuelt lett tilgjengelig, både i områdene rundt Oslo/Sørkedalen og på Ringerike.

I hver ende av ledningen finner vi viktige kulturminner. Nore kraftverk var i en periode Norges største, og hadde en monumental nyklassisistisk hovedbygning tegnet av arkitektene Lorentz Harboe Ree og Carl Buch. Verdt å merke seg er også turbinene, generatorene, rørgaten, og ikke minst de mektige dammene Pålsbudammen og Tunhovddammen som begge har en sentral plass i vår damhistorie. Smestad transformatorstasjon ble tegnet av arkitektene Carl og Jørgen Berner, og ble bygget for at Oslo skulle kunne ta imot Rjukan- og Norekraften. På Smestad hadde i tillegg både Oslo Lysverker og – fra 1932 – Foreningen Samkjøringen sine driftsentraler, og i dag holder Statnett til i et moderne kontorbygg ved siden av den monumentale transformatorstasjonen.

Idriftsettelsen av Nore–Oslo markerer et tidsskille innen samkjøring og systemintegrasjon i norsk kraftoverføring. Samkjøring av produksjonen i ulike kraftverk og elektrisitetsverk har opp gjennom historien blitt et stadig

viktigere verktøy for best mulig utnyttelse og fordeling av landets kraftressurser. I forbindelse med salget av Norekraften ønsket staten å forholde seg til én organisasjon, ikke til de enkelte avtakerne. Forutsetningen var at avtakerne oppnevnte en samkjøringssjef som skulle ta seg av kontakten med staten. De ble derfor nødt til å etablere en organisasjon for å samordne sine synspunkter, og Noreledningen ble på denne måten helt sentral i det tidlige samarbeidet som skulle bli til opprettelsen av Foreningen Samkjøringen på Østlandet i 1932. Dette var den første virkelige spiren til det som senere har blitt et stadig mer integrert og samkjørt norsk kraftnett. Samkjøringens driftsentral ble for øvrig plassert ved Noreledningens endepunkt på Smestad.

Kilder

Litteratur:

Johannessen, Finn Erhard (1992): *I støtet – Oslo Energi gjennom 100 år*. Oslo: Ad Notam Gyldendal.

Sandberg, Johannes (1951): *Trekk fra elektrisitetsforsynings utvikling – Del 2. Utviklingen i vårt land 1901-1951*. Oslo: Norske Elektrisitetsverkers Forening.

Nore kraftverk er i seg selv et viktig kulturminne. Illustrasjonen viser plantegning av kraftverket, slik det fremstod i 1928 med de fire første aggregatene i drift.

Illustrasjon: NVE

Viktige momenter:

- samkjøring i mellomkrigstiden
- pionerprosjekt
- første 132 kV-utbygging
- Olav Strands forskningsprosjekt
- opprinnelige master og liner
- "englemaster"
- trasé over Norefjell
- Krøderspennet
- Nore 1 kraftverk
- Smestad transformatorstasjon

Skjold, Dag Ove & Thue, Lars (2007): *Statens nett – systemutvikling i norske forsyning 1890-2007*. Oslo: Universitetsforlaget.

Strand, Olav (1980): Kraftledningsbygging før. I *Fossekallen* Nr. 3/1980: 6-7.

Vinjar, Asbjørn (1955): Noreoverføringer. I *Fossekallen* Nr. 5/1955: 13-15.

Muntlige kilder:

Arild Espeseth, tidl. Statnett SF
Ole Andre Fossdahl, EB Nett AS
Tor Nøkleby, tidl. Statnett SF

Porsa – Hammerfest

Kraftledningen som ble satt i drift fra Porsa kraftverk i 1940, og gjenoppbygd etter andre verdenskrig, var en av de første såkalte fjernledningene i Finnmark. Den var viktig for å dekke økende etterspørsel etter strøm i Hammerfest by. I tillegg er den et eksempel på tidlig interkommunalt samarbeid om strømforsyning i fylket, der landkommunene også fikk tilgang til elektrisitet.

Hammerfest er en av verdens nordligste byer, og – sammen med Vardø – også en av de to eldste byene i Nord-Norge, begge med kjøpstadrettigheter helt fra 1789. Hammerfest har en interessant historie knyttet til Pomorhandel, ishavsfangst, fiske og fiskeindustri, og ikke å forglemme – elektrisiteten.

Hammerfestingene var både i norsk og europeisk sammenheng pionerer når det gjaldt å ta i bruk elektrisk energi. Hammerfest hadde landets første kommunale elektrisitetsverk, og byen var den første i Nord-Europa som tok i bruk den moderne vannkraftteknologien for å produsere elektrisk energi

til å lyse opp gater og hjem. Allerede i februar 1891 kunne befolkningen i byen glede seg over elektrisk gatebelysning. Fra kraftverket ved Storvatnet like øst for byen ble strømmen overført på en 1,8 km lang ledning med en spenning på 1 kV.

Kraftstasjonen ved Storvatnet var i nesten 50 år alene om å forsyne Hammerfest med elektrisitet. For å dekke den stadig økende etterspørselen, ble kraftstasjonen utvidet og bygget om flere ganger de første tiårene av 1900-tallet. Likevel var det streng rasjonering og stadig utkoblinger om vinteren. Slike tilstander kunne true byens eksis-

tensgrunnlag, ettersom næringslivet i økende grad baserte seg på rikelig tilgang av elektrisk kraft. Løsningen ble kjøp og utbygging av vassdraget Porsa i Kvalsund kommune i slutten av 1930-årene. Dette var mange år etter at tanken om overføring av fjernkraft til Hammerfest var blitt tatt opp første gang. Allerede i 1916 fikk byen nemlig tilbud fra Porsa Gruber om å kjøpe kraft fra selskapet. Tidligere statsminister Christian Michelsen hadde før første verdenskrig ervervet rettighetene til å utnytte mineraler og vannfall i Porsa, og gruveselskapet planla en kraftutbygging som ville overskride deres behov.



Tilbudet til Hammerfest innebar at Porsa Gruber skulle bygge ledning til byen og levere kraften ved bygrensen, men byens myndigheter takket nei – de ville heller satse på videre utbygging av byens egne vassdrag. Porsa Gruber fortsatte likevel byggingen av kraftverket, og sommeren 1918 stod det ferdig. Gruvedriften ble innstilt for godt i 1931, men kraftverket lå fortsatt der, og i 1938 besluttet hammerfestingene omsider å satse på Porsa.

Statlige myndigheter var positive til at Hammerfest Elektrisitetsverk skulle overta kraftverket og fallrettighetene av Porsa Gruber, men betingelsen for konsesjon og statsstøtte var at også landkommunene Kvalsund og Sørøysund ble forsynt. Utbyggingen ble sett på som et ledd i en elektrifiseringsplan for hele landet, noe som blant annet innebar at det fra 1938 ble gitt statsstøtte til områder som ennå ikke hadde fått elektrisitet. Utbyggingen i Finnmark gikk langt senere enn i resten av landet, og i 1938 var det fortsatt bare 28 prosent av befolkningen som hadde tilgang til elektrisk strøm, mens gjennomsnittet for landet som helhet var 75 prosent.

Med overtakelsen av Porsa var Hammerfest Elektrisitetsverk på vei inn i en ny epoke. For første gang hadde det påtatt seg ansvaret for å forsyne andre områder enn bare Hammerfest by med elektrisk energi. Utbyggingen av kraftverket i Porsa og overføringsledningen til Hammerfest startet sommeren 1939 og gikk som planlagt høsten og vinteren 1939-1940. I januar 1940 ble det for første gang satt spenning på 22 kV-ledningen, men alt var ikke helt ferdig, så strømmen ble snart koblet ut igjen. På grunn av krigsutbruddet ble arbeidene forsinket, men i juli 1940 kunne kraften fra Porsa kobles permanent til nettet.

Porsa-kraften var viktig for strømforsyningen til Hammerfest. Mange store fabrikker og den tyske aktiviteten i byen bidro til en kraftig økning av strømforbruket i begynnelsen av 1940-årene. For å dekke det økende forbruket satte man sommeren 1943 i gang med videre utbygging av kraftstasjonen i Porsa, men de dramatiske



Fra maskinhuset i den gamle kraftstasjonen i Porsa. Prøvekjøring av generator 2 tidlig på 1950-tallet. Foto: Hammerfest Energi

hendelsene høsten 1944 skulle sette en stopper for dette arbeidet.

Under tilbaketrekningen fra Finnmark og Nord-Troms fra høsten 1944 gjennomførte tyskerne en systematisk ødeleggelse av bygninger og viktig infrastruktur. Hele Hammerfest by ble jevnet med jorden, kraftanleggene i Hammerfest og Porsa ble sprengt, og høyspentledningen mellom Porsa og Hammerfest ble ødelagt. Mastene ble sprengt ca én meter over bakken, isolatorene ble knust og kobbertråden buntet sammen og fraktet bort.

Gjenreisningen av Hammerfest skulle ta mange år, men planleggingen begynte

allerede før krigen var slutt. Det var uhyre viktig for byen at elektrisitetsverket kunne komme i gang med driften så snart som mulig etter frigjøringen. I desember 1946 kunne strømmen igjen kobles til det provisorisk gjenoppbygde vannkraftverket i Hammerfest, men streng rasjonering og nattutkoblinger hindret både gjenreisningen og utviklingen av næringslivet. For å få en bedre strømforsyning ble det i løpet av 1947 satt opp en ny kraftstasjonsbygning i Hammerfest, og samtidig ble overføringsledningen fra Porsa gjenoppbygd.

En av dem som opplevde den ødelagte Porsa-ledningen, var Roger T. Hansen,

Johannes Kummeneje



En sentral person i elektrisitetsforsyningen i Hammerfest og Vest-Finnmark i hele mellomkrigstiden, gjennom andre verdenskrig og under gjenreisningen, var Johannes Kummeneje. Han var stadsingeniør i Hammerfest fra 1918 til 1946, og hadde samtidig ansvaret for elektrisitetsverket. Kummeneje var blant de siste som forlot den brennende byen den siste krigsvinteren, og begynte allerede mens han var evakuert å legge planer for å gjenoppbygge elektrisitetsverket. I 1946 overtok han den nyopprettede stillingen som driftsbestyrer. Etter over 30 års innsats for Hammerfest Elektrisitetsverk og byen, begynte han i 1949 som driftsleder ved det nystiftede Alta Kraftlag.

montør i Hammerfest Elektrisitetsverk fra 1946. Han kan fortelle at hele ledningstraseen ble fotgått etter ødeleggelsene under krigen, og materiell som ikke var ødelagt ble tatt vare på og brukt i gjenoppbyggingen der det lot seg gjøre. Resten ble komplettert. Under gjenoppbyggingen, som ble utført av et arbeidslag fra Målselv, fulgte man traseen til den gamle ledningen.

Etter at kraftstasjonen i Hammerfest ble satt i drift med ny generator like før jul 1947, ble den gamle generatoren flyttet til Porså, og i slutten av mars 1948 kunne man koble anlegget inn på strømmettet igjen. I tillegg til å forsyne Hammerfest, ga dette strøm til de områdene av Kvalsund og Sørøysund som også tidligere hadde fått levering derfra.

På slutten av 1950-tallet startet en større utbygging av Nedre og Øvre Porså kraftverk, og det gamle kraftverket ble nedlagt. Fra Porså ble det bygget overføringsledninger på 66 kV som var starten på det som i dag defineres som regionalnettet i Vest-Finnmark. I forbindelse med denne utbyggingen ble det også lagt til rette for 22 kV-uttak fra det nye kraftverket, som blant annet 22 kV-ledningen til Hammerfest ble koblet til.

Ledningen som ble gjenoppbygd etter krigen er fortsatt i drift med 22 kV spenning. Med unntak av endringer ved kryssingen over Kvalsundet og på strekningen fra Rypefjord inn mot Hammerfest, følger ledningen traseen fra 1947. Den inngår i dag i distribusjonsnettet til Hammerfest Energi



Uskadet materiell fra den gamle Porså-ledningen ble brukt i gjenoppbyggingen etter andre verdenskrig. På bildet ser vi jordbandmerke på en stolpe fra 1939.

Foto: Sissel Riibe, NVE



Portalmast (H-mast) av rundtømmer, bjelketravers og gamle porselensisolatorer.
Foto: Sissel Riibe, NVE

Nett AS, som i sin helhet eies av Hammerfest Energi AS. Selskapet har sin opprinnelse i det kommunale Hammerfest Elektrisitetsverk, som ble etablert i 1891. I 1956 ble elektrisitetsverket omdannet til et interkommunalt selskap. Hammerfest Energi AS eies i dag av kommunene Hammerfest (80 %), Hasvik (10 %) og Kvalsund (10 %).

Teknisk utførelse

22 kV-ledningen forsynes i dag både fra kraftverkene i Porså og fra transformatorstasjonen i Hammerfest. Ledningen har enkeltmaster (E-mast) og portalmaster (H-mast) av rundtømmer og traverser av trebjelker. Det er strekk-

isolatorer på vinkelmaster og ståisolatorer på bæremaster. Isolatorene er for det meste av glass, og de er ikke skiftet ut etter at ledningen ble gjenoppbygget i 1947. De strømførende linene har linetype Cu 25 massiv og Cu 35 flertrådet. Det er kun skiftet ut til en annen linetype på en kort strekning på Kvaløya.

I Neverfjord på østsiden av Vargsundet er det bevart en strekning med materiell fra ledningen som ble bygget i 1939-1940. Her finnes mastestolper med jordbandmerker med tallet 39 og bokstaven D, mens andre stolper er merket med tallet 47, året da ledningen ble gjenoppbygd.

På en stolpetransformator er det betjeningsplattform av eldre dato. Videre finnes det gammel kobbertråd og gamle porselensisolatorer, som det også er noen av ved fjellet Kvennklubben.

Over Kvalsundet går ledningen i sjøkabel over til Kvaløya. Den opprinnelige sjøkabelen hadde ikke kabelhus på hver side av sundet, men gikk fra stolpe til stolpe. Kabelen ble skrotet på 1970-tallet på grunn av feil, og 22 kV-forbindelsen mellom fastlandet og Kvaløya ble etter dette brutt. Forbindelsen ble opprettet igjen etter at 66 kV-ledningen Skaidi-Hammerfest ble utrangert da denne strekningen ble oppgradert til 132 kV i 2004. 66 kV-ledningens sjøkabel og to kabelhus, samt luftstrekket opp fra sjøen og inn på Kvaløya, ble da "arvet" av den gamle Porsa-ledningen og benyttes nå til 22 kV-forbindelsen mellom fastlandet og Kvaløya. Kabelhusene hørte opprinnelig til på 66 kV-ledningen Porsa-Kvalsund-Hammerfest, som ble satt i drift i 1959.

Landskap og miljø

Porsa-ledningen går fra fastlandet sør for Kvalsundet til Hammerfest på Kvaløya. Fra kraftstasjonen nede ved Vargsundet går ledningen først et stykke innover Todalen før den runder fjellet Kvennklubben. Ledningen går så nordøstover på innsiden av Kvennklubben før den igjen kommer ned til sjøen og fortsetter dels i åpent lende, dels i bjørkebeltet langs sjøsiden forbi Neverfjord. Så trekker den seg litt opp i høyden igjen og går på innsiden av Skabeluftfjellet før den igjen kommer ned til sjøen ved Beritsjord.

Fra kabelhuset ved Beritsjord krysses Kvalsundet i sjøen over til kabelhuset ved Alnes helt sør på Kvaløya. Kvalsundet er et område med gammel samisk bosetting, og ikke langt fra kabelhuset finner vi et viktig kulturminne knyttet til samisk kultur: Stalloen, en markant naturformasjon som er et gammelt samisk offersted. Samenes tradisjonelle bruk av landskapet ser vi også hver vår og høst når tusentalls med rein svømmer over sundet under flyttingen mellom vinterbeite på fastlandet og sommerbeite på Kvaløya.



Den gamle Porsa-ledningen går gjennom bygda Neverfjord på østsiden av Vargsundet. Foran ser vi en enkeltmast (E-mast). I bakgrunnen skimtes en stolpetransformator med gammel betjeningsplattform. Foto: Sissel Riibe, NVE

Litt lenger inn i sundet krysser de to 132 kV-ledningene fra Skaidi i luftspenn over til Kvaløya. Over den snaukleddede og stedvis bratte vestsiden av Kvaløya går 22 kV-ledningen delvis parallelt med disse to ledningene. Den gamle Porsa-ledningen ender i dag i Rypefjord, og derfra går den i kabel og ny 22 kV-ledning frem til Hammerfest transformatorstasjon.

Begrunnelse

Elektrisitetsutbyggingen i Finnmark gikk langt senere enn i resten av landet, og bortsett fra i noen av byene, var det få som hadde tilgang til elektrisk kraft før andre verdenskrig. Kraftledningen på 22 kV fra Porsa til Hammerfest som ble satt i drift fra juli 1940, var en av de første fjernledningene som ble bygget i fylket. Ledningen var viktig for å dekke det økende strømforbruket i Hammerfest, og utbyggingen ga også landkommunene Kvalsund og Sørøysund tilgang

til elektrisk kraft. Porsa-overføringen var således et av pionerprosjektene innen interkommunalt samarbeid om strømforsyningen i Finnmark.

I Finnmark finnes det få materielle spor etter elektrisitetsforsyningen fra før andre verdenskrig. Tyskernes bruk av den brente jords taktikk under tilbaketrekkningen fra Finnmark og Nord-Troms den siste krigsvinteren, ødela det meste av det som fantes av kraftstasjoner og kraftledninger. I Neverfjord finnes det fortsatt en strekning med materiell fra ledningen som ble bygget i 1939-1940. Ved gjenoppbyggingen av ledningen i 1947 ble stolper, isolatorer og annet som ikke var ødelagt, brukt på nytt, og man fulgte den gamle traseen fra før krigen. Porsa-ledningen dokumenterer således kraftoverføring i Finnmark både før andre verdenskrig og fra den første gjenreisningstiden.



Gamle isolatorer av glass med kappe og porselen. Foto: Sissel Riibe, NVE



Kvalsundet mellom fastlandet og Kvaløya er et interessant "infrastrukturrområde". Her kan vi i dag oppleve flere generasjoner kraftoverføring til Hammerfest: Porsa-ledningen fra 1940 som ble gjenoppbygd i 1947, kabelhus fra den første 66 kV-ledningen Porsa-Kvalsund-Hammerfest, og litt lenger inn i sundet de to 132 kV-ledningene fra Skaidi i lange luftspenn med forankringsmaster høyt oppe på fjellet.

Viktige momenter:

- første fjernledning til Hammerfest
- en av de første fjernledningene i Finnmark
- tidlig interkommunalt samarbeid i Finnmark
- strøm også til landkommunene
- gjenreisningstiden
- gjenbrukt materiell og trasé fra før krigen
- infrastrukturmiljø ved Kvalsundet
- Porsa kraftverk

Kabelhusene ved Kvalsundet hørte opprinnelig til på 66 kV-ledningen fra Porsa til Hammerfest fra 1959. I dag brukes de til 22 kV-forbindelsen. Her ser vi kabelhuset ved Beritsjord på sørsiden av sundet. I bakgrunnen skimtes Kvalsundbrua fra 1977. På fjellet til høyre for brua står forankringsmaster ved fjordspennet på de to 132 kV-ledningene fra Skaidi til Hammerfest. Foto: Henning Weyergang-Nielsen, NVE

Dette kraftoverføringsmiljøet suppleres av en "usynlig" nyskaping innen kraftproduksjon: verdens første tidevannsmølle som i 2003 ble satt ned på 50 meters dyp i Kvalsundet, og som produserer elektrisitet fra kreftene i den sterke strømmen. Over tidevannsmølla troner Kvalsundbrua som åpnet i 1977, og som er en av Norges lengste hengebruere. Det er et langt sprang fra reinen som svømmer over sundet hver vår og høst til det moderne samfunnets infrastruktur dypt nede i vannet og høyt opp mot himmelen.

Kilder

Litteratur:

Hveem, Jens (1959): Porsa kraftanlegg, i *Fossekalen* nr. 1/1959: 13-14.

Iversen, Klaus (1990): *100 år med lys og varme. Hammerfest Elektrisitetsverk 1891 - 1991*. Alta: Bjørkmanns trykkeri.

NOU 1994:21: Kapittel 11. Bergverk og kapittel 12. Kraftverk. I *Bruk av land og vann i Finnmark i et historisk perspektiv. Bakgrunnsmateriale for samerettsutvalget*. Oslo: Statens forvaltningstjeneste.

Solem, Arne og Vogt, Fredrik (1966): *Norske kraftverker - bind II*. Oslo: Teknisk Ukeblads forlag.

Muntlige kilder:

Roger T. Hansen, Hammerfest Energi Nett AS
Øyvind Hansen, Hammerfest Energi Nett AS

Hol – Oslo

Kraftledningen fra Hol i Hallingdal til Sogn i Oslo ga hovedstadsområdet etterlengtet kraft i etterkrigstiden, men trasévalget var samtidig gjenstand for stor folkelig motstand. Ledningen var, da den ble satt i drift i 1949, både den lengste og den med høyest spenning i landet.

Oslo kommune kjøpte Holsfossene allerede i 1916. Det ble tidlig klart at det ville være gunstig med en felles utbygging av Holselva, med utspring i mange små og store vann mellom Hallingskarvet og Reinskarvet, og Votna, som kommer fra vannene sørvest for Reinskarvet. En plan for et slikt prosjekt forelå allerede i 1926. Det skulle gå noe tid før utbyggingsplanene materialiserte seg, men i 1940 startet Oslo Lysverker arbeidet med byggingen av Ruud kraftverk (i dag kjent som Hol 1). Herfra skulle det bygges overføringsledning til Oslo.

I utgangspunktet skulle første byggetrinn på Ruud være ferdig i løpet av

4-5 år, men den tyske okkupasjonen satte en kraftig brems på arbeidet. Etter frigjøringen i 1945 ble imidlertid arbeidet tatt opp igjen, og 14. januar 1949 ble det første aggregatet på Ruud satt i drift. Mastereising og linemontering fra Hol til Oslo pågikk i hele 1948, med opptil 700 mann i arbeid.

Av den 187 km lange ledningen, ble de første 147 kilometerne til Follum satt i drift samtidig med kraftverket 14. januar 1949. Ledningen ble da tilkoblet Østlandets samkjøringsnett via statens 132 kV-ledning Follum–Minne, og tatt inn til Oslo via Noreledningens siste del Follum–Smestad. Høsten 1949 kom aggregat 2 i drift på Ruud,

men så lenge overføringen skjedde provisorisk på statens 132 kV-ledning kunne kraften fra Hol bare delvis utnyttes. 12. desember 1949 stod imidlertid både Sogn transformatorstasjon i Oslo og Holsledningen gjennom Nordmarka driftsklar, og man kunne endelig sette hele overføringen Hol–Oslo i drift med 220 kV spenning. Et så høyt spenningsnivå var ikke tidligere tatt i bruk her i landet.

En del av årsaken til at ledningsbyggingen gjennom Nordmarka ble forsinket, var den folkelige motstanden som etablerte seg mot trasévalget. Motstanden oppstod nok allerede i forbindelse med konsesjonen i 1943,





men nazistiret la da et solid lokk over slike ytringer. Etter frigjøringen ble imidlertid reaksjonene synlige, og da i første omgang hovedsakelig ved mobilisering gjennom en rekke avisinnlegg. Det ble sendt inn protester fra både privatfolk, turistforeninger, sportsfiskere, orienteringsforbundet og politiske ungdomsorganisasjoner fra Unge Høyre til Kommunistisk Ungdomslag.

28. november 1946 skulle formannskapet i Oslo behandle saken, og i den forbindelse mobiliserte motstanderne mot kraftledningen. Demonstrantene samlet seg på Youngstorget, og gikk derfra i fakkeltog mot Rådhuset. En stadig økende folkemengde sluttet seg etter hvert til toget. Trolig var det til slutt et sted mellom 30 000 og 40 000 mennesker som stod på Rådhusplassen og formidlet sitt budskap med blant annet hornmusikk, allsang og en flora av plakater med ulike slagord. Handelsgymnasiastene stod bak det mest populære slagordet: *"Jernbetong og kabelgate – glisne skogen blir tilbake. La oss drepe ukulturen – for å redde søndagsturen!"*.¹⁾

Målt i antall deltakere var dette den til da største demonstrasjonen som noen gang hadde blitt avholdt i Norge, og den ble ikke overgått før demonstrasjonen i forbindelse med Holmliadrapet i 2001. Formannskapet var imidlertid ikke interessert i å forsinke kraftleveransene til Oslo ytterligere, og de gikk derfor inn for det foreslåtte trasévalget gjennom Nordmarka, til øredøvende pipekonsert fra de fremmøtte demonstrantene. Bystyret i Oslo sluttet seg til formannskapets anbefaling.

I desember 1956 stod Hol–Oslo linje 2 klar til drift, i forbindelse med at nye aggregater ble satt inn i kraftverket på Ruud. Traseen ble lagt parallelt med linje 1 fra 1949, og man fikk dermed den doble ledningsføringen som vi i dag fortsatt kan kjenne igjen. Hele ledningen ble for øvrig spenningsoppgradert til 300 kV sommeren 1963.

Det hører også med til historien at det i slutten av 1960-årene ble bygget nok en ledning fra kraftverkene i Halling-

1) *Morgenposten* 29.11.1946. Her hentet fra *Johannessen* 1992: 174

Den brede kraftgaten gjennom Nordmarka er velkjent for store deler av hovedstadens befolkning. Her fra området nord for Ullevålseter. Masterekkene fra 1949 til venstre i bildet, med masterekkene fra 1956 til høyre. Foto: Sissel Riibe, NVE

dal til Oslo. Denne ble imidlertid lagt i en trasé utenfor de sentrale områdene i Nordmarka, og tatt inn til Oslo på østsiden av sentrum. Et spesielt moment i denne sammenhengen er at Oslo Lysverker opprinnelig søkte om bygging av en ny 300 kV-ledning. NVE var imidlertid forutseende nok til å se at det fremtidige overføringsbehovet ville kreve et høyere spenningsnivå enn dette. Med bakgrunn i konsesjonsvilkårene ble ledningen derfor dimensjonert for 420 kV, og den ble i 1978 spenningsoppgradert til dette nivået.

Spenningsoppgraderingen skjedde i forbindelse med et større prosjekt der det ble bygget en ledning til Hol fra Aurland kraftverk, da dette ble satt i drift i 1973. I 1975, samtidig med at aggregat 2 i Aurland ble satt i drift, startet arbeidet med å spenningsoppgradere Aurland–Hol 1 til 420 kV.

Man bygget da også om ledningen videre nedover mot Hol 3 og Usta

kraftverker, og derfra videre, i en ombygging av Hol–Oslo linje 2, helt ned til Nes kraftverk ved Gol. Ombyggingen stod ferdig i 1978. I tillegg ble linje 1 mellom kraftverkene Hol 1 og Hol 3 bygget om i 1991.

Mot slutten av 1991 gikk Oslo Lysverker over til å bli et aksjeselskap og skiftet med dette navn til Oslo Energi A/S. I 1996 ble det foretatt en større omorganisering av Oslo Energi. Nettvirksomheten ble organisert i daværende Oslo Energi Nett AS, som senere ble til Viken Energinett, som igjen ble tatt opp i Hafslundkonsernet i mars 2002. Ledningen er i dag overdratt til Statnett, som også står for driften.

Teknisk utførelse

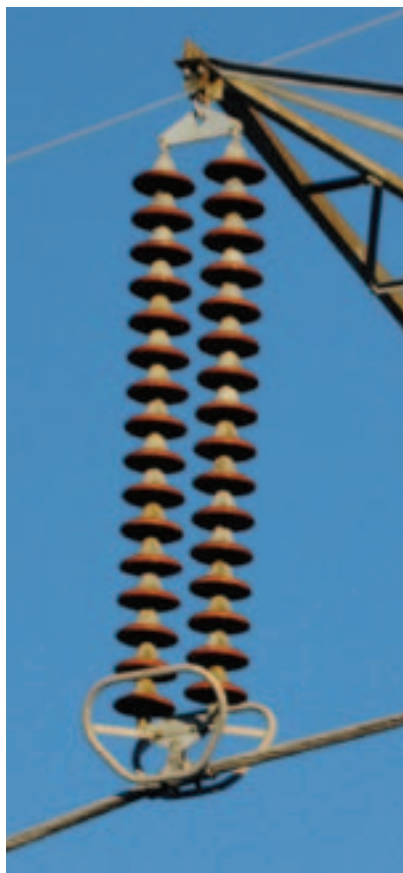
Ledningen Hol–Oslo er 187 km lang. Linje 1 ble satt i drift med 220 kV i 1949, etter først i noen måneder å ha blitt drevet med 132 kV på strekningen Hol I–Follum. Strømførende liner av typen FeAl 240. Disse ble levert av norske Standard Telefon og Kabel-fabrikk.

Ledningen ble opprinnelig bygget med 640 master, der 612 var galvaniserte stålmaster på betongfundament og 28 var stålarmede betongmaster med jerntravers. Betongmastene ble bygget på prøve under den tyske okkupasjonen. Byggingen ble imidlertid stoppet av myndighetene, og etter frigjøringen i 1945 ble det innhentet nye anbud. Resultatet var at stålmaster var ca. 35 prosent rimeligere enn betongmaster, dessuten var leveringstidene kortere. Stålmastene ble konstruert og levert av Bethlehem Steel i USA. Fabrikken var ansvarlig for den endelige konstruksjonen av mastene, etter norske normer. For øvrig ble etter kort tid om lag en femtedel av ledningen forsterket, og 135 ekstra stålmaster satt inn. Særlig skjedde dette i områder med stor belastning fra is og snø.

Linje 2 ble bygget i perioden 1953–1956, og satt i drift med 220 kV spenning i desember 1956. Strømførende liner er av typen FeAl 405, altså liner med noe større tverrsnitt enn de som opprinnelig ble installert på linje 1. Linje 2 er bygget med galvaniserte stålmaster på betongfundament.

Disse mastene er av samme type som på linje 1, men med en noe høyere og slankere utførelse. Linje 1 og 2 mellom Hol og Oslo har sitt endepunkt på Sogn transformatorstasjon, der kraften nedtransformeres for viderefordeling i Oslo-området.

Etter hvert som Østlandets kraftoverføringssystem ble stadig mer utvidet gjennom etterkrigstiden, ble det også aktuelt med en overgang fra et spolejordet system til et system med fast jordet nullpunkt. Dette medførte at man kunne drive 300 kV-ledninger med samme isolasjonsnivå som de tidligere 220 kV-ledningene. Man trengte bare å sette inn en tilleggs-transformator mellom jord og den opprinnelige viklingen. Ledningene fra Tokkeutbyggingen i første halvdel av 1960-årene ble de første som ble bygget med det nye spenningsnivået.²⁾ Samtidig kunne man spenningsoppgradere ledninger som tidligere hadde vært drevet på 220 kV. Ledningen Hol–Oslo ble spenningsoppgradert til 300 kV sommeren 1963.



Detalj av lineoppeng med porselens-isolatorer. Foto: Sissel Riibe, NVE

I forbindelse med spenningsoppgraderingen ble det nødvendig å skifte ut de strømførende linene på linje 1 med nye liner av typen FeAl 405. Dette var liner med samme tverrsnitt som de som allerede fantes på linje 2. Man spant også et ekstra lag aluminiumstråder på den ene topplinen for å bedre ledningsevnen. Arbeidet ble utført av AS Linjebygg i årene 1959–61.

Etter hvert som Oslo Lysverker bygget flere kraftverker i Hallingdal- og Hemsedalsområdet måtte kraften fra disse kobles til Holsledningen. En overføring fra kraftverkene Gjuva, Hemsil 1 og Hemsil 2 ble i 1960 koblet sammen med Holsledningen ved Gol. I 1967 ble også kraften fra Nes Kraftverk koblet til. Tilkoblingen ble gjort ved å bygge tverrforbindelser over dalen, fra kraftverkets koblingsanlegg på vestsiden, til Holsledningen på østsiden.

I perioden 1975–1978 ble partiet fra Hol 1 til Usta/Hol 3, og derfra videre til Nes, bygget om til 420 kV. I forbindelse med dette forsterket man forgitringen i en rekke master, særlig i forankringsmaster. Man la også opp en ekstra strømførende line i hver fase, slik at man fikk duplex-ledere av typen FeAl 405. I 1991 ble i tillegg nok en 420 kV-ledning satt i drift fra Aurland til Hol 1, slik at spenningsnivået nå er 420 kV på begge linjene mellom Hol 1 og Usta/Hol 3, samt på Hol–Oslo linje 2 mellom Hol 3 og koblingen til Nes kraftverk.

Landskap og miljø

Fra Hol 1 kraftverk går ledningen langs Hallingdal, først mot sørvest forbi Hol 2, Usta og Hol 3 kraftverker, og deretter vestover mot Gol der den møter kraften fra Hemsilanleggene. Videre går den i sørvestlig retning mot Nesbyen og Bromma. Den fortsetter på østsiden av nordre del av Krøderen, før den passerer Hønefoss like øst for sentrum og går inn i Oslomarka. I det siste partiet gjennom Nordmarka går ledningen sørover mellom Østre Fyllingen og Bjørnsjøen, via Bjørnsjøhelvete, og videre på vestsiden av Skjær-sjøen, Ullevålseter, lille Åklungen og

2) For mer informasjon om ledningene fra Tokke: se egen beskrivelse av ledningen Tokke–Rød



Sognsvann. Den har sitt endepunkt på Sogn transformatorstasjon sør for Sognsvann i Oslo, i en høyde av om lag 170 m.o.h. Ledningen passerer til en viss grad jordbrukslandskap og noe bebyggelse underveis, men går i all hovedsak gjennom skogkledde åser i 300-500 meters høyde.

Linje 2, som stod klar i 1956, følger i all hovedsak samme trasé som linja fra 1949. Unntaket er i midtre Hallingdal, hvor den ikke passerer Gol, men skjærer rett over fra Ridalen til Svenkerud.

Som nevnt var det stort engasjement og stor motstand mot trasévalget gjennom Nordmarka, og det er liten tvil om at overføringen berører et rekreasjonsområde som benyttes av svært mange mennesker. Store deler av ledningen går gjennom barskog, noe som gjør at den omfattende skogryddingen og den brede kraftgaten blir et meget synlig og markert element i landskapet. I bystyrets vedtak ble det også lagt til grunn at luftledningen

etter hvert skulle legges i jordkabel det siste stykket gjennom Nordmarka, noe som ikke har skjedd.

Selv om friluftsfolkets kamp mot ledningsføringen gjennom Nordmarka i første omgang ikke fikk konsekvenser for trasévalget, har nok det engasjementet som oppstod bidratt til å rette søkelys på Oslomarkas betydning som et viktig rekreasjonsområde, og behovet for vern av marka. I forbindelse med behandlingen av traséspørsmålet satte bystyret samtidig også ned en "Oslomarka-komité", som skulle planlegge arbeidet med å skåne friluftsområdene rundt hovedstaden. Da Holslinje 3 ble bygget mot Oslo noen år senere, ble denne til slutt også lagt i en trasé øst for de sentrale områdene i Nordmarka.

Begrunnelse

Ledningen Hol–Oslo var et meget omfattende prosjekt, og den står igjen som en milepæl innen den tekniske utviklingen av ledningsbygging i Norge.

I området rundt Hønefoss og Klekken ble det bygget til sammen 28 master i armert betong.

Foto: Svein Olav Arnesen, NVE

Spenningsnivået på 220 kV var ikke tidligere tatt i bruk her til lands, og det var på dette tidspunktet forholdsvis uvanlig også ellers i Europa. I perioden frem til Vinstraedningen ble satt i drift i 1953 var Hol–Oslo tilleggs den lengste kraftoverføringsledningen i landet.

Stålmastene ble konstruert og levert av Bethlehem Steel i USA. Mastetypen finnes på enkelte andre ledninger bygget av Oslo Lysverker, men er ellers uvanlig her til lands. Det står også enkelte betongmaster på ledningen. Disse ble bygget på prøve under okkupasjonstiden og er derfor, i norsk sammenheng, svært spesielle.

Okkupasjonsårene 1940-45 hadde etterlatt Norge med et stort etterslep i kraftforsyningen. Selv i hovedstaden var det fortsatt tilfeller av rasjonering og utkobling, og særlig

var den uvanlig kalde vinteren 1947 problematisk. Dette var samtidig en periode der elektrisitet i stadig sterkere grad etablerte seg som den viktigste energikilden for oppvarming av privatboliger. Mangelen på elektrisk kraft og en økende etterspørsel knyttet til gjenreisningen av landet, skapte et meget stort behov for ny tilførsel. For hovedstadens vedkommende var derfor kraftledningen fra Hol helt avgjørende i denne perioden.

Byggingen av Hol-Oslo engasjerte store deler av befolkningen i Oslo-området. Selv om den økte tilførselen av kraft var meget kjærkommen for mange av byens innbyggere, var det samtidig store kontroverser rundt trasévalget. Motstanden mot ledningsføringen gjennom Nordmarka skapte allianser på tvers av sosiale og politiske skillelinjer. At så mange som mellom 30 000 og 40 000 mennesker møtte opp på Rådhusplassen 28. november 1946, er også historisk sett en unik hendelse.

Kraftverket Hol 1 er i seg selv et viktig kulturminne. Det var det siste store norske magasinkraftverket som ble bygget med kraftstasjon og rørgate i dagen. Hele utbyggingen var kompleks, med to ulike fall, et sammensatt system av magasiner og vannveier, lange tunneler, rekordstort dimensjonerte maskiner og pionerarbeid innen dambygging som viktige stikkord. Anlegget må også sees i sammenheng med den videre utbyggingen som Oslo Lysverker gjorde i Hallingdal- og Hemsedalområdet, med bygging av kraftverkene Hol 2, Hol 3, Gjuva, Hemsil 1, Hemsil 2, Usta og Nes.

Viktige momenter:

- gjenoppbygging etter 2. verdenskrig
- debatt og demonstrasjoner
- landets lengste ledning ved idriftsettelsen
- første 220 kV-ledning
- både stål- og betongmaster
- Hol 1 kraftverk
- Sogn transformatorstasjon



Foto: Sissel Riibe, NVE

“Herr og fru Kraft”

Kilder

Litteratur:

Johannessen, Finn Erhard (1992): *I støtet – Oslo Energi gjennom 100 år*. Oslo: Gyldendal.

Just, Carl (1952): *Oslo Elektrisitetsverk 1892-1952*. Oslo: J. Chr. Gundersen.

Wasberg, Gunnar Christie (1967): *Oslo Lysverker 75 år – en utvikling i perspektiv*. Oslo Lysverker.

Muntlige kilder:

Rune Aasgaard, dr. ing., geografisk informasjonsteknologi

Edvin Nordrik, tidl. Oslo Lysverker

Knut Stabell, Statnett SF

Johan Fredrik Ziesler, tidl. Oslo Lysverker

Nedre Vinstra – Oslo

Kraftledningen Vinstra–Fåberg–Oslo var svært viktig for hovedstadens strømforsyning i tidlig etterkrigstid. Dette er Norges høyest spenningsatte betongmastledning. Da den ble satt i drift, var den også landets lengste ledning.

Vinstravassdraget er, sammen med Otta, den viktigste sideelven til Gudbrandsdalslågen. Vassdraget starter ved østenden av Bygdin i Jotunheimen og renner, via en rekke innsjøer, østover mot Gudbrandsdalen. I kraftutbyggingssammenheng skiller man som regel mellom øvre og nedre del av vassdraget, og dette skillet går ved innsjøen Olstappen.

Fallrettighetene i Vinstravassdraget mellom Olstappen og Gudbrandsdalslågen ble kjøpt opp av Hamar, Vang og Furnes kommunale kraftselskap (HVF) allerede i 1933. En full utbygging var imidlertid en langt større oppgave enn det HVF kunne gjennomføre på egen hånd, og de inngikk

et samarbeid med Aker Elektrisitetsverk. I 1946 ble Vinstra kraftselskap stiftet, og anleggsarbeidet ble påbegynt året etter. I Vinstra kraftselskap hadde HVF en eierandel på én tredel, mens Aker hadde en eierandel på to tredeler. 1. januar 1948 ble Aker Elektrisitetsverk en del av Oslo Lysverker, og eierandelene i Vinstra kraftselskap fulgte med inn i det sammenslåtte selskapet.

I de første årene etter krigen var mangel på arbeidskraft, materialer og maskiner et stort problem for kraftutbygginger. Dette var også hovedårsaken til at det tok lang tid å fullføre Vinstrautbyggingen. Oslo Lysverker hadde begrensede ressurser til rådighet, og de valgte derfor først å ferdigstille Hol

kraftverk i Hallingdal. I 1949, etter at første byggetrinn i Hol var ferdig, kom man imidlertid i gang med full arbeidsstyrke på Vinstra, og i 1953 stod anlegget klart med to aggregater på til sammen 100 MW. Kapasiteten i kraftverket har senere blitt utvidet flere ganger.

Fra kraftverkets maskiner ble det lagt 220 kV-énfasekabler til et koblingsanlegg i friluft, og herfra ble det bygget 220 kV-ledning videre mot Fåberg og Oslo. Det var Vinstra kraftselskap som stod for planleggingen og administrasjonen av ledningsbyggingen, mens det praktiske anleggsarbeidet ble overlatt til Betonmast A/S i Oslo. Vinstra kraftselskap ble stående som eier av de første 62 kilometerne til



Fåberg, og Oslo Lysverker ble eier av de resterende 145 kilometerne videre til Oslo. Driftsansvaret for hele ledningen ble lagt til Vinstra kraftselskap.

På strekningen Vinstra-Fåberg går ledningen i høyfjellet, godt over 1000 m.o.h. En tidligere bygget ledning fra Kamfoss kraftverk, i delvis samme trasé, hadde flere ganger vært utsatt for nedising. På grunn av dette ble ledningen fra Vinstra prosjektert for å tåle meget store isbelastninger. Det ble også bestemt at mastene skulle bygges i betong.

Ledningen stod ferdig bygget ved utgangen av oktober 1952, men ble spenningsatt først noen måneder senere, i forbindelse med at det første aggregatet i Vinstra kraftverk ble satt i drift 24. januar 1953.

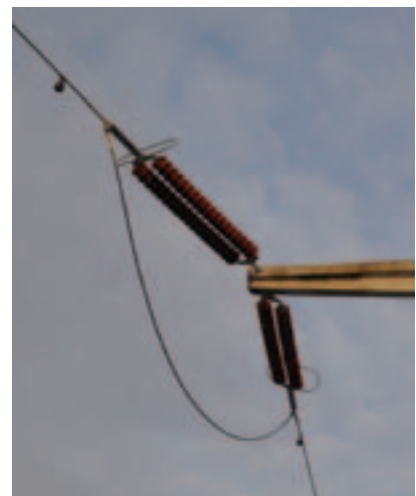
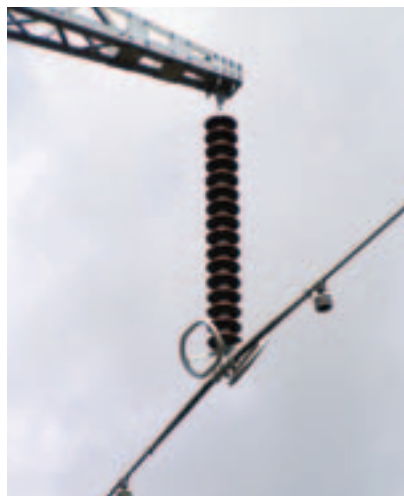
For å ta ut sin del av kraften, bygget HVF en transformatorstasjon på Fåberg ved Hovemoen nord for Lillehammer. Samtidig bygget Oslo Lysverker Ulven transformatorstasjon øst for Oslo sentrum for å ta ut sin del. Transformatorene på Ulven ble bygget inn i en skjæring i fjellet, dekket av et solid tak. Anleggsarbeidet ble satt i gang i juli 1950, og stasjonen stod klar for å ta imot kraften fra Vinstra i 1953.

Vinstra kraftverk skiftet navn til Nedre Vinstra kraftverk i 1959, da det også ble bygget et Øvre Vinstra kraftverk. Dette er årsaken til at ledningen som opprinnelig ble kalt Vinstra-Oslo i dag kalles Nedre Vinstra-Oslo. Ledningen ble spenningsoppgradert til 300 kV sommeren 1963.

Mot slutten av 1991 gikk Oslo Lysverker over til å bli et aksjeselskap, og skiftet med dette navn til Oslo Energi A/S. Etter en større omorganisering av selskapet i 1996 ble nettvirksomheten organisert i Oslo Energi Nett AS. Samtidig hadde HVF fra 1987 gått sammen med Ringsaker og Nes Kraftanlegg og Løten Elektrisitetsverk i det nye Hamar-regionen Energiverk AS (HrE). I 1999 ble hele Vinstraledningen overtatt av Statnett SF. De kjøpte da strekningen Nedre Vinstra-Fåberg av Vinstra kraftselskap, Fåberg transformatorstasjon av HrE, og strekningen Fåberg-Ulven av Oslo Energi Nett.



Kåre Ørbekk, Leif Koppervik, Kjell Fauske og Rolf Nybø fra Vinstra Kraftselskap inspiserer ledningen vinteren 1960. Det værutsatte høyfjellsterrenget satte store krav til ledningens styrke og dimensjoner. Foto: Statnett



Bæremastene har jerntraverser, mens forankringsmastene har betongtraverser. Oppheng av liner og isolatorer blir derfor noe forskjellig. Til venstre ser vi oppheng i bæremast og til høyre oppheng i forankringsmast. Foto: Idar Maurseth, Statnett (venstre) Foto: Henning Weyergang-Nielsen, NVE (høyre)



Teknisk utførelse

Kraftledningen Nedre Vinstra–Oslo har strømførende liner av typen simplex FeAl 329, med 592,6 mm² tverrsnitt, hvorav stålkjerne på 67,9 mm². Den ble opprinnelig satt i drift med 220 kilovolts spenning, men oppgradert til 300 kV i 1963 i forbindelse med overgangen fra et spolejordet til et fast jordet system for det norske samkjøringsnettet.

Mastene er portalmaster av armert betong. Forankringsmastene har traverser i betong, mens bæremastene har galvanisertejertraverser opplagret i ledd på toppen, slik at det ved linjebrydd oppnås en avspenning i forbindelsen mellom mast og travers. Det er til sammen 880 master på ledningen, fordelt på 297 master mellom Nedre Vinstra og Fåberg og 583 master mellom Fåberg og Ulven.

Forankringsmast i Groruddalen i Oslo.
Foto: Henning Weyergang-Nielsen, NVE

Valget av armert betong som maste-materiale førte til at man kunne sløye krysningsmaster, og at man kun trengte å anvende forankringsmaster ved større vinkler og oppstrekk i ledningen. Ved å redusere antallet forankringsmaster fikk man færre skjøter og dermed en mer driftsikker ledning. Bruk av betongmaster på en ledning av slike dimensjoner er svært uvanlig. Det finnes enkeltmaster i betong på andre 300 kV-ledninger, men Nedre Vinstra–Oslo er landets eneste ledning på dette spenningsnivået som i sin helhet er bygget med betongmaster.

På Fåberg transformatorstasjon tok HVF/HrE (i dag en del av Eidsiva Energi) ut kraft for videre fordeling til sitt område. Senere har det også blitt bygget nye ledninger til og fra Fåberg, og Stat-

nett har overtatt eierskapet. Ledningen har sitt endepunkt i Ulven transformatorstasjon. Denne ble bygget for å viderefordre Vinstrakraften ut på 45 kV-nettet i det som tidligere var Aker Elektrisitetsverks fordelingsdistrikt.

Landskap og miljø

Fra utendørsanlegget ved Nedre Vinstra kraftverk går ledningen i sørøstlig retning over fjellet, i omkring 1000 meters høyde til Gausdal, og videre gjennom skog og jordbrukslandskap til Fåberg transformatorstasjon rett nord for Lillehammer sentrum.

Fra Fåberg krysser ledningen over til vestsiden av Mjøsa og fortsetter sørover gjennom skogkledde åser i 400-600 meters høyde. Ved Vardal og Raufoss flater terrenget ut, og herfra går ledningen gjennom jordbrukslandskap med enkelte innslag av skog mot Jaren og Roa. Videre går den gjennom skogen øst for Gjøvikbanen til Hakadal, før den krysser over mot Nordmarka og Lillomarka og møter bebyggelsen øverst i Groruddalen. Den siste delen går sørover gjennom urban bebyggelse i Groruddalen og ned til mottakerstasjonen på Ulven øst for Oslo sentrum.

Ettersom omkring tre firedeler av ledningen går gjennom skogområder, blir det automatisk betydelige inngrep knyttet til trasérydding. Samtidig kan det nok hevdes at betongmastene har et enklere mastebilde og er bedre tilpasset vegetasjonen og terrenget rundt seg enn det stålmaster på ledninger med tilsvarende spenningsnivå er. Slik sett kan man si at valget av betong som materiale i mastene er heldig med tanke på forholdet til landskap og miljø.

Begrunnelse

Noen av de største utfordringene for ledningsbygging her til lands har vært klimaet og topografien. Særlig har kraftoverføringer i ulendt fjellterreng stilt spesielle krav til arbeidsteknikk, dimensjoner og tekniske løsninger. Dette var også tilfelle for ledningen Nedre Vinstra–Oslo. Traseen går over fjellet i over 1000 meters høyde, og ledningen ble derfor meget solid dimensjonert. Det ble også vedtatt å ha fast

vakt på denne strekningen om vinteren.

Nedre Vinstra–Oslo er bygget med betongmaster. Betong var, særlig på første halvdel av 1900-tallet, ikke et uvanlig materiale i kraftledningsmaster. Når det gjelder ledninger på dette spenningsnivået, er imidlertid Nedre Vinstra–Oslo den eneste. På 300 kV-ledningen Hol–Oslo fra 1949 er det riktignok enkelte betongmaster, men denne ledningen består likevel hovedsakelig av stålmaster og skiller seg således klart fra Nedre Vinstra–Oslo.

Man så nok på tidspunktet for byggingen av ledningen for seg at betong ville bli et atskillig mer vanlig materiale innen fremtidig mastebygging på dette nivået enn det som skulle bli tilfelle. Dette skyldes nok i stor grad at nye typer stålmaster etter hvert viste seg å ha tilfredsstillende soliditet og holdbarhet, samtidig som byggeprosessen med stålmaster ble både enklere og billigere. Nedre Vinstra–Oslo fremstår dermed i dag som en unik ledning med tanke på materialbruk i master.

Okkupasjonsårene 1940–45 hadde etterlatt Norge med et stort etterslep i kraftforsyningen. Selv i hovedstaden var det fortsatt tilfeller av rasjonering og utkobling, og særlig var den uvanlig kalde vinteren 1947 problematisk. Mangelen på elektrisk kraft og en økende etterspørsel knyttet til gjenreisningen av landet, skapte et meget stort behov for ny tilførsel. For hovedstadens vedkommende var Vinstra–Oslo, sammen med Hol–Oslo¹ fra 1949, den viktigste kraftoverføringen i denne perioden. Gjennom kraften som HVF tok ut på Fåberg, var ledningen også svært betydningsfull for forsyningen i store deler av Hedmark.

Det er ikke bare betongmastene som gjør Vinstra–Oslo til et spennende anlegg rent teknisk. Da ledningen ble bygget, var 132 kV det vanlige spenningsnivået på større kraftoverføringer her i landet. Vinstra–Oslo ble imidlertid, som den andre ledningen i Norge, bygget med 220 kV, kun fire år etter at Hol–Oslo hadde blitt den første. Da ledningen

1) Se egen beskrivelse av ledningen Hol–Oslo



Kjell Fauske fra Vinstra Kraftselskap utfører luftig reparasjonsarbeid på mast nr 724 vinteren 1960. Foto: Statnett

ble spenningsoppgradert til 300 kV i 1963, var dette kun to år etter at Tokke–Rød hadde blitt Norges første på dette spenningsnivået. Vinstra–Oslo var også, med sine 207 km, landets lengste kraftledning ved idriftsettelsen.

Av anlegg direkte tilknyttet ledningen må ikke minst nevnes Nedre Vinstra kraftverk. Anlegget, som opprinnelig fikk navnet Vinstra kraftverk, var en svært viktig etterkrigsutbygging, og står igjen som en milepæl innen norsk fjellsprengningsteknikk. I dag fremstår kraftverket som et komplekst anlegg, med flere utbyggingstrinn som er integrert arkitektonisk på en god måte. Transformatorstasjonene på Fåberg og Ulven fremstår i tillegg

begge som gode tidstypiske eksempler på etterkrigstidens betongpregete industri- og trafoarkitektur.

Viktige momenter:

- gjenoppbygging etter 2. verdenskrig
- landets lengste ledning ved idriftsettelsen
- værutsatt høyfjellsterreng
- betongmaster
- tidlig 220 kV-ledning
- Nedre Vinstra kraftverk
- Fåberg transformatorstasjon
- Ulven transformatorstasjon

Kilder

Litteratur:

Johannessen, Finn Erhard (1992): *I støtet – Oslo Energi gjennom 100 år*. Oslo: Gyldendal.

Just, Carl (1952): *Oslo Elektrisitetsverk 1892–1952*. Oslo: J. Chr. Gundersen.

Solem, Arne (1954): *Norske kraftverker*. Oslo: Teknisk ukeblads forlag.

Solem, Arne & Vogt, Fredrik (1966): *Norske kraftverker – Bind 2*. Oslo: Teknisk ukeblads forlag.

Tøsse, Tryggve (1990): *Fra Byggin til Lågen – historien om Vinstra kraftselskap*. Vinstra kraftselskap.

Muntlige kilder:

Bjørn Brekken, Statnett SF
Knut Stabell, Statnett SF

Lysebotn – Tronsholen

Tidlig i etterkrigstiden ble Lyse (senere Lysebotn) kraftverk bygget for å forsyne Sør-Rogaland med elektrisitet. Overføringen til Tronsholen transformatorstasjon i Sandnes består av tre generasjoner ledninger, og inneholder blant annet to lange fjordspenn.

Gjennom første halvdel av 1900-tallet var Sør-Rogaland et område preget av mange små og atskilte produksjonseenheter for elektrisk energi, der knapphet og strømrasjonering vinterstid, særlig under okkupasjonstiden, ikke var uvanlig. Like etter andre verdenskrig ble imidlertid Stavanger Elektrisitetsverk og Maudal Kraftlag enige om å gå sammen om utbygging av Lysevassdraget og Årdalsvassdraget. I 1947 ble Lyse Kraftverk formelt stiftet, og allerede samme høst var de første anleggsarbeiderne i gang i Lysebotn innerst i Lysefjorden. Lyse kraftverk (senere Lysebotn kraftverk), med trykksjakt og maskinsal sprengt inn i fjellet, var av meget store dimensjoner

og et pionerarbeid for sin tid. Anlegget ble satt i drift like over nyttår i 1953. Senere har en rekke nye eiere kommet inn i Lyse, og selskapet – som nå heter Lyse Energi AS – eies av til sammen 16 kommuner i Sør-Rogaland.

Fra det utendørs koblingsanlegget i Lysebotn ble det bygget en overføringsledning på omtrent 64 km, til Tronsholen transformatorstasjon¹ i Sandnes. Det aller meste av byggingen ble utført av kraftverkets egne ledningsarbeidere, under ledelse av sivilingeniør Witzø. Utførelsen av de lange

1) Se egen beskrivelse av Tronsholen transformatorstasjon

fjordspennene over Lysefjord og Høgsfjord, som stilte krav til både ekstra utstyr og erfaring, ble imidlertid overlatt til Betonmast A/S. Den 8. januar 1953 ble det for første gang satt full spenning på Lyse–Tronsholen. Prisen på den første overføringen var fem millioner kroner.

Allerede under arbeidet med første byggetrinn i Lysebotn kraftverk fremstod det som klart at en større utbygging snart ville være nødvendig, og installasjon av nye aggregater ble påbegynt sommeren 1955. De økte kraftmengdene som nå etter hvert ble produsert gjorde det også nødvendig med utvidet overføringskapasitet til Tronsholen.





holen transformatorstasjon. Lysebotn-Tronsholen masterekke 2 ble bygget i 1957, og masterekke 3 ble bygget i 1963. De tre ledningsgenerasjonene mellom Lysebotn og Tronsholen ble alle bygget like før helikopteret ble tatt i bruk ved denne typen arbeid her til lands. Her ble det derfor brukt kjøretøyer på hjul og belter, både på bar mark og snø. Det ble også bygget en rekke taubaner til alle toppene og der det ellers var vanskelig å komme til med kjøretøy.

I 1972 bygget Lyse en ny 132 kV-ledning fra Lysebotn, denne gangen til Dalen nord for Lysefjorden. Da man så i 1996 valgte å bygge ledning fra Dalen til en ny transformatorstasjon ved Forsand på østsiden av Høgsfjorden, kom denne i nærheten av Lysebotn-Tronsholen-ledningen. Man valgte derfor å rive den eldste Lysebotn-Tronsholen-ledningen (masterekke 1) mellom Lysebotn og Forsand, og i stedet føre ledningen Dalen-Forsand videre, og så koble den sammen med den resterende delen av Lysebotn-Tronsholen masterekke 1 ved Forsandmoen. Dette arbeidet ble fullført i 1997.

Dette betyr at det i dag fortsatt går tre 132 kV-forbindelser mellom Lysebotn og Tronsholen. På strekningen Lysebotn-Forsand går de opprinnelige masterekke 2 og 3 parallelt, mens

Tre generasjoner ledning går i dag parallelt på store deler av strekningen mellom Lysebotn og Tronsholen. Foto: Henning Weyergang-Nielsen, NVE

masterekke 1 er sløyfet om Dalen. På strekningen Forsand-Tronsholen står fortsatt den originale ledningen Lysebotn-Tronsholen, med alle de tre originale masterekkene i sin opprinnelige form og i sin opprinnelige trasé.

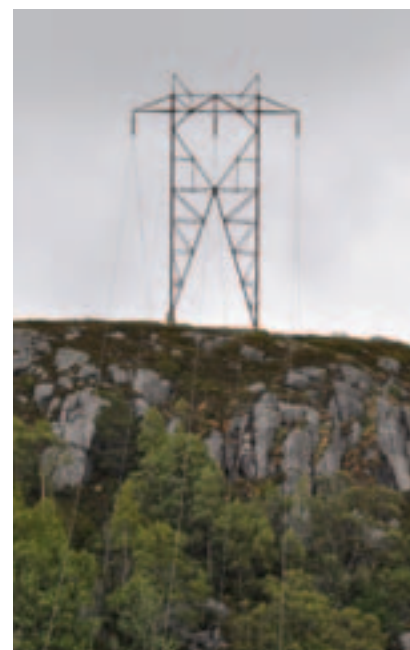
Teknisk utførelse

De tre masterekkene mellom Lysebotn og Tronsholen eies og drives i dag av Lyse Elnett AS, som er en del av konsernet Lyse Energi AS. Overføringen ble bygget med en spenning på 132 kV, er 64 km lang og inneholder blant annet to svært lange fjordspenn.

To av masterekkene krysser Lysefjorden ved Mulen i et spenn på 2463 meter, med mastene stående 443 meter over fjorden på den ene siden og 496 meter over fjorden på den andre. Spennet ligger på det laveste 55 meter over vannspeilet. De tre originale masterekkene passerer Høgsfjorden i et spenn på 2163 meter ved Uburen. Festene ligger mellom 300 og 400 m.o.h., og minstehøyden over fjorden er 45 meter.

Den første masterekken fra 1953 ble bygget på bardunerte, impregnerte trestolper, med galvaniserte ståltraverser. De strømførende linene var av

typen FeAl 120. Masterekke 2 og 3 er bygget med portalmaster i stål på betongfundament. Ledningen fra 1957 ble bygget med linetype FeAl 150, og ledningen fra 1963 med linetype FeAl 240. For øvrig ble 132 kV-ledningen Lysebotn-Dalen fra 1972 bygget med stålmaster, mens 132 kV-ledningen Dalen-Forsand fra 1996 ble bygget



Etter spennet over Høgsfjorden går ledningen gjennom et område preget av mange koller og knauser. Foto: Henning Weyergang-Nielsen, NVE



med tremaster. Begge disse hadde strømførende liner av typen FeAl 150.

Hele ledningen ender i Tronsholen transformatorstasjon i Sandnes, der strømmen transformeres ned til en spenning på 50 kV for videre fordeling i området.

Landskap og miljø

Fra kraftverket i Lysebotn går ledningen først i nordlig retning opp mellom Fyljesdalsvatnet og Nordrestølstjørna, før den svinger vestover ned Daladalen og videre langs nordsiden av Lysefjorden. Herfra fortsetter den nyere ledningen mot Dalen mot nordvest, mens masterekke 2 og 3 krysser Lysefjorden mellom Sjahadle og Mullen. Etter kryssingen av Lysefjorden går masterekke 2 og 3 videre i sørvestlig retning gjennom fjellandskapet mot Forsand, og i dette partiet går store deler av traseen i omkring 700 meters høyde over havet. Ved Forsand møter de ledningen fra Dalen, som har krysset Lysefjorden ved Forsandbrua lengst vest i fjorden.

Videre fra Forsand går ledningen Lysebotn-Tronsholen, med de tre originale masterekkene, mer eller mindre parallelt i vestlig retning mot transformatorstasjonen ved Sandnes. Høgsfjorden krysses i et spenn mellom Uburen og Bjørå, før ledningen går videre gjennom et landskap preget av utmark med en rekke knauser, koller og mindre fjell. I partiet mellom Høgsfjorden og Tronsholen går ledningen hovedsakelig i 300-400 meters høyde over havet, før terrenget gradvis flater ut ned mot Sviland og videre til Sandnes.

Lysebotn-Tronsholen går i all hovedsak gjennom utmarksområder preget av åser, knauser og fjell. Tre parallelle 132 kV-ledninger blir uunngåelig et dominerende element i landskapet, men områdets lette vegetasjon fører til at det ikke må gjøres store inngrep med tanke på trasérydding. Terrengets mange knauser og koller gir også ledningen en del avskjerming rent visuelt. Kun på korte strekninger berører ledningen bebyggelse.

Leif Arne Hogstad i Lyse Energi utfører vedlikeholdsarbeid på spennet over Lysefjorden. Foto: Johan Wildhagen

Begrunnelse

Ledningen Lysebotn-Tronsholen var en viktig del av utbyggingene som fikk Lyse Kraftverk på nett. Med denne viktige overføringen ble det endelig slutt på tiden med stadig knapphet og strømrasjonering i Sør-Rogaland. Ledningens betydning for lokalbefolkningen må derfor ha vært meget stor.

De tre generasjonene ledninger mellom Lysebotn og Tronsholen går stort sett parallelt, og gir dermed et meget interessant bilde av etterkrigstidens utvikling på dette området. Særlig skiller rekken med tremaster fra 1953 seg fra de to stålmasterledningene som kom senere. Med bil kan man ta seg frem til flere steder der man på nært hold kan se masterekkenes parallelle gang og oppleve det visuelle bildet dette gir av utvikling innen dimensjoner, mastetyper og maste- og ledningsutforming.

Det var ingen enkel jobb å bygge denne ledningen. Overføringen går gjennom et kupert og forholdsvis ulendt terreng, med mange bratte fjell og knauser. Flere steder måtte man bygge taubaner for å frakte materialer og annet utstyr opp til vanskelig tilgjengelige områder. Det som likevel kanskje fremstår som mest imponerende, er fjordspennene over Lysefjorden og Høgsfjorden. Spannene på henholdsvis 2463 og 2163 meter var blant Norges og verdens aller lengste da de ble bygget, og de må også ha vært til stor nytte og inspirasjon for senere arbeid med lange fjordspenn.

I begge ender av ledningen Lysebotn-Tronsholen finner vi spesielle anlegg. Lysebotn kraftverk, med inntakstunnel, trykksjakt og maskinsal sprengt ut i fjellet, var et av landets største da det ble satt i drift. Tronsholen transformatorstasjon ble også sprengt ut i fjell, men har samtidig et flott portalbygg. Transformatorstasjonen stod, og står fortsatt, for den viktige viderefordelingen til mottakerkommunene.

Viktige momenter:

- gjennombruddet for Lyse
- tre ulike generasjoner ledning
- to lange fjordspenn
- kupert terreng
- Lyse kraftverk
- Tronsholen transformatorstasjon



Representanter for den lokale faunaen tar en av ledningens master i nærmere øyesyn. Foto: Henning Weyergang-Nielsen, NVE

Kilder

Litteratur:

Lorentzen, Schmidt, Strand, de Lange & Jakobsen (1978): *Lysekraft i 25 år*. Oslo: Lyse Kraftverk.

Solem, Arne (1954): *Norske kraftverker*. Oslo: Teknisk ukeblads forlag.

Stangeland, Jon (1995): *Med kraft og spenning gjennom 90 år, elektrisitetsproduksjon og -forsyning i Dalane 1905-1995*. Dalane Elverk.

Muntlige kilder:

Marianne Eskeland, Lyse Energi

Arvid Ohma, Lyse Energi

Tryggve Paulsen, Lyse Energi

Kåre Todnem, Lyse Energi

Rolf A. Waldow, Lyse Energi

Bogen – Sortlandsund

Niingen kraftverk i Bogen og den tilhørende kraftledningen til Sortlandsund var på 1950-tallet viktig for å få nok strøm til Sør-Troms og Nordre Nordland. Utbyggingen skjedde før statens engasjement så langt nord, og den er et eksempel på godt interkommunalt og regionalt samarbeid om elektrisitetsforsyning.

I Nord-Norge gikk utbyggingen av elektrisitetsforsyningen saktere enn i andre deler av landet. Etter andre verdenskrig var det kraftmangel i de fleste delene av landsdelen, og strømrasjonering var en del av folks hverdag. I Nordland og Troms var fremdeles hele 58 prosent av befolkningen uten elektrisitetsforsyning. I 1938 var det blitt innført en ordning med statsstøtte til elektrisitetsutbygging i strømløse distrikter, men en mer planmessig utbygging i Nordland og Troms kom først i gang etter at krigen var over.

På et møte i Sortland i mai 1946 ble fylkesmyndighetene i Nordland og Troms

enige om at kraft til kommunene i Nordre Nordland og Søndre og Midtre Troms måtte løses ved å bygge ut Innset-fallene i Troms eller Skjomen i Nordland. De mente også at det beste ville være om staten stod for en slik utbygging. Elektrisitetskontoret i Nordland fylke hadde, i samarbeid med elektrisitetsverkene i Nordre Nordland og Sør-Troms, vært pådriver for å få til en felles elektrisitetsforsyning for disse områdene.

Saken ble lagt frem for NVE i juli 1946, men NVE stilte seg avvisende til en så kostbar og storslått plan, som ikke minst ville medføre store kostnader til kraftoverføring. Til tross for at

regjering og stortingspolitikere like etter krigens slutt hadde uttrykt et nytt syn på statens oppgave når det gjaldt kraftforsyning, poengterte daværende generaldirektør Olaf Rogstad at det ikke var statens oppgave "å medvirke til utbygging av tilstrekkelig elektrisk kraft til industri og oppvarming, men at det måtte bli distriktenes egen oppgave å sørge for dekning av den slags kraftbehov".¹ NVE mente at man i stedet burde nøye seg med å bygge ut mindre kraftkilder, og pekte på blant annet Niingen-vassdraget i Bogen i Ofoten.

1) Svendsen 1998: 243



Løsningen på kraftmangelen i nordre Nordland og Sør-Troms ble dermed i første omgang et regionalt samarbeid over fylkesgrensa. I januar 1948 ble Niingen Kraftlag A/S stiftet av elektrisitetsverkene i Ofoten, Lofoten, Vesterålen og Harstad-området. Kraftlaget ble etablert for å bygge et nytt og større kraftverk i Niingen, som lå gunstig til for et kraftsamarbeid. Så tidlig som i 1915 hadde A/S Ofoten Jernmalmergruber bygget et mindre kraftverk i dette vassdraget, men gruvedriften opphørte i 1939, og i 1949 ble fallrettingene overdratt til Niingen Kraftlag.

Etter en lang utbyggingsperiode ble kraftverket startet 4. august 1954, og en ny kraftledning over Hinnøya til Lofoten og Vesterålen kunne kobles inn. Det var en stor dag for både elektrisitetsverkene og abonnentene i det som ble kalt Niingen-området – endelig kunne kraftrasjoneringen opphøre!

Byggingen av den 89 km lange overføringsledningen med 66 kV spenning ble delt mellom firmaene AS Betonmast, Oslo, og AS Impregnerbygg, Molde. Sjøkabelen over Tjeldsundet ble lagt av AS Standard Telefon- og Kabelfabrikk. På hver side av Tjeldsundet ble det satt opp kabelhus i overgangen mellom luftledning og sjøkabel. De lokale kraftlagene sørget for å få avtalt grunnavståelser for ledninger og transformatorstasjoner innenfor hver sine områder, mens utgiftene til grunnavståelsene ble dekket av Niingen Kraftlag.

På strekningen fra Bogen til Sortlandsund i Vesterålen ble det bygget flere transformatorstasjoner for fordeling av kraften ut til Ofoten, Lofoten, Vesterålen og Harstad-området. Den første på strekningen var Evenesmark, som forsynte området ved Evenesmark og senere også Evenes flyplass. Deretter fulgte Fjellidal på sørsiden av Tjeldsundet som forsynte Fjellidal og Ramsund. Denne stasjonen ble senere nedlagt da det ble bygget en 66 kV-avgreining til ny transformatorstasjon i Ramsund.

Det hører med til historien at sivilbefolkningen i Ramsund i 1952 fikk koble seg på strømaggregat ved Sjø-



To masterekker ved Tjeldsund transformatorstasjon. Den ene går vestover mot Kanstadbotn, den andre nordover mot Harstad. Foto: Sissel Riibe, NVE

forsvarets orlogsstasjon på Ramsund. Stasjonen hadde fått økt strømkapasitet etter at den overtok dieselaggregatet fra det tyske slagskipet Tirpitz, som under andre verdenskrig ble skadet av de allierte mens det lå i Kåfjorden i Alta, og senere senket utenfor Tromsø. Det var imidlertid beskjedne strømleveranser til hvert hus, og gleden var stor da de i 1954 fikk strøm fra Niingen kraftverk.

Neste stasjon var Tjeldsund, som overførte kraft til elektrisitetsverkene i Harstad-området. Så fulgte Kanstadbotn, der strømmen ble distribuert til bygdene i Lødingen og Lofoten. Siste stasjon på strekningen var Sortlandsund, og derfra ble det fordelt kraft ut til øyene i Vesterålen.

Utover i 1950-årene kom det til flere lokale kraftverk som leverte til Niingen-området, og strømsituasjonen ble etter hvert mindre prekær. I slutten av 1950-årene utgjorde alle anleggene i Vesterålen, Øst-Lofoten og Sør-Troms ett samkjøringsnett, og det viktigste leddet i denne samkjøringen var Niingen Kraftlag.

2) Om Innset-utbyggingen: Se beskrivelsen av ledningen Innset - Kanstadbotn.

Økningen i kraftforbruket gjorde at man likevel ikke var sikret for så lang tid fremover. Spørsmålet om statlig kraftutbygging i Troms ble tatt opp igjen allerede før Niingen kraftverk ble satt i drift, og i 1960 ble Innset kraftverk og overføringsledninger til Nordre Nordland, Sør-Troms og Midt-Troms satt i drift.² Kraftmengdene som Niingen Kraftlag fikk til sitt område, gikk fra NVEs nye transformatorstasjon i Kanstadbotn ut på Niingens 66 kV-nett til avtakerverkene i området.

Kraftledningen fra Bogen til Kanstadbotn inngår i dag i regionalnettet i Nordre Nordland og Sør-Troms, mens strekningen fra Kanstadbotn til Sortlandsund er satt ut av drift. Med unntak av Evenesmark transformatorstasjon, som tilhører Evenes Kraftforsyning, eier Hålogaland Kraft AS ledning, kabelhus og transformatorstasjoner på strekningen fra Bogen til Kanstadbotn. Dette selskapet ble dannet i 1997 etter en fusjon mellom Ofoten Kraftlag AS og Sør-Troms Elforsyning AS, der sistnevnte er en sammenslutning fra 1970 av flere lokale elverk. Hålogaland Kraft AS eies av åtte kommuner i Sør-Troms og Nordre Nordland.



På nordsiden av Tjeldsundet står en av transformatorstasjonene som ble bygget langs 66 kV-ledningen fra Niingen kraftverk.
Foto: Sissel Riibe, NVE

Den bortkoblede strekningen fra Kanstadbotn til Sortlandsund eies av Vesterålskraft Nett AS, et av datterselskapene i Vesterålskraft AS, som ble etablert med navnet Vesterålens Kraftlag i 1939. Selskapet eies av kommunene Bø, Øksnes og Sortland.

Teknisk utførelse

66 kV-ledningen fra Bogen til Sortlandsund har en samlet lengde på 89 km. Bortsett fra ved kryssingen av Tjeldsundet og Gullsfjorden, har hele strekningen portalmaster av impregnert rundtømmer og tretraverser, samt hengeisolatorer og strømførende liner av type FeAl 1x70. Deler av ledningen har fortsatt opprinnelig materiell fra 1954, blant annet kan

man finne gamle porselensisolatorer flere steder. Tjeldsundet krysses med en 0,9 km lang kabel som opprinnelig hadde tre énlleder kabler à 50 mm² Cu. I 1977 ble det satt i drift en ny kabel med 3x70 mm² Cu. Kabelhusene på Fjellidal og Sandtorg ved Tjeldsundet er koblingsstasjoner mellom luftledning og sjøkabler. Gullsfjorden krysses med et luftspenn som er 1315 m langt, og med en linelengde på ca 1500 m. I hver ende av spennet er det tre énfase forankringsmaster av betong.

66 kV-ledningen mellom Kanstadbotn og Sortlandsund er som nevnt satt ut av drift, og på de siste 7 km inn mot Sortlandsund er master og liner fjernet. Sortlandsund transformatorstasjon

har siden 1973 mottatt kraft med 66 kV spenning fra Sortland transformatorstasjon, som ble bygget i forbindelse med nye 132 kV-ledninger på samkjøringsnettet.

Transformatorstasjonene på strekningen er alle oppført i betong. I 1954 var det installert transformatorer som transformerte ned fra 66 kV til enten 22 eller 33 kV spenning for forsyning av tilknyttede fordelingsnett. En av disse stasjonene er Tjeldsund. Her ble kraften fra Niingen nedtransformert fra 66 kV og ført inn på Vågsfjord Kraftselskaps 33 kV-nett for overføring til elektrisitetsverkene i Harstad, Trondenes og Kvæfjord. I forbindelse med Innset-utbygginga ble det bygget en ny 66 kV-ledning fra Tjeldsund til Harstad for å forbedre overføringskapasiteten til byen, og man måtte da foreta endringer på det tekniske anlegget i transformatorstasjonen. Innvendig finnes det fortsatt opprinnelige brytere og cellerom fra 1954, men noe utstyr er byttet ut, og de åpne brytercellene er påsveiset plater mot midtgang. Stasjonen nedtransformerer i dag fra 66 til 22 kV for fordelingsnettet. Bygningen er den senere tid kledd med trepanel, men fremstår ellers hovedsakelig slik som da den



Pensjonerte porselensisolatorer hviler ut i lyngen. Foto: Sissel Riibe, NVE

var ny. Rundt 1990 ble det like ved bygningen satt opp en utstyrsbu med et moderne kontrollanlegg.

Landskap og miljø

Kraftverket i Niingen ligger på fylkesgrensa mellom Nordland og Troms. Det meste av Niingen-vatnet, som er kraftverkets vannmagasin, ligger i Troms, mens dammen i Niingen-vatnet, rørledningen og kraftstasjonen ligger i Nordland. Kraftledningen fra Bogen til Sortlandsund går over værhardt snaufjell og i dype skar, gjennom utmarks- og landbruksområder, bygder og grender, og over fjorder og sund. De laveste partiene går langs sjøen og under havoverflaten, mens de høyeste går i snaufjellet opp i nesten 500 m.o.h.

Fra kraftstasjonen nede ved Strandvatnet innerst i Bogen går ledningen først vestover langs sjøen, så gjennom et utmarks- og landbruksområde frem til Evenesmark transformatorstasjon. Fra Evenesmark dreier ledningen mot nordvest og kommer ned til sørsiden av Lavangsfjorden, der den følger sjøsiden frem til kabelhuset på Fjeldal. Tjeldsundet krysses med sjøkabel over til kabelhuset på Sandtorg på Hinnøya. Fra Sandtorg runder ledningen Hårberget før den kommer ned til Tjeldsundet transformatorstasjon i Hårvika. Så fortsetter ledningen på nordsiden av Tjeldsundet frem til Kongsvika, der den stiger opp mot Gamfjellet og deretter går ned til Fiskefjorden. Derfra går den opp gjennom Fiskefjordskardet i en høyde av om lag 500 m.o.h., for så å fortsette nedover Kobbédalsaksla og frem til Kanstadbotn transformatorstasjon. Fjellet over til Kanstadbotn er et værhardt område, og snødybden har av og til vært så stor at man har måttet ha utkobling for å kunne måke frem ledningen.

Fra Kanstadbotn går den nå bortkoblede ledningen nordvestover mot Sortlandsund. Den krysser Gullsfjorden i et 1315 m langt luftspenn, og fortsetter så på vestsiden av fjorden til nordsiden av Tverrelvtindan. Den siste strekningen, som nå er revet, fulgte østsiden av Sortlandsundet frem til transformatorstasjon på Strand.



Fra et kabelhus på Fjeldal går det sjøkabel over Tjeldsundet til dette kabelhuset på Sandtorg. Foto: Sissel Riibe, NVE

Begrunnelse

66 kV-ledningen Bogen–Sortlandsund var en av de første større overføringsledningene i Nord-Norge. Sammen med kraftverket i Niingen var den viktig for å få en bedre strømforsyning til Ofoten, Lofoten, Vesterålen og Sør-Troms på 1950-tallet. Kraftmangelen i den første etterkrigstiden ble løst gjennom et regionalt samarbeid, fordi staten den gang ikke ville bygge ut større kraftverk for å forsyne området. Anleggets historie belyser godt spørsmålene som var oppe i etterkrigstiden om hvem som skulle sørge for strømforsyning til distriktene.

Planleggingen, utbyggingen og driften er et eksempel på godt samarbeid mellom mange kommuner og over fylkesgrensa. Niingen kraftlag AS, som fra begynnelsen av eide kraftanlegget, overføringsledningen og transformatorstasjonene, hadde selv et konglomerat av eiere. Anlegget representerer således den interkommunale løsningen i organisering av elforsyningen i Norge. Kraftlaget ble et viktig ledd i det regionale nettet som vokste frem utover 1950-tallet, og det fikk deretter også en viktig rolle som formidler av statskraften som ble tilført området på samkjøringsnettet fra 1960.

På strekningen fra Niingen i Bogen til Sortlandsund står gjenværende ledning i stor grad med det opprinnelige mastebildet, og det er bevart en god del ledningsmateriell fra 1954. I den forbindelse vil vi spesielt nevne luftspennet over Gullsfjorden, der de



Portalmast av rundtømmer med tretravers og gamle porselensisolatorer ved Evenesmark transformatorstasjon. Foto: Sissel Riibe, NVE



Ledningen nordover fra Kanstadbotn til Sortlandsund krysser Gullesfjorden i et langt luftspenn. På hver side av spennet står det tre énfasemaster av betong. Bildet viser master ved Våtvoll på vestsiden av fjorden. I bakgrunnen ser vi de nesten 1000 meter høye Botntindan som troner bak Gullesfjordbotn. Foto: Are Isaksen, Vesterålskraft Nett AS

tre forankringsmastene på hver side er bygget av betong. De fleste transformatorstasjonene som stod ferdig samtidig med ledningen, er fortsatt i drift. Flere av stasjonsbygningene har bevart det opprinnelig preget med en nøktern femtitalars-arkitektur i betong. Kabelhusene ved Tjeldsundet er også bevart i sin opprinnelige form. Alt i alt formidler kraftledningen med tilhørende bygninger godt hvordan et kraftoverføringsanlegg bygget på 1950-tallet kunne se ut.

Viktige momenter:

- viktig ledning i regionalnettet
- Niingen Kraftlag; regionalt samarbeid
- i påvente av statens store utbygginger i Troms
- godt bevarte transformatorstasjoner og kabelhus
- betongmaster ved luftspenn over Gullesfjorden
- opprinnelig materiell på deler av ledningen
- Niingen kraftstasjon

Kilder

Litteratur:

Dahl, Herleiv (1980): *Niingen Kraftlag A/S 1980 - 30 år*. Sortland: K. Nordahls Trykkeri.

Dahl, Herleiv, Glad, Kåre og Oxem, Alf (1999): *Energi i et øyrike. Vesterålskraft 60 år. 1939-99*. Sortland: Vesterålskraft.

Markussen, Konrad (1995): Der sør og nord møtes. *Glimt fra 100 års utvikling sv elforsyningen i Sør-Troms ved STE 's 25 års jubileum*. Harstad: Sør-Troms Elforsyning.

Markussen, Konrad, Normann, Øystein, Steinnes, Kristian og Svendsen, Oddvar (2000): *100 år med en lysere hverdag. Tilbakeblikk på elforsyningens utvikling i regionen*. Harstad: Hålogaland Kraft AS.

Rønning, Anne Holden, Jensen, Per-Harald, Berg, Harald og Sakshaug, Svein Einar (1995): *Glimt fra Ramsunds historie*. Ramsund: Ramsund orlogsstasjon.

Skjold, Dag Ove og Thue, Lars (2007): *Statens Nett. Systemutvikling i norsk elforsyning 1890-2007*. Oslo: Universitetsforlaget.

Svendsen, Oddvar (1998): *Et felles gode – Kraft og samfunn i Troms gjennom hundre år 1898-1998*. Tromsø: Troms Kraft AS.

Muntlige kilder:

Arthur Balteskard, Hålogaland Kraft AS
Roar Eriksen, Hålogaland Kraft AS
Geir Jenssen, Hålogaland Kraft AS
Oddbjørn Rinaldo, Vesterålskraft Nett AS
Oddvar Svendsen, Troms fylkeskommune

Nea – Järpstrømmen

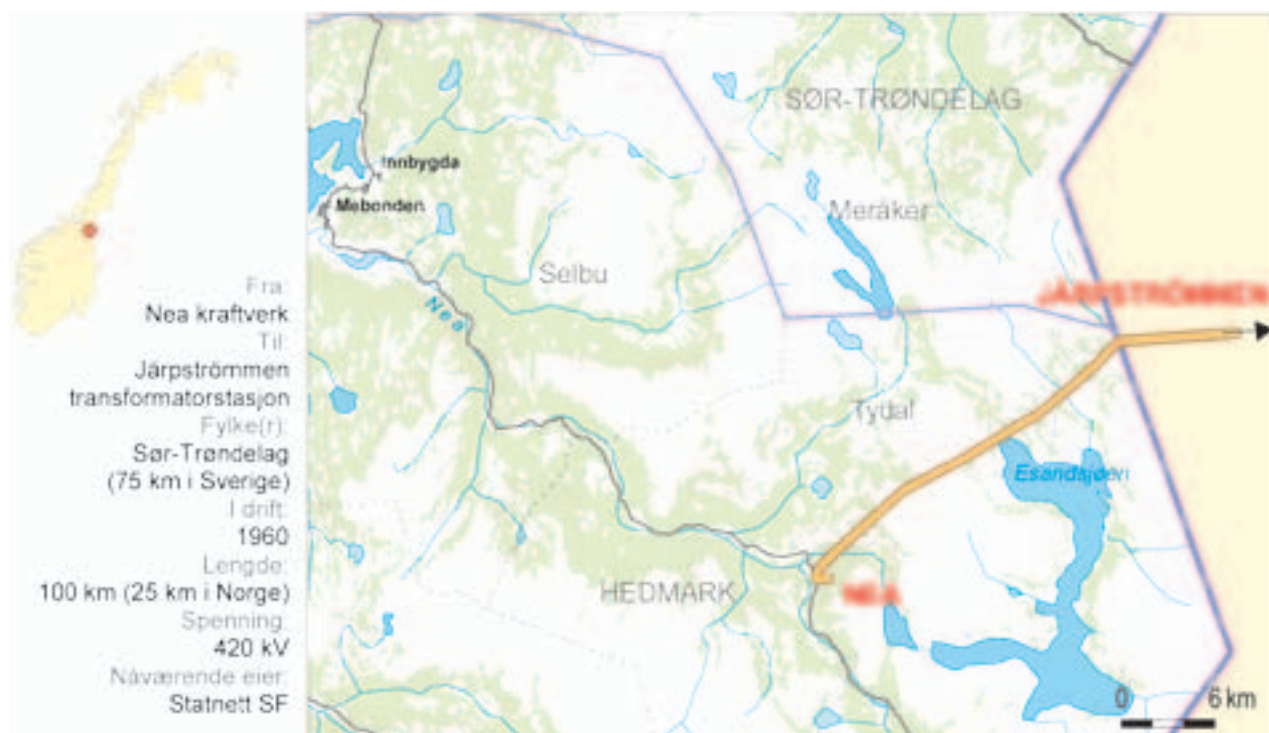
Overføringen mellom Nea kraftverk i Sør-Trøndelag og Järpstrømmen transformatorstasjon i Sverige var Norges første ledning for ordinær kraftutveksling med utlandet. Den følger en trasé som bærer på en omfattende kulturhistorie. Utbyggingsplanene var gjenstand for stort folkelig engasjement og til dels svært opphetet politisk debatt.

I årene rundt 1950 ble det drøftet en rekke forslag til kraftutveksling mellom Norge og Sverige. NVEs generaldirektør Fredrik Vogt ønsket å bygge ut en 120 kV-ledning mellom Glomma-verkene og Jössefors i Värmland. Svenskene syntes imidlertid at dette forslaget var for smått, og foreslo i stedet bygging av en 220 kV-ledning fra Ulven i Oslo til svenskegrensen, mens svenskene skulle finansiere en tilsvarende ledning videre til Trollhättan. Nordmennene skulle så betale avgift for bruken av denne. Vogt var imidlertid skeptisk til om dette forslaget var av særlig verdi for Norge, og alle de tidligste forslagene ble i tur og orden lagt vekk.

Våren 1953 var handelsminister Erik Brofoss bekymret for en økonomisk situasjon der både valutareserver og penger fra Marshallhjelpen var i ferd med å ta slutt. Han foreslo derfor Nea-utbyggingen som en mulighet for å få svenskene til å investere i Norge. En slik tanke hadde vært oppe allerede i 1948, da Trondheim kommune og Stockholm Elektricitetsverk diskuterte muligheten for svensk finansiering av Nea-utbyggingen mot leveranse av elektrisk kraft. Et avtaleutkast mellom Trondheim Elektrisitetsverk og elverket i Stockholm forelå i 1952. NVEs hovedstyre frarådet en kraftutveksling av den typen Trondheim hadde tatt initiativ til, blant annet

fordi de mente at kraften heller burde brukes på ny norsk industri. Samtidig arbeidet imidlertid regjeringen aktivt for å følge opp handelsminister Brofoss' tanker om krafteksport som et middel til å skaffe landet kapital.

I juni 1954 fikk Trondheim Elektrisitetsverk reguleringskonsesjon på Nea-utbyggingen, men fortsatt manglet konsesjon på selve krafteksporten. Denne måtte behandles i Stortinget på grunn av manglende hjemmel for et så stort eksportkvantum. Den politiske debatten rundt overføringen var lang og kontroversiell. Bondehøvdingen Jon Leirfall fra Nord-Trøndelag ga uttrykk for sin bekymring over kraft-





300 kV-ledningen Nea-Järpstrømmen ved Sankåvollen. Fjellmassivet i Sylane i bakgrunnen. Foto: Statnett

situasjonen i Trøndelag, og ønsket ikke at Norge skulle overføre sin dyrebare kraft til andre. Per Borten argumenterte i Stortinget for at en eksportkonsesjon ville føre til at det enten ikke ville være kraft igjen for en videre utvikling av næringslivet i landsdelen, eller at Trøndelag fortsatt ville være et underutviklet område når det gjaldt den såkalte alminnelige forsyning med elektrisk energi.

I det hele tatt gikk de aller fleste representantene fra de borgerlige partiene imot den foreslåtte avtalen. Industri-

minister Gustav Sjaastad erklærte på den annen side at dersom forslaget til kraftutveksling ikke skulle bli vedtatt, ville han nødvendigvis ta konsekvensen av det og tre tilbake.

Det endelige vedtaket om overføringen ble fattet av Stortinget 6. desember 1955 med 81 mot 63 stemmer. Avtalen hadde da blitt reforhandlet i forhold til det opprinnelige kontraktutkastet, og den viktigste endringen var at kontraktstiden var redusert fra 30 til 15 år. Det var også åpnet for en forskyving av kraftleveringen fra



Arbeidslaget tar en velfortjent pust i bakken under byggingen av ledningen på slutten av 1950-tallet. Foto: Statnett

tørrår til år med bedre vannforhold. Dessuten hadde NVE kommet inn som den direkte avtalepartneren med Stockholm, og ledningen ville dermed få statlig eierskap, noe som blant annet førte til at Vogt og resten av NVEs hovedstyre også virket rimelig godt fornøyde med avtalen.

Nea kraftverk og ledningen til Järpstrømmen ble satt i drift mandag 26. september 1960. Innvielsen og oppstarten ble foretatt av statsministrene Tage Erlander og Einar Gerhardsen. Etter at Einar Gerhardsen hadde startet den første maskinen i Nea kraftverk, kunne Tage Erlander koble Nea-kraften inn på det svenske samkjøringsnettet. Den første ordinære kraftutvekslingen mellom Norge og Sverige var et faktum.

I de femten årene fra 1960 til 1975 ble Nea kraftverk nedbetalt gjennom leveranse av omtrent halvparten av kraftproduksjonen over Nea-Järpstrømmen-ledningen. De første overføringene gikk imidlertid ikke fra Norge til Sverige, de gikk motsatt vei på grunn av en ekstraordinær tørkeperiode våren 1960. Dette var nok en viktig årsak til at debatten om krafteksport stoppet opp like fort som den blusset opp, og i årene som fulgte kom det nye avtaler og en betydelig bygging av mellomriksledninger mellom Norge og Sverige.

På slutten av 1960- og begynnelsen av 1970-tallet ble det stadig klarere at kapasiteten på overføringsnettet i denne delen av landet ikke var god nok, og Nea-Järpstrømmen-ledningen fremstod i denne sammenhengen som en flaskehals. I 1976 ble ledningen derfor spenningsoppgradert fra 220 til 300 kV for å øke overføringskapasiteten. Man satte rett og slett 300 kV på den gamle ledningen uten å gjøre noen andre tekniske inngrep. Dette ble av enkelte på forhånd ansett for muligens å være noe risikabelt, men ledningen har siden vist seg å være meget driftsikker.

Mot slutten av 1990-årene utviklet det seg et stadig sterkere behov for store reinvesteringer i 300 kV-anlegget i Nea. Et samarbeid mellom Trondheim

Energiverk og Statnett ledet frem til at reinvesteringene på 300 kV heller burde kombineres med samtidig overgang til det mer fremtidsrettede spenningsnivået 420 kV for overføringen til Järpstrømmen. En avtale mellom Svenska Kraftnät og Statnett om bygging av en ny ledning ble undertegnet i februar 2005.

Statnett SF bygget derfor, i samarbeid med Svenska Kraftnät, i perioden 2007 til 2010 en ny 420 kV-ledning mellom Nea og Järpstrømmen. Den nye ledningen følger i all hovedsak samme trasé som den gamle. I forbindelse med dette arbeidet blir også den gamle 300 kV-ledningen faset ut og revet.

Teknisk utførelse

Ledningen Nea–Järpstrømmen er omkring 100 kilometer lang, hvorav 25 kilometer ligger i Norge og 75 kilometer i Sverige. På svensk side ble ledningen døpt "Karolinerlinjen", til minne om general Armfeldts karolineroldater som hadde frosset i hjel langs denne leden under tilbaketog fra Trondheim i 1719.



Helikopteret har vært et svært viktig hjelpemiddel under byggingen av den nye 420 kV-ledningen.

Foto: Anton Helmo, Statnett

Den første ledningen ble i sin helhet bygget av svenske Vattenfall, med et enkelt sett liner i stålaluminium. Den ble bygget uten toppline, kun med innføringsvern inn til stasjonene. I Nea var innføringsvernet fra innstrekkestativ til mast nr 11. Ledningen brukte porselensisolatorer, og faseavstanden mellom linene var 7,2 meter.

Når det gjelder mastene, ble det på norsk side benyttet selvberende master, type B-stolpe (Vattenfalls betegnelse). Dette er fagverkskonstruksjoner i galvanisert stål, med enkel bjelketravers.



Den nye 420 kV-ledningen bygges parallelt med den gamle 300 kV-ledningen som etter hvert vil bli tatt ned. Foto: Anton Helmo, Statnett

Bunnplatene bestod av stålrammer med impregnerte sviller og fundamentstabe av fagverkskonstruksjon i galvanisert stål. På svensk side ble det benyttet stålmaster mellom riksgrensen og Enafors, og tremaster mellom Enafors og Järpstrømmen.

Høsten 2001 ble ledningen for øvrig temperaturoppgradert slik at kapasiteten kunne økes med 120 MW. På norsk side var det ikke behov for særlige tiltak, men på svensk side ble det skutt inn noen tremaster, samt forlengelse av enkelte master.

I konsesjonen for den nye 420 kV-ledningen ble det angitt bruk av innvendig bardunerte, selvberende portalmaster i stål. Ledningen har dobbelt sett stålaluminiumsliner i mattet utførelse, to toppliner i mattet utførelse og glassisolatorer i klart glass. Det kan også nevnes at Svenska Kraftnät i forbindelse med den nye ledningen tar i bruk en meget spesielt designet kraftledningsmast i området ved innkjøringen til Åre.

Landskap og miljø

På norsk side ligger ledningen i sin helhet i Tydal kommune. Den starter ved Nea kraftverk, som ligger i fjellet ved Kirkvold, langs den gamle hovedveien i Tydal. Den passerer Sellisjøen øst for kraftverket, i et område preget av slake høydedrag dekket med granskog. Ledningen fortsetter videre i nordøstlig retning gjennom skog- og myrområder, før den begynner å stige oppover i lia på nordsiden av Øfjellet, og videre mot Kroessdurrie.

Kroessdurrie er et bredt, skålformet pass mellom Øfjellet og de tre topene Gardkleppen, Røkleppen og Sankåkleppen. I Kroessdurrie ligger det flere små tjern på rekke og rad. Landskapsrommet er åpent, med utsyn mot Bustvola i øst og Rødalen i vest. Mot nord og sør utgjør fjellene horisontlinjen. Området er et fjellområde nesten uten trevegetasjon, her vokser det kun enkelte små grupper med fjellbjørk. Grusveien inn til Sankåvika og Remslihøgda går midt i Kroessdurrie, som en markant linje i landskapet. Kraftledningen er en tydelig linje i landskapet som følger landskapets hovedform gjennom fjellpasset.

Ledningen går videre mot Sankåvika lengst nord i Essandsjøen. Her preges landskapet av slake vidder, delvis med og delvis uten fjellbjørkeskog. Den siste delen fra Romse og inn mot svenskegrensa preges også av vidstrakt fjellandskap med rolige, slake former. Landskapets enorme dimensjoner gjør at det i relativt stor grad tåler inngrep av den typen en kraftledning fører med seg. Den nye 420 kV-ledningen er for øvrig bygget med enkelte mindre avvik fra traseen til den tidligere 300 kV-ledningen, for bedre å tilpasses linjene i landskapet og for å unngå de mest verdifulle naturområdene.

På svensk side av grensen krysser kraftledningen Storliveien, og går så rett østover gjennom Enafors og videre til Järpstrømmen.

Begrunnelse

Leden der ledningen Nea-Järpstrømmen har sin trasé, bærer på en lang kulturhistorie. I middelalderen vandret pilegrimene denne veien for å søke helgenkongens kraft i Nidarosdomen. I 1719 døde 3000 karoliner soldater i dette området under general Armfeldts tilbaketog. Under 2. verdenskrig ble denne leden også brukt som flyktninge-rute over Selbu-Tydal til Sverige.

Norge hadde riktignok hatt elektrisk forbindelse med utlandet tidligere gjennom at Ofotbanen i de første ti årene ble drevet av strøm fra kraftverket i Porjus i Sverige. I dette inngikk også samkjøring med Narvik Kommunale Elektrisitetsverk. Dette initiativet var imidlertid ikke tilknyttet det norske samkjøringsnettet for øvrig, og ledningen fra Nea til Järpstrømmen regnes derfor som den første ordinære norske kraftutvekslingen med utlandet. Åpningen var ikke bare en lokal milepæl, men også en skjellsettende begivenhet for kraftnasjonen Norge. Med tilknytningen til det svenske samkjøringsnettet var ikke landet lenger isolert i kraftsammenheng.

Dette ga store muligheter for samkjøring, med de fordelene dette brakte med seg. Et større samkjøringsområde åpnet for betydelig mer fleksibilitet i kraftproduksjon og -levering. I et større perspektiv kan det også fremheves at dette var en merkedag i det praktiske nordiske samarbeidet. Den svenske ambassadøren ga i forbindelse med åpningen uttrykk for at

Viktige momenter:

- første ordinære kraftutveksling med utlandet
- trasé i et område med lang kulturhistorie
- svensk kapital
- politisk strid rundt utbyggingen
- kraften over ledningen betalte ned Nea kraftverk
- Nea kraftverk
- ny 420 kV-ledning
- designmast ved Åre
- miljøhensyn i forbindelse med den nye ledningen



På den nye 420 kV-ledningen er det satt opp en særegen designmast på en høyde ved Åre i Sverige. Foto: Statnett

*”ingenstans i Norden har den nordiska samarbeitsviljan just nu funnit så många, så koncentrerade och så konkreta uttryck som i Tröndelagen”.*¹

Den politiske striden i forkant av åpningen var også spesiell. En rekke fremtredende politikere engasjerte seg sterkt i saken, politiske fløyer stod mot hverandre, rikspolitikere stod mot lokalpolitikere, og statsråd Sjaastad

1) Kvaal & Wale 2000: 188

gikk til slutt til det drastiske skritt å stille kabinettsspørsmål om kraftutvekslingsavtalens godkjennelse.

Ledningen Nea-Järpstrømmen ble bygget og idriftsatt samtidig med Nea kraftverk. Kraftverket er det største i en stor og langvarig utbygging i Nea-Nidelvassdraget. Det er bygget med representativ teknikk og planleggingsfilosofi fra 1960-tallet, og er på mange måter et viktig kulturminne i seg selv.

Kilder

Litteratur:

Endresen, Knut (red.) (1992): *Vår vidunderlige vannkraft*. Oslo: Universitetsforlaget.

Kvaal, Stig & Wale, Astrid (2000): *En spenningshistorie – Trondheim Energiverk gjennom et århundre*. Trondheim: Trondheim Energiverk AS.

Vogt, Johan (1971): *Elektrisitetslandet Norge*. Oslo: Universitetsforlaget.

Muntlige kilder:

Erling Diesen, tidl. vassdrags- og energidirektør
Bjørn Dag Evensen, Statnett SF
Dag Petter Lysheim, Statnett SF

Innset – Kanstadbotn

Den 20. februar 1960 ble den første statskraften i nordre del av Nord-Norge levert fra Innset kraftverk i Øvre Bardu. Strømmen ble sendt ut på nye overføringsledninger som bandt nordre Nordland og Troms sør for Lyngen sammen til ett samkjøringsområde. Kraftproduksjonen i området ble med ett doblet, og tiden med strømrasjonering og stadige utkoblinger var over.

Barduelva i Midt-Troms har sitt utspring i Altevatn, en av de største innsjøene i Nord-Norge. Langs den om lag syv mil lange strekningen fra Altevatn til samløpet med Målselva ligger det tre kraftverk – Innset, Straumsmo og Bardufoss – som utnytter fallene nedover elva. Ved det nederste fallet, Bardufossen, ble det bygget et mindre kraftverk allerede i 1922, og dette var i over 30 år den viktigste kraftkilden i midt fylket. I 1953 satte Bardufoss kraftlag i drift et nytt kraftverk som utnyttet mer av dette fallet. Et par år senere startet NVE-Statskraftverkene

en storstilt kraftutbygging i den øvre delen av vassdraget.

Fra naturens hånd lå Barduvassdraget vel til rette for en rimelig kraftutbygging, ikke minst på grunn av de gode reguleringsmulighetene i Altevatn. Ved Innset kraftverk, som utnytter de øverste fallene, ble det første aggregatet satt i drift i februar 1960, og det andre i mars 1961. Et stykke lenger nedover elva ble Straumsmo kraftverk satt i drift i 1966. Samtidig med Innset-utbyggingen ble det strukket overføringsledninger mot Balsfjord, Kan-

stadbotn og Narvik. Vi tar her spesielt for oss ledningen til Kanstadbotn, men omtaler også de øvrige anleggene knyttet til utbyggingen og samkjøringsnettets i området.

Ønsket om statlig kraftutbygging i nordre deler av Nord-Norge ble tatt opp kort tid etter at andre verdenskrig var over. Fortsatt var over halvparten av befolkningen i Nordland og Troms uten elektrisitet. Fra distriktets side mente man at staten burde bygge ut en stor, sentral kraftkilde som kunne gi nok strøm til både Sør- og Midt-





Troms og nordre Nordland. Innsetfallene i Troms eller Skjomen i Nordland ble pekt ut som aktuelle kraftkilder. NVE stilte seg imidlertid avvisende til en så kostbar og storslått plan, og mente at man i stedet burde bygge ut mindre kraftkilder. Kraftmangelen måtte dermed løses med regionale utbygginger, blant annet av Niingen kraftverk, som fra 1954 leverte strøm til Ofoten, Lofoten, Vesterålen og Sør-Troms¹.

Samtidig med at de regionale anleggene ble bygget ferdig, kom vendepunktet i NVEs holdning til statlig kraftutbygging i området. Det skjedde etter et møte i Svolvær 2. juli 1953 der NVEs direktør Fredrik Vogt hadde presentert sitt syn for en forsamling med fylkesmennene i Nordland og Troms, overingeniørene fra de to fylkenes elektrisitetskontorer, 20 ordførere og 30 utsendinger fra de lokale kraftlagene. Vogt mente at utbygging av de store kraftkildene måtte vente til det var behov for mer strøm. Han fikk imidlertid stor motstand fra distriktets menn. De fikk laget en utredning som viste at et kraftanlegg i Øvre

¹) Om Niingen kraftverk: Se beskrivelsen av ledningen Bogen-Sortlandsund

Bardu ville gi den doble kraftmengden av alle småanleggene til sammen, og til samme pris. Det førte til at Vogt endret holdning, og i april 1954 gikk NVE inn for utbygging av Innset kraftverk.

Våren 1955 ga Stortinget grønt lys for statlig utbygging, og allerede i august samme år ble arbeidet satt i gang. Det ble starten på en tolv år lang sammenhengende anleggsperiode, med byg-

Forankringsmaster på de fire parallelle ledningene som går ut fra koblingsanlegget ved Straumsmo kraftstasjon.

Foto: Sissel Riibe, NVE

ging av to kraftverk i Øvre Bardu og nye overføringsledninger som var første ledd i NVEs stamledningsnett i nordre deler av Nord-Norge.

Innset-utbyggingen la grunnlaget for etableringen av Samkjøringen Nord-Norge, som ble stiftet på et møte i



Portalbygget til Innset kraftstasjon, som er sprengt ut i fjell. Foto: Sissel Riibe, NVE

Harstad den 19. mai 1960. Samkjøringen omfattet alle kraftanleggene i nordre Nordland og Troms sør for Lyngen, og dekket et område med om lag 210 000 innbyggere, den gang nesten halvparten av hele Nord-Norges befolkning. I november 1960 kom det også i gang samkjøring med det svenske nettet via en forbindelse mellom Narvik og Tornehamn. Senere bygget NVE nye ledninger til Sør-Troms, Vesterålen og Bardufoss for å møte det økende kraftbehovet i området, og 1973 begynte Skjomen kraftverk ved Narvik også å levere kraft ut på samkjøringsnettet. Utover på 1980-tallet ble forsyningen i området ytterligere styrket da den første 420 kV-ledningen i Nord-Norge – forbindelsen fra 1979 mellom Ritzem i Sverige og Ofoten – ble forlenget bit for bit nordover mot Balsfjord og sørover mot Salten.

Stamledningene som NVE bygget ut fra Innset inngår i dag i sentralnettet. En strekning på 12 km fra Innset til Straumsmo ble for noen år siden overtatt av Statkraft Energi AS, som også eier de to kraftverkene. Ledningen fra Straumsmo til Kanstadbotn eies av Statnett SF.

Teknisk utførelse

Til overføringsledningene fra Innset ble det valgt et spenningsnivå på 132 kV. Fra friluftsanlegget utenfor kraftstasjonen i fjell ved Innset ble det bygget én ledning til en koblingsstasjon ved Straumsmo. Derfra ble det bygget én ledning nordover mot Mestervik via Bardufoss og én ledning sørvestover til Kanstadbotn. På ledningen mot Kanstadbotn ble det satt opp en koblingsstasjon i Kvannadal, for avgreining sørover mot Narvik. Ved endepunktet i Kanstadbotn var det i 1954 bygget en transformatorstasjon i forbindelse med en 66 kV-ledning fra Ningen kraftverk. Denne ble nå utvidet av NVE for å kunne transformere ned fra 132 til 66 kV for viderefordeling til det regionale nettet.

I 1966 ble Straumsmo kraftverk satt i drift, også her med kraftstasjonen sprengt ut i fjell. Koblingsstasjonen ved Straumsmo ble i den forbindelse flyttet til Straumslia, ti mastepunkter nærmere Innset, men navnet Straums-

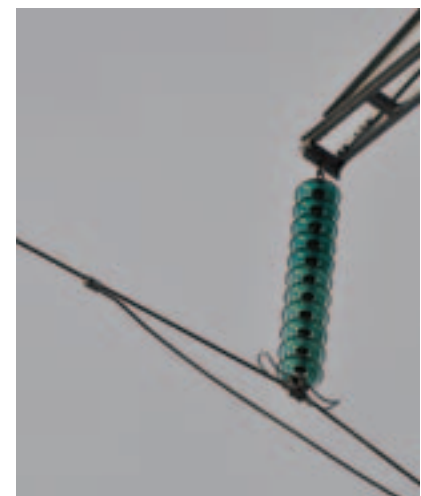


Ledningene fra Innset ble bygget utenfor allfarvei og gikk mange steder i vanskelig terreng. Vinterstid var ski ofte den eneste måten å komme seg til og fra arbeidet på. Her er Albert Bergsli, Ragnar Ingebrigtsen og Arthur Pettersen på vei til arbeid på ledningen Kvannadal-Kanstadbotn i 1957. Foto: Arbeiderbevegelsens arkiv og bibliotek

mo ble beholdt. Samtidig ble det strukket en ny 132 kV-ledning parallelt med den første mot Kvannadal. I 1974 kom så ledning nummer to fra Straumsmo til Bardufoss. Siden 1974 har det således gått fire 132 kV-ledninger ut fra Straumsmo, to mot Kvannadal og to mot Bardufoss. Koblingsanleggene ved både Straumsmo og Kvannadal ble utvidet etter hvert som ledningsnettet ble bygget ut, og på begynnelsen av 1980-tallet ble Kvannadal i tillegg transformatorstasjon. Det skjedde i forbindelse med at 420 kV-ledningen nordover fra Ofoten ble lagt via Kvannadal.

Ledningen fra Innset til Kanstadbotn ble bygget med fagverksmaster av stål, og med en gjennomsnittlig spennvidde på ca 350 meter. Mastene ble konstruert for tre strømførende liner og to jordliner. Som strømførende line ble det benyttet stålaluminium av typen FeAl 120 og FeAl 150.

Over Tjeldsundet ble det lagt en 1,8 km lang sjøkabel som bestod av fire 95 mm² énlederkabler av kobber, der tre var i bruk og den fjerde i reserve. På hver side av sundet ble det satt opp muffehus i overgangen mel-



Simplexline og hengeisolatorer av glass. Foto: Sissel Riibe, NVE



Traseer vest for Straumsmo. Til venstre de to ledningene fra 1960 og 1966 vestover mot Kvanndal. Til høyre de to ledningene fra 1960 og 1974 nordover mot Bardufoss. I bakgrunnen troner Storfjellet 1395 moh, og til høyre renner Barduelva.
Foto: Sissel Riibe, NVE

lom luftledning og kabel. De ble bygget av entreprenørfirmaet Eeg-Henriksen. I 1985 ble det lagt to nye 120 mm² énlederkabler av kobber ved siden av de første, og siden den gang har alle de seks kablene vært i bruk.

Bortsett fra master som er blitt ødelagt på grunn av ras på spesielt utsatte steder, er de opprinnelige mastene fra



Ledningene har standard portalmaster av stål. Her ser vi mast nr. 18 vest for Innset kraftstasjon. Foto: Sissel Riibe, NVE

1960 i behold på hele strekningen fra Innset til Kanstadbotn, men noen er flyttet på. Over fjellet på Hinnøya måtte enkelte master flyttes på grunn av problemer med store snømengder. Før Evenes lufthavn åpnet i 1973, ble ledningen som krysset den fremtidige flyplassen også lagt om. Rundt 35 master ble tatt ned og satt opp igjen langs en ny trasé litt lenger nord. For øvrig er betongfundamentene skiftet ut på omtrent halve strekningen, alle isolatorene er av nyere dato, mens de opprinnelige linene er i bruk på hele strekningen.

Landskap og miljø

Innset-ledningen fra Øvre Bardu i Midt-Troms til Kanstadbotn i Lødningen er nesten 14 mil lang. Traseen går i hovedtrekk i sør-sørvestlig retning, for det meste gjennom utmarksområder og med kryssing av flere fjellpartier og to sund. Ledningen har sitt utgangspunkt omkring 320 meter over havet ved Innset kraftverk, like vest for Altevåtn, og herfra følger den elvedalen ned mot koblingsanlegget ved Straumsmo. Derfra går de to ledningene mot Kvanndal det første stykket parallelt med de to ledningene nordover mot Bardufoss. Ledningene mot Kvanndal dreier snart vestover og følger Melhuskardet over Melhusfjellet,

der traseens høyeste punkt er på rundt 760 meter over havet.

Nede i Salangsdalen følges dalføret sørvestover til Kvanndal, like nord for Bjerkvik, innerst i Ofotfjorden. Fra Kvanndal går ledningen mot Kanstadbotn i vestlig retning på nordsiden av Ofotfjorden. Frem til Bogen i Ofoten har den følge av en 132 kV-ledning fra 1970 mellom Kvanndal og Kilbotn sør for Harstad. Deretter passerer ledningen nord for Evenes lufthavn, krysser Ramsundet i et kort luftspenn, og fortsetter over Tjeldøya før Tjeldsundet krysses i kabel over til Hinnøya. På Hinnøya stiger ledningen til fjells i omtrent 500 meters høyde gjennom Fiskefjordskardet. Der møter den 66 kV-ledningen som kommer fra Ningen kraftverk, og de to ledningene følges ad nedover Kobbédalsaksla og frem til Kanstadbotn.

Hinnøya var for øvrig en av de mer krevende strekningene ved byggingen av Innset-ledningen. Omtrent en kilometer vest for muffehuset ved Tjeldsundet snodde ledningen seg med flere vinkler opp gjennom en trang og kupert dal som var ufremkommelig med kjøretøy. På 2,3 kilometer steg ledningen 440 meter, og transporten til de ni mastepunktene i dalen ble utført med Vossa-vinsj, som fraktet ma-



To parallelle 132 kV-ledninger vest for Kvanndal. Den ene går vestover til Kanstadbotn, og den andre dreier etter hvert nordvestover mot Kilbotn. Foto: Sissel Riibe, NVE

materialene etappevis oppover. For å skåne linen, måtte linemontasjen i tillegg foregå om vinteren. Det var mye snø over fjellet, og det fortelles at de kunne spasere fra snøkanten rett inn på den nederste brua på masten, omtrent fem meter over fundamentene. På Tjeldøya var det til dels samme forhold som på Hinnøya, slik at de tyngste løftene også der måtte tas på vinteren.

Til materialtransport i mindre krevende terreng ble det brukt mange forskjellige kjøretøy: International beltetraktor, Unimog terrengbil, det canadiske beltetekjøretøyet Muskeg, og i noen grad Volvo halvbeltetraktor. Kjøretøyene utfylte hverandre og gjorde det mulig med kontinuitet i transportene under vekslende terreng- og føreforhold. Men ofte var det vanskelig å komme helt frem til mastepunk-

tene med kjøretøyene, og mye materiale måtte bæres den siste strekningen. Spesielt var det tungt å bære fundamentblokkene, som kunne veie 60–70 kg.

Arbeidskarene kom fra distriktene omkring, supplert med en del ledningsbyggere som hadde kjennskap til større anlegg fra før. Arbeidsstyrken varierte fra over 100 mann om sommeren og ned til 40–50 mann om vinteren. Det kan fortelles mange historier fra anleggstiden og ledningsbyggingen, og vi tar her med litt om "brakkelivet". Innkvartering ved denne typen arbeid kunne være en utfordring, både fordi arbeidsplassene flyttet på seg, og fordi traseene ofte gikk utenom allfarvei. Ved Innset-ledningen disponerte NVE tolv transportable, firemanns skogstuer. I tillegg hadde de en 32-mannsbrakke i Bjerke-

vik, av samme typen som Moelvenbrakkene på Innset kraftanlegg. Det ble også skaffet noe privat innkvartering, og på enkelte strekninger måtte man ty til telt. På fjellet over Hinnøya bodde to arbeidslag en tid i en liten hytte som hørte til Niingen kraftverk. Den såkalte Niingen-hytta var ganske primitiv, og så kald at de måtte dekke vinduene med ullfilt for å få opp temperaturen. Karene sov, spiste og tørket klær i samme rommet, men atmosfæren blant de åtte som bodde der var ellers god.

Begrunnelse

Innset-utbyggingen representerer et vendepunkt i NVEs syn på statlig kraftutbygging, noe som innebar at staten tok ansvar for å bygge ut elektrisk kraft til alminnelig forbruk i tillegg til kraft til industrielle hjørne-

steinsbedrifter. Selv om det var staten som sto for utbyggingen, var det ikke uten et ganske stort påtrykk fra distriktet i forkant. Innset-anleggene ble viet stor oppmerksomhet i samtiden. Det var knyttet store forventninger til kraftverkene som skulle gi Troms og Nordre Nordland tilstrekkelig kraft, slik at rasjonaliseringstiltakene kunne opphøre.

Innset kraftverk og tilknyttede overføringsledninger var av avgjørende betydning for elektrisitetsforsyningen i Nordland og Troms da anleggene ble satt i drift i 1960. De nye 132 kV-ledningene fra Innset mot Balsfjord, Kanstadbotn og Narvik knyttet nordre Nordland og Troms sør for Lyngen til ett samkjøringsområde. Kraftproduksjonen i dette området ble med ett fordoblet, og innbyggerne fikk en helt annen forsyningsikkerhet. Innset-utbyggingen la også grunnlaget for etableringen av Samkjøringen Nord-Norge, som var det fjerde av fem slike

regionale organisasjoner som ble etablert før alle i 1970 ble samlet i Samkjøringen av kraftverkene i Norge.

132 kV-ledningene fra Innset var de første med så høyt spenningsnivå nord for Salten. Dette var starten på stamledningsnett som suksessivt ble bygget ut i nordre del av Nord-Norge på 1960- og begynnelsen av 1970-tallet. Parallelt med utbyggingen av stamledningsnett ble de også bygget regionale overføringsnett. Til sammen resulterte disse utbyggingene i at det i 1974 var et sammenhengende driftsområde i Nord-Norge nord for Salten.

Innset var for øvrig det første av de store kraftverkene i Troms som ble bygget i fjell. Det var den tidligere Kraftforsynings sivilforsvarnemnd som ga pålegg om dette, men det viste seg også at fjellanlegg var mer effektive og lønnsomme.

Innset-utbyggingen, med kraftverk og overføringsledninger, var svært omfattende i omfang og varighet, og vi tar til slutt med noen ord om samfunnene som ble etablert i tilknytning til dette arbeidet. I den avsideliggende Innset-bygda i Øvre Bardu vokste det frem en hel liten by i anleggstida, med brakker og boliger, verksted, vannforsyningsanlegg, vaskeri, skolehus, forsamlingshus, messe og legekontor. Nede i Bjerkvik etablerte NVE et senter for Innset-ledningen, med kontor, lager, verksted, garasjer og en mannskapsbrakke som blant folk ble kalt "hotellet". Like ved hadde NVE sin "lilleputtby" med seks hyggelige oppsynsmannsbrakker og en solid permanentbolig. Både i Innset-bygda og i Bjerkvik står fortsatt noen av bygningene fra denne tiden. Sammen med kraftverkene og overføringsledningene dokumenterer disse anleggene historien om det store løftet for elektrisitetsforsyningen i Nord-Norge.

Viktige momenter:

- statlig utbygging
- første 132 kV-ledninger nord for Salten
- stamledninger
- første større samkjøringsnett i Nord-Norge
- Samkjøringen Nord-Norge 1960
- Innset og Straumsmo kraftverk i fjell
- Innsetbygda ble anleggsby
- ledningsbyggingscenter i Bjerkvik
- Straumsmo og Kvanndal koblingsstasjoner
- Kanstadbotn transformatorstasjon

Kilder

Litteratur:

Kjeldsberg, Mette (1983): Fossekallen besøker: Innsetverkene. I *Fossekallen* nr. 7/1983, s. 5–14. Oslo: NVE.

NVE (1969): *Hva skjedde ved Statskraftverkene 1963–1968*. Norges vassdrags- og elektrisitetsvesen.

Oftedal, Sverre (1958): Litt av hvert fra Innsetlinjen, Bjerkvik. I *Fossekallen* nr. 1/1958, s. 5–7. Oslo: NVE.

Oftedal, Sverre (1995): *Linjebyggerhistorier. Sammendrag av intervjuer gjort av Sverre Oftedal*. Upublisert, oppbevares hos Statnett SF.

Ranes, Sverre (1960): Innset kraftverk satt i drift. I *Fossekallen* nr. 2/1960, s. 18–20. Oslo: NVE.

Svendsen, Oddvar (1998): *Et felles gode – Kraft og samfunn i Troms gjennom hundre år 1898-1998*. Tromsø: Troms Kraft AS.

Vatten, Gunnar (1955): Innset Kraftverk. I *Fossekallen* nr. 4/1955, s. 2–4. Oslo: NVE.

Muntlige kilder:

Terje Johnsen, Statnett SF

Harald Linde, Statkraft Energi AS

Tokke – Rød

Ledningen fra Tokke kraftverk til Rød transformatorstasjon nord for Skien i Telemark var den første overføringen tilknyttet den omfattende statlige Tokkeutbyggingen. Ledningen ble bygget med et rekordhøyt spenningsnivå for sin tid, og var meget viktig for samkjøringen i Sør-Norge.

Den statlige utbyggingen av Tokkeverkene fra midten av 1950-årene, inkludert byggingen av kraftoverføringsledninger ut fra disse, var omfattende og kompleks, og må sees på som en helhet. Vi velger her å ta spesielt for oss ledningen til Rød transformatorstasjon nord for Skien som enkeltanlegg, ikke minst med bakgrunn i at dette var den første ledningen som ble satt i drift ut fra Tokke, men omtalen vil også omfatte de andre ledningene som ble satt i drift fra Tokke i perioden 1961-1965.

Sterke krav om en utbygging av Tokkefallene ble fremsatt allerede i 1952,

gjennom stortingsmeldingen "Om utbyggingen av elektrisk kraft". Det skulle gå litt tid før utbyggingen kunne begynne for alvor, ikke minst fordi NVE på samme tid var opptatt med store prosjekter i Røssåga og Aura. I oktober 1955 ble imidlertid utbyggingen enstemmig vedtatt i Stortinget, og den endelige proposisjonen ble lagt frem 23. mars 1956. Den utbyggingen som i første omgang ble vedtatt omfattet Tokke 1 kraftverk ved Dalen i Telemark, men utbyggingen ble senere utvidet – med flere kraftverk – til å utnytte hele fallhøyden i Tokke- og Vinjevassdragene, fra høyfjellssjøene sør på Hardangervidda og ned til Dalen ved Bandak.

Tokkeutbyggingen var i størrelse og kostnader den overlegent største som til da hadde vært planlagt her til lands, og det var en utfordring å frem-skaffe de nødvendige økonomiske ressurser. Finansieringen skjedde gjennom to lån i Verdensbanken på 25 millioner dollar hver. Det første lånet ble tatt opp i forbindelse med byggingen av Tokke 1 kraftverk, og det andre lånet ved byggingen av Tokke 2 og Tokke 3 kraftverker. I tillegg ble 240 millioner kroner skaffet til veie gjennom det såkalte "Tokke-lånet", som gikk ut på at fylker og kommuner kunne investere i prosjektet gjennom å kjøpe gjeldsbrev. Som motytelse





skulle deretter de samme fylkene og kommunene få fortrinnsrett til kjøp av Tokkekraft på gunstige vilkår. Denne finansieringsmodellen var spesiell i den forstand at den avvek vesentlig fra tidligere prinsipper for statlige utbyggingsprosjekter.

Ved inngangen til 1960-årene oppstod det et stadig sterkere behov for å få overført elektrisitet mellom landsdelene, hovedsakelig for å styrke forsyningssikkerheten i elsystemet, men også som en garanti for å sikre avsetning for egen kraft. Dette ble ikke minst viktig i forholdet mellom Vestlandet, der hovedtyngden av de statlige fallrettighetene i Sør-Norge lå, og Østlandet der det største forbruksgrunnlaget fantes. Man ønsket å bygge et sterkere system av stamledninger med stor overføringskapasitet mellom landsdelene, og i dette systemet ble ledningene ut fra Tokke svært viktige.

Frem til Tokkeutbyggingen var 220 kV det høyeste spenningsnivået på det norske ledningsnett. Når de økte kraftmengdene skulle føres ut fra Tokke, ble man imidlertid nødt til å tenke nytt. Et moment var at kraftmengdene fra Tokke ville trenge et stort antall ledninger dersom de skulle ha blitt overført med 220 kV. Et annet moment var at overføringsnett i Norge tidligere hadde blitt drevet med

Tokke 1 kraftverk, med portalhus og muffehus, slik det fremstod ved idriftsettelsen i 1961. Fra kraftverket går det ledning opp til et utendørs koblingsanlegg, og herfra går det ledning mot Rød. Foto: Statkraft

isolert nullpunkt og jordslutningsspole. Dette kunne fungere for 220 kV inntil dette nettet nådde en viss størrelse, og denne grensen ble overskredet med byggingen av ledningsnett ut fra Tokke. Ved overgang fra et spolejordet til et fast jordet system blir isolasjonsnivået slik at 300 kV med fast jordet nullpunkt isoleres omtrent som 220 kV med spolejordet. Under Tokkeutbyggingene ble det derfor besluttet å innføre 300 kV som et fast jordet system. Dette spenningsnivået skulle etter hvert bli utbredt som stamledningssystem i Norge, noe som igjen førte til større overføringskapasitet og lavere overføringstap enn tidligere.

Tokke-Rød ble 22. august 1961 den første ledningen i drift ut fra Tokke 1, og dermed Norges første på det nye spenningsnivået 300 kV. Idriftsettelsen skjedde samtidig som det første aggregatet i Tokke 1 kraftverk ble satt i gang. Dette ble markert med en høytidelig seremoni der statsminister Einar Gerhardsen fikk æren av å trykke på knappen som startet produksjonen. Ledningen fra Tokke til den samtidig idriftsatte transformatorstasjonen på

1) Se også egen beskrivelse av Flesaker transformatorstasjon

Rød, førte umiddelbart til en vesentlig forbedring i den sydlige delen av overføringssystemet på Østlandet.

Videre ble det i løpet av 1962 bygget ledning fra Tokke til Flesaker i Buskerud¹, der denne delte seg i to, med én overføring mot Oslo og én via Røyken



Statsminister Einar Gerhardsen foretar den offisielle åpningen og idriftsettelsen av Tokke 1 kraftverk og ledningen til Rød. Foto: Statkraft

og Oslofjorden til Tegneby i Østfold. Denne overføringen forsterket forbindelsen mellom de viktige forbruksområdene øst og vest for Oslofjorden. Den siste viktige ledningen ut fra Tokke ble satt i drift i 1965, og gikk vestover til Førre i Rogaland. Gjennom dette fikk man en sterk øst-vest forbindelse i Sør-Norge.

I 1970 ble Sundsbarm kraftverk satt i drift omkring 3,5 mil øst for Tokke 1, ikke langt fra der ledningen mot Rød passerer. Det ble derfor i denne forbindelse bygget en T-avgrening like nord for Sundsbarm, der kraften fra dette produksjonsanlegget kunne føres inn på ledningen Tokke–Rød. Utover dette har ledningen, bortsett fra enkelte tekniske oppgraderinger, stort sett stått uforandret frem til i dag.

Teknisk utførelse

Fra transformatorene i kraftverket Tokke 1 går Tokkeledningene som 300-kilovolts luftledninger, med linetype FeAl 481, opp til et utendørs koblingsanlegg ca en kilometer oppover i lia ovenfor kraftverket. Årsaken til dette er at terrenget ved selve kraftverket er for bratt og ulendt for å kunne bygge et utendørs koblingsanlegg. I koblingsanlegget er alle ledningsføringer og samleskinner utført med dupleksledere i 20 cm avstand. Fra koblingsanlegget går det ledninger vestover mot Førre, nordover via Vinje (Tokke 2) til Songa (Tokke 3) og østover mot Flesaker, i tillegg til ledningen mot Rød.

Ledningen Tokke–Rød er 105 kilometer lang, med strømførende liner FeAl



Detalj av lineoppheng i mast på Tokkeledningene. Dette bildet er fra ledningen Tokke–Flesaker. Foto: Statnett



481 med en diameter på 38,25 mm. De 277 mastene er portalmaster i stål stående på betongfundament. Mastene er for det meste 25-35 meter høye, og gjennomsnittlig spennvidde er om lag 300 meter, men det finnes enkeltspenn på opp mot 800 meter.

De ledningene som videre utover i første halvdel av 1960-årene ble bygget ut fra Tokke, har i all hovedsak de samme tekniske løsningene som ledningen Tokke–Rød.

Tokke–Rød har i det meste av sin tid i drift stått mer eller mindre uforandret, men i de senere årene har det skjedd enkelte tekniske endringer. Gjennom de siste tre-fire årene har man byttet ut håndpressede skjøter og avspenninger med eksplosjonsarmatur. Sommeren 2009 gjennomførte man også en temperaturoppgradering fra 50 til 100 grader tillatt linetemperatur. På grunn av dette ble avstanden fra linene til bakken litt for liten enkelte steder, og man sprengte derfor bort en del fjell og fjernet jord. I noen spenn ble linene strammet inn, og på enkelte master ble hengeisolatorene skiftet ut til såkalte "semi-tension", der isolatorkjedene står vannrett ut fra masten. Alt dette for å øke bakkekklaringen.

Landskap og miljø

Fra kraftverket i Tokke går ledningen rett østover i omkring 50 kilometer. På denne strekningen går den også

Ledningen Tokke–Rød i skogen nord for Rød transformatorstasjon.

Foto: Henning Weyerang-Nielsen, NVE

forbi T-avgreningen til Sundsbarm kraftverk. Ved Reskjem, omtrent halvveis mellom Tokke og Rød, svinger imidlertid traseen til høyre, og fortsetter sørover frem til Rød transformatorstasjon.

Kraftledningen passerer flere fjellområder, og det høyeste punktet ligger på omkring 850 m.o.h. ved Mjåvatn i Morgedal. Ellers går ledningen 700 m.o.h. ved Lifjell. Det værharde terrenget, i kombinasjon med det til da rekordhøye spenningsnivået, førte til at Tokke–Rød ved idriftsettelsen fremsto med større dimensjoner enn noen annen kraftledning i landet. Som en konsekvens av dette kan man nok også si at den, da den ble bygget, må ha blitt oppfattet som et svært dominerende element i sine omgivelser. I dag finnes det en rekke ledninger med like store, og større, dimensjoner enn Tokke–Rød, og slik sett er den ikke lenger like unik i sine dimensjoner. Den fremstår imidlertid fortsatt som et tydelig element i landskapet.

Begrunnelse

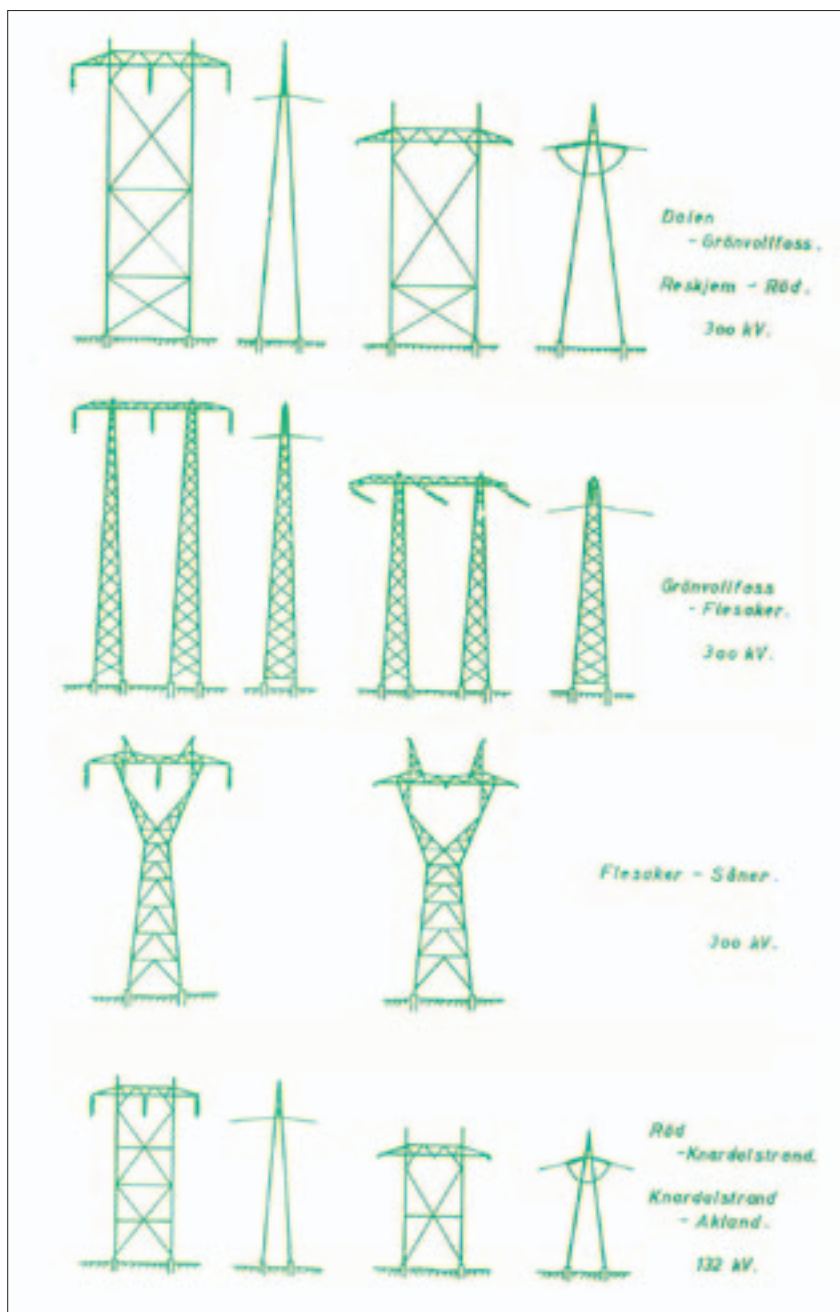
I årene før andre verdenskrig hadde mange vært skeptiske til statlig engasjement i kraftutbyggingen, men etter frigjøringen i 1945 var denne holdningen endret. Landet skulle bygges, og det var både politisk enighet og en alminnelig oppfatning i folket om at

det var statens oppgave å stå i spissen for utbygging av norsk kraftproduksjon og -overføring. Et av de virkelige store statlige prosjektene var Tokkeutbyggingen som, i tillegg til den betydelige ledningsbyggingen, inneholdt syv (i dag åtte) kraftverk, omfattende dambygging, store vassdragsreguleringer og -overføringer og utvikling av hele lokalsamfunn.

I perioden 1945-1960 hadde altså en rekke vannkraftkilder rundt omkring i landet blitt bygget ut. Likevel var det fortsatt mangel på elektrisitet på Østlandet, og forsyningssituasjonen vinteren 1959-60 ble særlig kritisk. Da Tokke-Rød og de andre ledningene fra Tokkeanleggene ble satt i drift, var dette avgjørende for å forhindre store kraftunderskudd på Østlandet. Utbyggingen skjedde også i en periode med stadig sterkere integrasjon mellom ulike samkjøringsområder, og de store overføringsutbyggingene fra Tokke ble helt avgjørende for å flytte betydelige kraftmengder innenfor og mellom regionene i Sør-Norge. Dag Ove Skjold og Lars Thue skriver også i boka "Statens nett" at "Tokke-overføringenes betydning for den videre utvikling av samkjørings samarbeidet på Østlandet i 1960-årene kan antagelig sammenlignes med den rollen Nore-overføringene hadde for utviklingen av samkjørings samarbeidet i mellomkrigsårene"².

Da ledningene fra Tokke skulle bygges, valgte man å legge seg på 300 kV spenningsnivå i et fast jordet system. Ledningen Tokke-Rød ble i 1961 dermed Norges første med dette spenningsnivået, et nivå som gjennom en lang periode skulle komme til å bli det dominerende i det norske stamnettet for elektrisitetsoverføring. I årene som fulgte ble ikke bare en rekke nye ledninger bygget for dette spenningsnivået, men også allerede bestående ledninger, som overføringene fra henholdsvis Hol og Vinstra til Oslo³, ble tidlig på 1960-tallet oppgradert til 300 kV.

Ved bygging av større overføringsanlegg er fremdriften i hovedsak den at man først prosjekterer og stikker ut en trasé, og deretter gjør selve byg-



Ulike mastetyper benyttet på ledninger satt i drift i forbindelse med Tokkeutbyggingen. Portalmastene øverst er i bruk på ledningen Tokke-Rød. Illustrasjon: NVE

ingen i tre trinn: Først støpes mastefundamentene av et arbeidslag, deretter monteres mastene av et annet arbeidslag, og til sist kommer et tredje arbeidslag og tar seg av linestrekkingen.

Det kreves naturligvis enorme mengder utstyr og materialer til et slikt arbeid, og i mange år ble dette fraktet ut ved hjelp av mennesker og hester, og senere også med hjelpemidler som traktorer og beltebiler.

Det var derfor et enormt fremskritt da man for første gang kunne begynne å

ta i bruk helikopter til slike oppgaver. Helikopteret kunne frakte både arbeidere og betydelige mengder tunge arbeidsmaterialer over lange avstander på kort tid, uavhengig av terrengforhold og tilgjengelighet. Under hele Tokkeutbyggingen ble helikopter tatt i bruk i forbindelse med planlegging og prosjektering, og ledningen mellom Tokke og Førre (satt i drift i 1965) ble den første i landet der man

2) Skjold & Thue 2007: 242

3) Se også beskrivelsene av ledningene Hol-Oslo og Nedre Vinstra-Oslo



brukte helikopteret til å fly ferdigbetong og mastestål rett ut til de enkelte mastepunktene.

Tokkeverkene, med Tokke 1 kraftverk som det første, var enestående for sin tid når det gjaldt størrelsen på både de fysiske installasjonene og de økonomiske investeringene. Dette var i tillegg et nasjonalt gjennombrudd innen dataregulert fjernstyring og samkjøring av flere kraftverk.

Ved enden av ledningen Tokke–Rød finner vi Rød transformatorstasjon. Rød ble satt i drift samtidig med Tokke 1 kraftverk, og var, som mottaker av overføringsledningen, Norges første stasjon med transformering fra et spenningsnivå på 300 kV. Stasjonsbygningen i betong fremstår som et godt eksempel på 1960-tallets industriarkitektur.

Viktige momenter:

- stor statlig utbygging
- løste Østlandets kraftkrise
- første ledning på 300 kV
- meget viktig for samkjøringen
- pionerarbeid med helikopter
- Tokke 1 kraftverk
- Rød transformatorstasjon
- finansieringen

Ledningen tas inn ved Rød transformatorstasjon. Anlegget er et godt eksempel på etterkrigstidens industriarkitektur. Foto: Henning Weyergang-Nielsen, NVE

Kilder

Litteratur:

Industridepartementet (1952): *Om utbyggingen av elektrisk kraft*. St. meld. nr. 38/1952.

Lurås, Ragnar (2006): *Ljos og kraft til alle heimar – historia om Tokkeanlegget, eit 50 års minne*. Skien: TelemarksMagasinet.

NVE-Statskraftverkene (1961): *Tokke*. Oslo: Statskraftverkene hustrykkeri.

Skjold, Dag Ove & Thue, Lars (2007): *Statens nett – systemutvikling i norsk elforsyning 1890-2007*. Oslo: Universitetsforlaget.

Solem, Arne & Vogt, Fredrik (1966): *Norske kraftverker – Bind 2*. Oslo: Teknisk ukeblads forlag.

Vogt, Johan (1971): *Elektrisitetens land Norge*. Oslo: Universitetsforlaget.

Muntlige kilder:

Øyvind Bærhaugen, Statnett SF

Erling Diesen, tidl. vassdrags- og energidirektør

Hasle – Borgvik

I dag er 420 kV normalt spenningsnivå ved nye utbygginger i sentralnettet. Da ledningen mellom Hasle i Østfold og Borgvik i Sverige ble satt i drift i 1963, var denne imidlertid med klar margin Norges første på dette spenningsnivået. Dette var også Østlandets første kraftforbindelse med utlandet.

I årene rundt 1950 ble det drøftet en rekke forslag til bygging av kraftforbindelser mellom Norge og Sverige, med videre forbindelse også til det danske nettet. Flere av forslagene hadde som utgangspunkt at ledningens endepunkt på norsk side skulle plasseres i Østfold. Blant annet ønsket NVEs direktør Fredrik Vogt å bygge ut en 120 kV-ledning mellom Glommaverkene og Jössefors. Svenskene og danskene syntes at dette forslaget var for smått, og foreslo i stedet at danskene skulle bygge en 220 kV-ledning fra Ulven i Oslo sørøstover til svenskegrensen. Svenskene skulle deretter finansiere en tilsvarende 220 kV-ledning videre til Trollhättan, og Norge skulle betale avgift for bruken

av denne. Vogt var imidlertid skeptisk til om dette forslaget var av særlig verdi for Norge, og alle de tidligste planene ble i tur og orden lagt vekk. Det ble i stedet Sør-Trøndelag som ble arena for den første ordinære norske kraftoverføringsledningen til Sverige, da Nea-Järpstrømmen¹ ble satt i drift høsten 1960.

Planene om en overføring mellom Østfold og Sør-Sverige ble imidlertid tatt opp igjen i forbindelse med Tokkeutbyggingen tidlig på 1960-tallet, aktualisert av de mulighetene disse kraftverkene hadde for magasinering

av sommerkraft og levering av vintertoppkraft. Samtaler mellom Statskraftverkene og Kungliga Vattenfallsstyrelsen i Sverige kom i gang, og man startet nettmodellmålinger for å undersøke stabilitetsforhold og valg av spenning på overføringen. Det foregikk også en viktig diskusjon om potensielle endepunkter i begge land.

Når det gjaldt endepunktet på norsk side, hadde A/S Hafslund allerede planer om en 300 kV-ledning fra Tegneby i Akershus til en transformatorstasjon på Navestad. I forbindelse med planene om en overføring til Sverige ble saken tatt opp på nytt, og i samarbeid med Hafslund ble stasjonen flyttet fra Navestad til Hasle for å få en bedre

1) Se egen beskrivelse av ledningen Nea-Järpstrømmen





trasé for ledningen til Sverige og for å få bedre plass på selve stasjons-tomten². NVE-Statskraftverkene overtok finansiering og bygging av hele transformatorstasjonen. Det svenske endepunktet for ledningen fra Hasle ble lagt til Borgvik i Värmland.

På dette tidspunktet hadde Sverige et samkjøringsnett på 420 kV, mens Norge var i ferd med å bygge ut sitt 300 kV-nett. Spørsmålet ble derfor hvorvidt man skulle bygge ledningen for 300 kV eller 420 kV, og dermed også på hvilken side av grensen transformeringen mellom disse spenningsnivåene skulle foregå. Statskraftverkene og Vattenfall ble enige om å dele utgiftene knyttet til selve transformeringen, slik at man kunne treffe avgjørelsen om spenningsnivå på overføringen kun ut fra tekniske synspunkter. Saken endte derfor slik at man valgte 420 kV som spenning på ledningen, med transformering på Hasle. Hasle-Borgvik ble med dette Norges første kraftoverføring på dette spenningsnivået.

Byggingen av ledningen ble i all hovedsak gjennomført i 1962-63. Et av de største problemene under byggingen

var at man ennå ikke hadde fristrek-utstyr, til bruk ved uttrekking av topp- og faseliner. Fristrekkutstyr vil si at det på trommelplassen står en brems som linen trekkes gjennom. Her bremses det da tilstrekkelig til at linen ikke berører bakken når den blir vinsjet frem til den andre enden. Mangelen på fristrekkutstyr medførte mye arbeid med å legge under kvist og trevirke for å unngå at linene ble skadet når de ble dratt ut gjennom terrenget. Likevel ble det en del overflateskader på linene.

Til tross for de rekordstore dimensjonene gikk arbeidet ellers stort sett uten særlige problemer. Den 20. august 1963 var alt klart, og Hasle transformatorstasjon og 420 kV-ledningen til Borgvik kunne settes i drift. Norge hadde altså brutt en ny barriere i spenningsnivå, kun to år etter at Tokke-Rød³ hadde blitt Norges første 300 kV-ledning.

Selv om forbindelsen Hasle-Borgvik var sterk, utgjorde den en relativt "tynn tråd" mellom de to tunge net-

2) Se egen beskrivelse av Hasle transformatorstasjon

3) Se egen beskrivelse av ledningen Tokke-Rød

Fra Hasle transformatorstasjon går ledningen Hasle-Borgvik østover mot Sverige. Hasle-Borgvik til venstre i bildet. Til høyre ser vi ledningen Hasle-Halden fra 1979. Foto: Henning Weyerengang-Nielsen, NVE

tene i Sverige og Sør-Norge. Endringer i last på den ene eller andre siden førte til endringer i overført effekt på mellomriksforbindelsen. For å hindre både utfall pga. overlast og avvik fra avtalt kraftutveksling, ble det installert en effektmåling på ledningen i Hasle med overføring av måleverdiene til generatorene i Tokke kraftverk. Denne regulerte så ytelsen slik at overførings-effekten på Hasle-Borgvik ble holdt innenfor ønskede grenser.

Effektreguleringen medførte for øvrig en meget ujevn produksjon i Tokke kraftverk, med hyppige opp og nedkjøring. Som følge av dette ble det i 1973 installert en datamaskin i Tokke som til enhver tid fordelte last og last-avvik mellom alle aggregatene i kraftverkene Tokke, Vinje og Songa på en optimal måte. Dette var verdens første datamaskinstyring av produksjonen i en kraftverksgruppe i lukket sløyfe.

Mens den første kraftforbindelsen mellom Norge og Sverige (Nea-Järp-

strømmen fra 1960) ble bygget hovedsakelig med tanke på kraftsalg fra Norge til Sverige, var det samkjørings- og utvekslingshensyn som var den viktigste motivasjonen bak byggingen av Hasle–Borgvik. Man ønsket gjensidig utnyttelse av de naturlige forskjellene i produksjonsmønsteret i svenske og norske kraftverk. Dette arbeidet har senere blitt utvidet gjennom flere nye utenlandsforbindelser

Teknisk utførelse

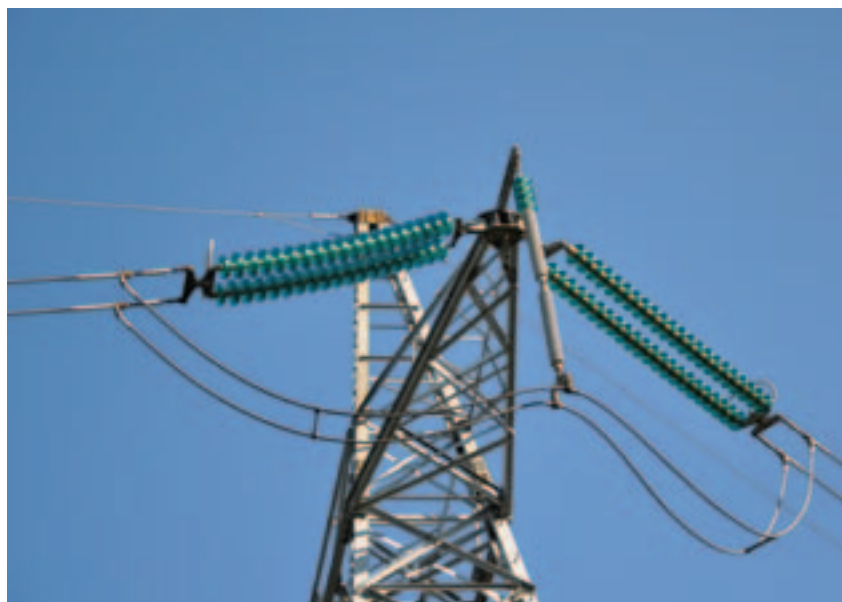
Ledningen Hasle–Borgvik er 105 kilometer lang, hvorav 38 kilometer mellom Hasle og riksgrensen. Den har innvendig bardunerte portalmaster i stål stående på betongfundament. Disse mastene er konstruert etter samme prinsipp som mastene på de fleste av Statskraftverkernes 300 kV-ledninger fra samme periode, men dimensjonene er noe større. Hasle–Borgvik har stålaluminium duplex-liner av type FeAl 2×326, og to stk jordliner.

Ledningen fikk, som den første i landet, et spenningsnivå på 420 kV. Dette spenningsnivået var allerede etablert i Sverige og ble videreført på denne overføringen til Norge. Dette betød langt lavere energitap på ledningen. Transformeringen ned til det norske 300 kV-nettet skjedde på Hasle, og det ble derfra bygget ledning videre til Tegneby.

Landskap og miljø

Fra Hasle går ledningen rett østover, gjennom lavtliggende jordbruks- og skoglandskap. Etter 38 km når den riksgrensen mot Sverige. På svensk side av grensen fortsetter ledningen videre rett østover i omkring syv mil, til Borgvik transformatorstasjon ved innsjøen Lilla Värmeln, omkring tre mil vest for Karlstad. Terrenget på svensk side består, som på norsk side, av mye lavtliggende jordbruks- og skoglandskap. I tillegg passerer ledningen også en rekke mindre innsjøer.

Planleggingen av Hasle–Borgvik omfattet ikke særlige miljøtilpasnings tiltak ut over normal konsesjonsbehandling. Da ledningen ble bygget, var dette den størst dimensjonerte ledningen i landet, og den er fortsatt i den gruppen av våre kraftledninger



som har de største dimensjonene. En ledning på 420 kV er i seg selv et betydelig naturinngrep, og fordi mye av traseen går gjennom skogområder, blir også kraftgatene meget synlige. Samtidig berører denne ledningen i liten grad verken bebyggelse eller spesielt verdifulle landskapsområder, og slik sett kan trasévalget sies å være fornuftig.

Begrunnelse

Den internasjonale utvekslingen av elektrisk kraft gjennom de siste 50 årene har integrert Norge og omverdenen i et felles sammenhengende kraftoverføringsnett. Dette arbeidet har vært av meget stor betydning for stabiliteten og leveringssikkerheten i nettet, og det har lagt til rette for langt mer forutsigbare kraftpriser. De første ledningene for norsk kraftutveksling med utlandet gikk over svenskegrensen. Ledningen Nea–Järpstrømmen var den første, men ikke lenge etter fulgte Hasle–Borgvik.

Ledningen mellom Hasle og Borgvik var ved idriftsettelsen i 1963 den eneste direkte forbindelsen mellom det svenske og det sørnorske nettet, og den var helt frem til siste halvdel av 1970-årene Østlandets eneste kraftledning direkte forbundet med utlandet. Samtidig ga denne ledningen, sammen med ledningen som var i drift ett år tidligere mellom Østlandet og Trøndelag, mulighet for å kjøre ringdrift Sverige–Østlandet–Trøndelag–Sverige.

Detalj av lineoppheng med isolator-kjeder og armatur

Foto: Henning Weyergang-Nielsen, NVE

Fra slutten av 1970-tallet og utover i 1980-årene begynte NVE for alvor å bygge ut et sentralnett på 420 kV i Norge, men ledningen Hasle–Borgvik ble altså satt i drift med slik spenning nesten to tiår tidligere. I første halvdel av 1960-årene valgte man å oppgradere det norske nettet fra 220 til 300 kV, med ledningen Tokke–Rød i drift i 1961 som den første på dette nivået. Men kun to år etter Tokke–Rød ble altså Hasle–Borgvik bygget med 420 kV. Ledningen var med andre ord et pionerprosjekt for sin tid. De erfaringene



Fundament for ledningens endemast ved Hasle transformatorstasjon

Foto: Henning Weyergang-Nielsen, NVE



man tilegnet seg under arbeidet med Hasle-Borgvik var også helt avgjørende for at man kunne utrede ideen om videre utbygging av et kraftoverføringsnett på 420 kV i Norge.

Endepunktet for ledningen på norsk side er som nevnt Hasle transformatorstasjon. Stasjonen, som dermed også ble landets første med en primærspenning på 420 kV, har vært et midtpunkt for den teknologiske utviklingen innen kraftoverføring i Norge gjennom et halvt århundre. Kontrollbygget fikk i tillegg et noe mer påkostet arkitektonisk uttrykk enn de fleste andre av etterkrigstidens større transformatorstasjoner.

Viktige momenter:

- tidlig utenlandsforbindelse
- første i Norge med 420 kV
- en forløper for dagens sentralnett
- forlengelse av Tokke-utbyggingen
- Hasle transformatorstasjon
- finansieringen

Det omfattende kontrollanlegget på Hasle ble levert av A/S Per Kure og bestod opprinnelig av i alt 69 tavlefelt. Herfra kunne man styre alle brytere og apparater på stasjonen og dermed også kraften på ledningen Hasle-Borgvik. Kontrollanlegget er nylig faset ut til fordel for et nytt og moderne anlegg.

Foto: Henning Weyergang-Nielsen, NVE

Kilder

Litteratur:

Diesen, Erling (2001): Krafthandel over landegrensene. I Rønningsbakk, Kjell (red.): *Balansekunst – Statnett 10 år*, s. 121-130. Oslo: Statnett.

Hauge, Ommund (1963): Hasle transformatorstasjon. En oversikt. I særtrykk av *Elektroteknisk tidsskrift* nr. 32/1963: 1-10.

Lalander, Sven (1961): Förutsättningar för det norsk-svenska kraftsamarbetet. *Fossekallen*, Nr. 1, 1961: 3-5.

Muntlige kilder:

Bjarne Aamold, Statkraft

Vidar Amundsen, Statnett SF

Bjørn Brekken, Statnett SF

Erling Diesen,

tidl. vassdrags- og energidirektør

Hans Haakon Faanes,

tidl. professor i elkraftteknikk ved NTH/NTNU

Harald Hilde, Statkraft

Terje Rokås, tidl. Statnett.

Tunnsjødal – Strinda

“Den store overføringen” blir den kalt, den omfattende reguleringen av flere innsjøer i fjellbygdene i Indre Namdalen fra begynnelsen av 1960-tallet. Kraftverkene som ble bygget i den forbindelse leverte strøm ut på en ny 300 kV-ledning som gikk gjennom hele Nord-Trøndelag og inn i Sør-Trøndelag. Dette var første ledd i en såkalt stamledning som senere ble videreført sørover mot Østlandet og nordover til Nordland.

Namsen – “elvenes dronning” – har sine kilder sør for Børgefjell i Nordland fylke. Hele strekningen er rundt 23 mil lang. Fra Namsvatnet, omkring 440 meter over havet, renner hovedelva nedover Namdalen til utløpet i Namsenfjorden og Norskehavet ved Folda. Elva har en rekke fosser og til løp fra flere sideelver, og er det største vassdraget og den viktigste kraftkilden i Nord-Trøndelag fylke. I de midtre delene av strekningen ligger fire elvekraftverk som er bygget i løpet av rundt 30 år: Nedre Fiskumfoss ble satt i drift i 1946, deretter fulgte Aunfoss i

1959, Åsmulfoss i 1971 og Øvre Fiskumfoss i 1976.

I de øvre delene av vassdraget – i Indre Namdalen – ble det gjennomført en storstilt kraftutbygging i årene 1960–1965. Samtidig med denne utbyggingen ble det strukket en 300 kV-ledning fra Tunnsjødal sørover til Strinda i Sør-Trøndelag. Før vi går nærmere inn på denne ledningen, tar vi et tilbakeblikk på kraftutbyggingen og dens forhistorie.

På begynnelsen av 1950-årene begynte mangelen på kraft i Nord-Trøndelag å

bli merkbar, og dette hemmet industriutbyggingen og næringslivets utvikling. Etter hvert som stadig flere ble tilkoblet strømmettet, klarte ikke det fylkeseide Nord-Trøndelag Elektrisitetsverk (NTE) å holde tritt med det økende forbruket. Follavassdraget, der NTE hadde satt i drift sitt første kraftverk Follafoss¹ i 1923, var utnyttet for fullt, og i Namsen var Fiskumfossen på det meste utbygget. NTE kom frem til at det var nødvendig å ta fatt på utbygging i Øvre Namsen.

1) Om Follafoss kraftverk: Se beskrivelsen av ledningen Follafoss–Steinkjer



Det var en omfattende plan som ble lagt frem for det ekstraordinære fylkestinget i Nord-Trøndelag høsten 1958. Egentlig var det en gammel plan fra 1919–1920 om full utbygging av Namsenvassdraget som NTEs direktør Alf Haaland nå hadde tatt frem og bearbeidet. Prosjektet, som fikk betegnelsen "den store overføringen", gikk ut på å endre den naturlige vannveien nedover Namdalen ved å lede det allerede oppdemte Namsvatnet i en annen retning via Vekteren og Limingen til Tunnsjøen og tilbake til Namsen igjen. I 1959 ga Stortinget tillatelse til å gjennomføre overføringen av vann og regulering av Vekteren og Limingen.

Utbyggingen var beregnet å koste hele 200 millioner kroner. Opprinnelig var tanken at Nord-Trøndelag fylke skulle være eneeier av kraftverkene, men dette måtte gis opp. Løsningen ble at fylket ved NTE og staten ved NVE gikk sammen om utbyggingen, og i 1958 ble sameiet Kraftverkene i Øvre Namsen (KØN) etablert med NTE og NVE som eiere av femti prosent hver.

KØN bygget fire magasinkraftverk, tre i Norge og ett i Sverige. Det første var Linvasselv som ble satt i drift i 1962, og som var halvparten norsk og halvparten svensk. Selve kraftstasjonen ligger i den sørøstre enden av Limingen, med utløp til Sverige. Deretter ble kraftstasjonene Tunnsjødal og Tunnsjø satt i drift i 1963, og til slutt Røyrvikfoss i 1965 (se nærmere beskrivelse ved kartet over innsjøene og kraftverkene). NTE har senere blitt eneeier av kraftverkene som KØN bygget på norsk side, mens Linvasselv eies av NTE og svenske E.ON Vattenkraft.

Når fylkestinget i Nord-Trøndelag i 1958 dristet seg til å gå inn for en utbygging som langt ville overgå fylkets behov, var det et vesentlig moment at det store selskapet Hafslund hadde planer om å flytte sin karbidfabrikk fra Østfold til Verdal i Nord-Trøndelag. Her var det snakk om store kraftmengder og en kontrakt for kraftlevering i 30 år fremover. Nå ble det ikke noen karbidfabrikk i fylket, men KØN fikk likevel avsetning på kraften. Nordenfjeldske Kraftsambands forsyningsområde trengte mer kraft, og



"Den store overføringen": Øvre Namsen er stengt av ved en dam i Namsvatn og ført i tunnel via Vekteren over til Limingen. Et fall på 28 m blir utnyttet i Røyrvikfoss kraftverk. Fra sørenden av Limingen fører en kort tunnel over til Tunnsjøen. Fallet på 60 m blir utnyttet i Tunnsjø kraftverk. Fra Tunnsjøen går det tunnel ned til Tunnsjødal kraftverk, der fallet på 250 m blir utnyttet. Så renner vannet ut i Namsen igjen. På svensk side ligger Linvasselv kraftverk, som utnytter det avløpet som Sverige har krav på. Illustrasjon hentet fra boka *Vannkraft i Norge* (1992), s. 43



Røyrvikfoss er et av kraftverkene som ble bygget av Kraftverkene i Øvre Namsen. Foto: Sissel Riibe, NVE

snart var en enda større kraftkrevende bedrift enn karbidfabrikken på trappene. I 1966 startet Nordenfjeldske Treforedling (senere Norske Skog) en ny, stor papirfabrikk på Fiborgtangen i Skogn. I årene som fulgte skulle fabrikkene komme til å få bruk for all den kraften som kunne skaffes til veie.

Samtidig med kraftverkene ble det bygget flere kraftledninger. I tillegg til 300 kV-ledningen sørover fra Tunnsjødal, ble det bygget en rekke lokale ledninger mellom kraftverkene for å få en så effektiv samkjøring som mulig. 300 kV-ledningen fra Tunnsjødal til Strinda var første ledd av det som senere ble del av en stamledning fra Østlandsområdet over Trøndelag til Rana i Nordland. Denne ledningen ble bygget av NVE. I 1963 var strekningen fra Tunnsjødal til Eidum i Stjørdal bygget ferdig, og året etter var den bygget frem til Strinda utenfor Trondheim.

I 1968 ble 300 kV-ledningen forlenget nordover fra Tunnsjødal via Marka til Nedre Røssåga, og på begynnelsen av 1970-tallet ble det strukket en 300 kV-ledning sørover fra Strinda mot Aura og videre mot Vågåmo. Derfra var det tidligere bygget en 300 kV-ledning videre nedover Østlandet. I dag er stamledningen en del av sentralnettet og eies av Statnett SF.

Teknisk utførelse

300 kV-ledningen sørover mot Strinda starter ved et stort koblingsanlegg i friluft utenfor Tunnsjødal kraftstasjon. Ledningen fra Tunnsjødal via Verdal til Eidum transformatorstasjon i Stjørdal ble satt i drift sommeren 1963, samtidig med Verdal transformatorstasjon. Der ble det etablert forbindelse mellom NTEs 66 kV-nett og NVEs 300 kV-nett, og fra da av ble driftsforholdene i Nord-Trøndelag betydelig bedre.

Nord-Trøndelag hadde for øvrig fått sin første samkjøringsforbindelse med resten av Midt-Norge i 1953. Den gikk over en 66 kV-ledning fra Åsen til Eidum transformatorstasjon, der det var tilknytning til NVEs 132 kV-ledning – den såkalte Trøndelagslinjen –



Standard portalmast av stål. Foto: Sissel Riibe, NVE



Detalj av mast med travers, hengeisolatorer, simplexlinjer og toppliner. Foto: Sissel Riibe, NVE



fra Aura-anleggene på Sunndalsøra. Før den tid var man helt avhengig av at egne kraftstasjoner kunne greie å dekke strømforbruket.

Transformatorstasjonen i Verdal var prosjektert for å levere kraft til NTE og Hafslunds planlagte karbidfabrikk, men da det ikke ble noe av den fabrikk, ble den elektriske installasjonen noe redusert. Senere ble 66 kV-koblingsanlegget i stasjonen utvidet for å forsyne den nye papirfabrikken i Skogn som startet opp i 1966.

Strekningen Tunnsjødal–Verdal ble kjørt med 300 kV spenning fra første dag, mens Verdal–Eidum den første tiden ble kjørt med 132 kV spenning. Ledningen fra Eidum transformatorstasjon til Strinda transformatorstasjon ble satt i drift i 1964, og denne ble også drevet med 132 kV den første tiden. I 1966 var Strinda transformatorstasjon utvidet for å kunne øke kraftleveringen til Trondheim, og for å transformere fra 300 kV. Fra da av

Traseen går gjennom karakteristisk nordtrøndersk landskap med skog, myr og fjell. Noen kilometer sør for Tunnsjødal kraftverk følger ledningen myrdraget mellom det 860 m høye Søre Litlfjellet, som vi ser på bildet, og Heimdalshaugen, 1159 moh. Foto: Sissel Riibe, NVE

ble spenningen på strekningen Strinda–Verdal hevet til 300 kV.

Transformatorstasjoner og koblingsanlegg knyttet til ledningen Tunnsjødal–Strinda er også senere utvidet og bygget noe om, blant annet i forbindelse med at 300 kV-ledningen ble forlenget nordover fra Tunnsjødal og sørvestover fra Strinda. I tillegg er andre ledninger også koblet til. Vi går ikke nærmere inn på disse arbeidene her.

Ledningen Tunnsjødal–Strinda er bygget med standard fagverksmaster av stål, levert av firmaene Jarlsø og Alfr. Andersen. Mastene er konstruert for tre strømførende liner (én kurs) og to toppliner. Det er strømførende simplex-liner av type FeAl 1x481 mm². Bæremastene har hengeisolatorer med dobbelt hengekjede. Det er ikke foretatt større endringer på ledningen siden den ble bygget, men det er

skiftet ut en del skjøter på linene og ellers gjennomført ordinært vedlikehold. Det har vært en stabil ledning med lite feil. Mastebildet er det samme som da ledningen var ny i 1963–1964.

Landskap og miljø

Ledningen fra Tunnsjødal til Strinda er vel 20 mil lang. Traseen går i hovedtrekk i sør-sørvestlig retning gjennom Nord-Trøndelag og dreier litt mer mot vest den siste strekningen inn i Sør-Trøndelag. Fra koblingsanlegget utenfor Tunnsjødal kraftstasjon i øvre del av Namdalen går ledningen gjennom karakteristisk nord-trøndersk landskap med mye skog, myr, fjell og landbruksbygder. Bare i dette fylket måtte det ryddes rundt 9000 dekar med skog langs traseen. Det var ellers et forholdsvis uproblematisk terreng å bygge ledning i.



Tåken letter sør for Verdal. To masterekker på vei sørover gjennom jordbrukslandskap og skog. Foto: Sissel Riibe, NVE

Litt sør for Tunnsjødal krysser ledningen Grøndalselva før den følger myrdraget og dalen mellom det 860 meter høye Søre Litlfjellet og Heimdalshaugen, 1159 meter over havet. Her finner vi ledningens høyeste punkt, omkring 500 meter over havet. Videre sørover krysses den dype Sanderdalen før ledningen fortsetter ned mot den nordøstre enden av Snåsavatnet. Ledningen går øst for Snåsavatnet, først gjennom landbruksområder før den igjen kommer inn i utmark og etter hvert nedover Roktdalen. Så krysses Ogndalen øst for Steinkjer, og ledningen fortsetter videre på østsiden av Leksdalsvatnet før den kommer inn til Verdal transformatorstasjon sør for Verdalselva.

Fra Verdal fortsetter ledningen gjennom utmark, skog og landbruksområder sørover mot Eidum transformatorstasjon på sørsiden av Stjørdalselva. På denne strekningen får den følge av en 300 kV-ledning som ble satt i drift fra Verdal til Klæbu i 1984. Fra Eidum dreier ledningen mer vestover og følger sørsiden av Stjørdalsfjorden frem til Strinda transformatorstasjon sørøst for Trondheim.

Begrunnelse

Prosjektet "den store overføringen", med regulering av innsjøer og bygging av fire kraftverk i Øvre Namsen i første halvdel av 1960-tallet, vitner om et fylkeselektrisitetetsverk som

tenkte stort. Dette var også den mest omfattende og kostnadskrevenne saken som til da var lagt frem for fylkestinget. I sin tid var dette landets største overføringsprosjekt, med utbyggingskostnader på mer enn 200 millioner kroner. Kraftutbyggingen var den desidert største i Nord-Trøndelag, med Tunnsjødal kraftverk som det aller største. Det var dimensjoner over dette anlegget, som delvis ble bygget langt ned i fjellet.

Utbyggingen er et godt eksempel på oppfinnsom planlegging og et godt samarbeid mellom staten ved NVE og Nord-Trøndelag fylke ved NTE, som gjennom sameiet Kraftverkene i Øvre Namsen (KØN) delte likt på utgifter og

inntekter. Det er også et eksempel på godt samarbeid over landegrensen.

Overføringsledningen fra Tunnsjødal til Strinda med tilknyttede transformatorstasjoner hadde stor betydning ikke bare for elektrisitetsforsyningen i Nord-Trøndelag, men også for hele Nordenfjeldske Kraftsambands forsyningsområde – som omfattet Møre og Romsdal, Sør-Trøndelag og Nord-Trøndelag. Ledningen ble også viktig for å få levert nok kraft til papirfabrikken på Fiborgtangen.

Dette var første ledd av 300 kV-ledningen som etter hvert ble bygget nordover til Rana og sørover mot Østlandet, der det var tilknytning til Østlandets tidligere utbygde kraftnett. Kraftledningen har standard portalmaster av stål, som er den mest brukte mastetyper i sentralnettet i Norge. Dette er slik sett en helt vanlig ledning med et mastebilde som vi kjenner igjen over hele landet. Ledningen har opprinnelig materiell fra

1963–1964, og den viser dermed hvordan en ledning bygget på denne tiden kunne se ut. Og anlegget representerer ikke minst ledningsbyggervirksomhetens storhetstid i Norge.

”Den store overføringen” er en historie med mange aspekter, og de som bodde og levde i området ble naturligvis veldig berørt av dette krafteventyret. Fjellbygdene Nordli og Røyrvik i Indre Namdalen ble preget i mange år av kraftutbygginger som medførte store inngrep i både samfunnet og naturen. Det var spesielt to menn som gikk i bresjen for å ivareta fjellbygdernes interesser i kraftutbyggingssaker: den ene var ”høvdingen” Petter Vekterli, ordfører i mange år i Røyrvik, den andre var Ola H. Kveli, ordfører i Nordli og senere fylkesmann i Nord-Trøndelag. De to ble etter hvert drevne forhandlere og klarte å kjempe frem erstatningsordninger som en motytelse for at fjellbygdene ga av sine naturressurser til sentrale strøk.

Viktige momenter:

- ”den store overføringen”
- KØN – Kraftverkene i Øvre Namsen
- tre kraftverk i Norge og ett i Sverige
- Tunnsjødal kraftstasjon
- samarbeid fylke–stat–Sverige
- fjellbygdene får erstatning
- kraft til storindustri og alminnelig forbruk
- stamledning gjennom Trøndelag
- en helt vanlig kraftledning
- transformatorstasjoner i Verdal, Eidum, Strinda

Kilder

Litteratur:

Hjulstad, Ola (1993): *Spenningsens landskap. Kraftproduksjon i Namsen gjennom 50 år*. Nord-Trøndelag Elektrisitetsverk.

Hveding, Vidkunn (1992): *Vannkraft i Norge*. Trondheim: Universitetet i Trondheim – Norges tekniske høgskole.

Krekling, Sigurd (1973): *Nord-Trøndelag Elektrisitetsverk. Utvikling og vekst gjennom 50 år*. Namsos: O. Hojems Trykkeri.

NVE (1969): *Hva skjedde ved Statskraftverkene 1963–1968*. Norges vassdrags- og elektrisitetsvesen.

Rein, Roger og Johansen, Steinar (1999): *Linjer gjennom Nord-Trøndelag*. Steinkjer: Nord-Trøndelag Elektrisitetsverk.

Muntlige kilder:

Leif Brattbakk, Statnett SF

Jostein Mediaa, tidl. Statnett SF

Odd Arnfinn Meek, Statnett SF

Alta – Kvænangen – Nordreisa

Ledningen Alta–Kvænangen–Nordreisa var første ledd i stamledningen mellom Troms og Finnmark, bygget på 1960-tallet i tilknytning til kraftverkene i Kvænangsvassdraget. Utbyggingen sikret elektrisitetsforsyningen til Vest-Finnmark, men kraftforkjempenes drøm om storindustri i Nord-Troms gikk ikke helt i oppfyllelse.

På begynnelsen av 1960-tallet startet en storstilt kraftutbygging i vassdragene som renner ut i fjordbotnen innerst i Kvænangen i Nord-Troms. På samme tid ble nye overføringsledninger, såkalte stamledninger, ført fra Kvænangsbøtn mot Finnmark og Midt-Troms. Utbyggingen av både kraftverkene og stamledningen ble realisert ikke minst takket være de mange kraftforkjemperne i regionen. Vi tar først et tilbakeblikk på forholdene i regionen før utbyggingen kom i gang.

I Nord-Troms gikk etterkrigstidens modernisering av samfunnet langsommere enn i resten av fylket. Dette gjenspeilte seg også i elektrisitetsfor-

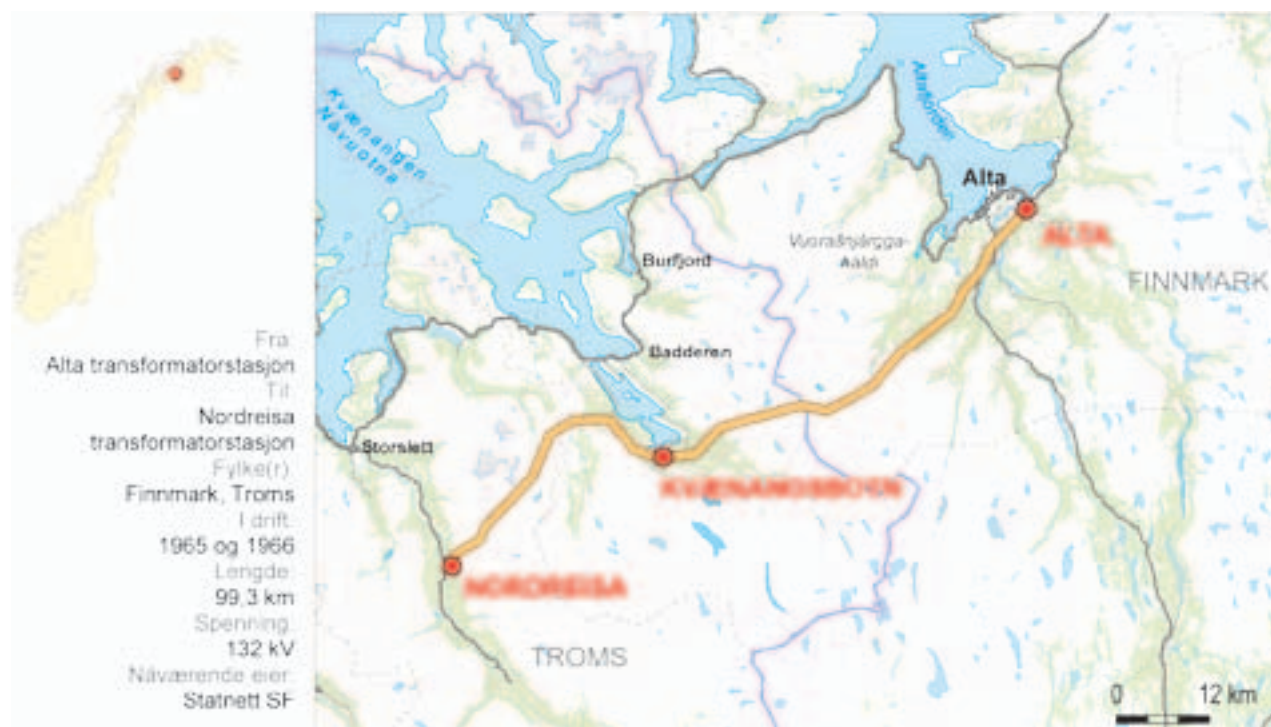
syningen, der det lenge kun var mindre kraftverk som produserte elektrisitet. På slutten av 1950-tallet ble det imidlertid startet en mobilisering for både kraftutbygging og industrietablering, noe man mente var helt nødvendig for å skape arbeidsplasser og økonomisk vekst i en region med begynnende fraflytting. I Nord-Troms ble det gjort mange forsøk på å få bygget et større kraftverk, og likedan på å få kraftkrevende industri til å etablere seg i regionen.

Det så lenge mørkt ut for begge deler, men det lysnet i 1960, da ideen om

1) Om Innset-utbyggingen: Se beskrivelsen av kraftledningen Innset–Kanstadbotn.

å koble kraftutbygging i Nord-Troms til den økende mangelen på elektrisitet i Vest-Finnmark ble lansert. Ideen gikk ut på å bygge en overføringsledning nordover fra Midt-Troms, og dermed knytte Nord-Troms og Vest-Finnmark til samkjøringsnettet som ble etablert der i 1960 i forbindelse med Innset-utbyggingen¹. Nye kraftverk kunne så kobles til dette nettet etter hvert som de ble bygget ut.

Det kom i gang et samarbeid over fylkesgrensa om den videre planleggingen, der både lokale kraftlag og kommunale, regionale og statlige myndigheter deltok. Flere store vassdrag egnet seg for utbygging, og etter en tid med kiving om hvilke som





Den første del av strekningen – fra Kvænangsbotn kraftverk til Alta transformatorstasjon - ble satt i drift i 1965. Mastene har stolper av rundtømmer og ståltraverser (venstre). I 1984 kom den andre ledningen mellom Kvænangsbotn og Alta. Under skoggrensen er det hovedsakelig brukt limtremaster (høyre). Foto: Sissel Riibe, NVE

skulle velges først, gikk man til slutt inn for Kvænangsvassdragene. Planen var at kraften i første rekke skulle leveres til Vest-Finnmark, men en stor andel skulle også reserveres for nye industri tiltak i Nord-Troms. Videre gikk man inn for at distriktene selv skulle stå for ledningsbyggingen, mens kraftverket burde være statens ansvar.

Ni kraftlag i Troms og Finnmark gikk inn for å samarbeide om å bygge og drive en stamledning Bardufoss–Alta–Skaidi. Men det viste seg snart at NVE ikke ønsket å engasjere seg direkte i kraftutbygging i Nord-Troms, og dermed måtte distriktene også løse denne oppgaven selv. I januar 1962 ble det så stiftet to selskaper: AS Kvænangen Kraftlag for kraftutbyggingen, og AS Stamlinje Troms–Finnmark for byggingen av stamledningen. Eierinteressene i de to selskapene ble likt fordelt mellom de to fylkene.

Kraftkildene i Kvænangen var fra naturens side godt egnet til trinnvis

utbygging i takt med økende behov for elektrisitet. Anleggsarbeidet tok til sommeren 1962, og det første byggetrinnet, Kvænangsbotn kraftverk, ble satt i drift høsten 1965. Senere fulgte det i tur og orden tre kraftverk til lenger oppe i vassdragene. Disse fire anleggene utgjør sammen Kvænangen Kraftverk.

Selskapet som skulle bygge overføringsledningen fikk imidlertid en meget kort levetid. I 1963 vedtok nemlig Stortinget at staten selv skulle bygge og eie større stamledninger. Selv om ledningen mellom Alta og Nordreisa i første omgang bare ville ha regional betydning, ville den ved senere utbygging av de andre kraftverkene i området bli en del av hovedforbindelsen fra Troms til Finnmark. NVE tok derfor over byggingen av overføringsledningen, og i 1965 ble AS Stamlinje Troms–Finnmark oppløst.

Strekningen fra Kvænangsbotn kraftverk til Alta transformatorstasjon var første etappe som ble bygget av den

fremtidige 132 kV-stamledningen mellom Midt-Troms og Finnmark. Den ble satt i drift samtidig med kraftverket høsten 1965. Fra Alta ble strømmen ført videre på en 66 kV-ledning til Skaidi, der det var tilknytning til regionalnettet i Vest-Finnmark som var satt i drift noen år tidligere. Nå kunne omtrent hele Vest-Finnmark ta i mot kraft fra Kvænangen, og kraftkrisen var over.

Året etter var ledningen mellom Kvænangsbotn og Nordreisa ferdig bygget, og i 1968 ble den forlenget sørvestover til det som skulle bli Guolasjohka kraftverk i Kåfjord. I 1971 sto NVEs nye transformatorstasjon på Nordreisa ferdig, og der ble regionalnettet i Nord-Troms koblet til stamledningsnettet. Samme år ble det også satt i drift nye 132 kV-forbindelser fra Guolasjohka kraftverk til Midt-Troms, noe som ga et sammenhengende overføringsnett mellom Nordreisa og Vest-Finnmark. Senere ble det bygget en 132 kV-ledning Alta–Lakselv–Adamselv. Det ble da etablert for-

bindelser mellom Vest- og Øst-Finnmark, og i 1974 var dermed hele Nord-Norge nord for Salten samlet til et felles samkjøringsområde.

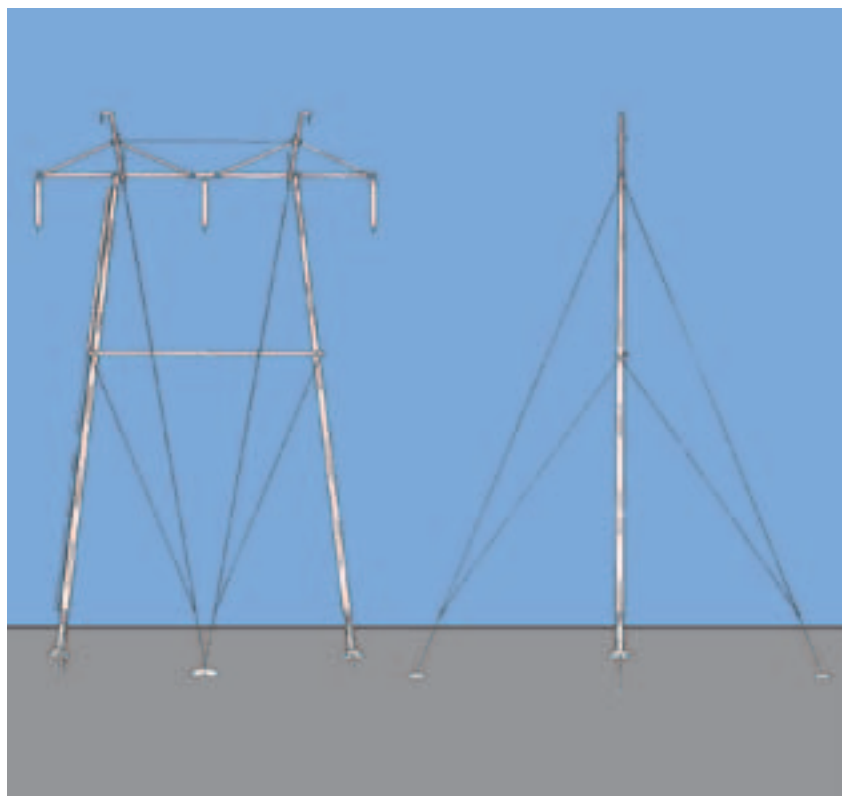
I begynnelsen av 1980-årene holdt kapasiteten på den eksisterende ledningen fra Kvænangsbotn til Alta på å bli sprenget. Dette var den eneste ledningen som knyttet Finnmark til resten av det nordnorske samkjøringsnettet, og for å sikre kraftforsyningen dit, ble denne strekningen forsterket med en parallell ledning i 1984. I 1992 ble det samme gjort på ledningen fra Kvænangsbotn til Nordreisa.

Teknisk utførelse

Ledningen Alta–Kvænangen–Nordreisa er til sammen nesten ti mil lang. Den består av to delstrekninger: den ene fra Kvænangsbotn kraftverk til Alta transformatorstasjon, og den andre fra Kvænangsbotn til Nordreisa transformatorstasjon. Begge strekningene har to masterekker med 132 kV, der den eldste omtales som ledning nr 1 og den nyeste som nr 2.

Den første strekningen som ble bygget, var ledning nr 1 fra Kvænangsbotn kraftverk til en ny transformatorstasjon i Alta. Ledningen ble satt i drift i 1965. Den er 60,5 km lang og har 358 tremaster. Mastekonstruksjonen er portalmaster (H-master) med 15 enkle og resten doble stolper av rundtømmer, og traverser av stål. Strømførende liner er av typen FeAl 150.

Fra Kvænangsbotn til Nordreisa ble ledning nr 1 satt i drift i 1966. Den ble isolert for 132 kV spenning, men drevet med 66 kV frem til 1971, da hele samkjøringsnettet nord for Salten fikk 132 kV spenning. Ledningen har strømførende liner av typen FeAl 150. Den er 38,8 km lang og har 186 tremaster og 28 stålmaster. Opprinnelig var planen å bruke tremaster hele veien, men på åtte km av strekningen var det mye oppstrekking og spesielle klimatiske forhold som gjorde det mer rasjonelt å bruke stålmaster. Tremastene er av samme type som på ledning nr 1 fra Kvænangsbotn til Alta. Ledningen har innføringsvern på de nærmeste mastepunktene ut fra kraftverket i Kvænangsbotn, og tilsvarende



Prinsipptegning av bardunert mast tilsvarende de finske IVO-mastene. Illustrasjon hentet fra boka "Transmission and Distribution" (2003), s. 83

ut fra transformatorstasjonen i Nordreisa. Det ble også bygget med innføringsvern ved Navitdalen, der det var planer om et kraftverk i Navitelva. Innføringsvernet er utført ved at en av de doble stolpene på hvert mastebain stikker opp gjennom traversen og fungerer som toppspir, der topplinen er festet.

Ingeniørfirmaet Tron Horn fra Oslo sto for planleggingen av hele strekningen Alta–Kvænangen–Nordreisa, mens AS Impregnertbygg (senere AS Linjebygg) fra Molde gjennomførte selve byggingen.

Ledning nr 2 fra Kvænangsbotn til Alta ble satt i drift i 1984. Den er 62,2 km lang og har 147 stålmaster og 105 tremaster. Det er brukt stålmaster over skoggrensen, samt ved enkelte lengre spenn og som forankringsmaster. Tremastene er portalmaster (H-master) bygget av kreosotimpregnerte hule firkantstolper av limtre med et avsmalnende tverrsnitt, og med traverser av rektangulære bjelker. Stolpelengdene varierer fra 14 til 26 meter. Stol-

2) IVO står for Imatran Voima Oy, som var et stort elektrisitetsselskap i Finland

pene er satt ned i kumringer som er gravd ned til ca 3,5 meters dybde og fylt igjen med utsprengt tunnelmasse fra kraftverket i Alta. Spennlengdene varierer fra 146 til 447 meter. Limtre-mastene ble levert av Moelven Limtre, mens utførende entreprenør var A/S Betonmast fra Oslo. Ledningen har duplexliner av typen FeAl 185, og den har omtrent dobbelt så stor kapasitet som den gamle.

Ledning nr 2 fra Kvænangsbotn til Nordreisa ble satt i drift i 1992. På den 39,7 km lange strekningen er det 63 stålmaster og 119 tremaster, med flere varianter innenfor disse to hovedtypene igjen. Statnett stod selv for planleggingen. Opprinnelig skulle det brukes finske IVO-master², også kalt "finskemaster", hele veien. De passet imidlertid ikke inn der det var for mye skråterreng. Dermed ble det også brukt flere andre typer, blant annet gaffelmaster av stål og Statnetts vanlige portalmaster i stål. IVO-mastene er bardunerte trapesformede portalmaster med slanke stolper av rundtømmer og ståltravers. Oppå traversen er det to utkragende toppspir som topplinene er festet til. Hver mast har åtte barduner som er forankret i bak-



ken i ledningens midttakse. Stolpene står på betongfundamenter. Strømførende liner er av typen FeAl 380.

Landskap og miljø

De to masterekkene fra Alta til Kvænangsbotn og fra Kvænangsbotn til Nordreisa går stort sett parallelt. Fra Raipas i Alta tar de sørvestover og krysser Altaelva før de kommer inn i Mattisdalen og utmarksområder med skog, vidder og høyfjellsterreng opp mot 700 m.o.h. Fylkesgrensa mot Troms krysses mellom Stuevatn og Baddervatn, og derfra bærer det nedover mot kraftstasjonen innerst i Kvænangsbotn. Fra Kvænangsbotn går ledningene oppover lia og inn Navitdalen mot fjellet. De passerer gjennom Gæiraskardet på rundt 800 m.o.h., like sør for fjelltoppen Rieppe. Ned fra fjellet følger ledning nr 1 Doaresdalen, og ledning nr 2 Gæiradalen, ned til Nordreisa transformatorstasjon på elvesletta i Reisadalen.

De to første ledningene fra 1965 og 1966, med portalmaster av rundtømmer, har en enkel og lite dominerende utforming. Etter at det ble doble masterekker i forbindelse med det andre ledningssettet, førte det naturlig nok til at traseen ble mer synlig i terrenget, blant annet fordi ryddebeltet ble bredere. Da ledning nr 2 fra Alta til Kvænangsbotn skulle bygges først på

Over fjellet mellom Alta og Kvænangsbotn har ledningen fra 1984 stålmaster, mens ledningen fra 1965 har tremaster på hele strekningen. Foto: Ivar Sæveraas, NVE

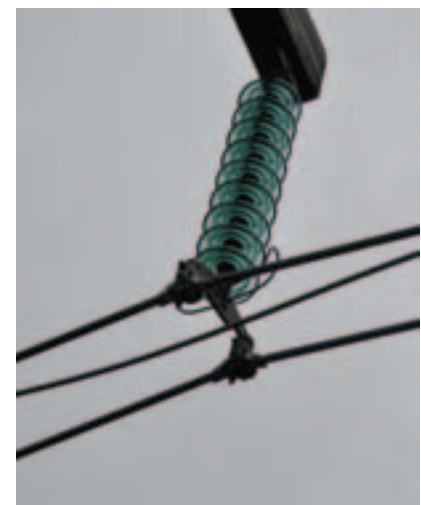
1980-tallet, ble det lagt vekt på å gjøre ledningen minst mulig synlig ved å velge limtremaster under skoggrensen og stålmaster over skoggrensen.

Under byggingen av denne ledningen var det flere utfordringer enn bare de visuelle. Strekningen har enkelte fjellpartier med vanskelig terreng og mye blautmyr, og det er over seks mil uten vei. Stålmastene var kurante å transportere ut med helikopter, mens de lange og tunge limtremastene måtte transporteres på bakken, noe som medførte til dels store skader i veiløst terreng. Uheldige omstendigheter førte dessuten til at en ikke fikk transportert så mye på vinterføre som forutsatt i planene.

Etter at fundamenteringen var påbegynt, ble det i tillegg registrert permafrost, og fundamentutførelsen med jording måtte revurderes. Resultatet ble at graving rundt mastefundamentene økte betydelig. Etter anleggsperioden ble det lagt ned et stort arbeid med å sette terrenget i stand igjen. Det ble lagt vekt på å slette kjørespor, drenere ut vann og gjødsle karrige områder, og resultatene ble etter hvert bra. Denne saken bidro for øvrig sterkt til at det etter hvert ble vanlig praksis at NVE i større kraftledningssaker og ved

bygging i veiløst terreng krevde at det ble fremlagt transportplaner.

Ledningen Alta–Kvænangen–Nordreisa går gjennom reinbeiteområder i både Vest-Finnmark og Nord-Troms. Da NVE i 1981 ga konsesjon for ledning nr 2 på strekningen Alta–Kvænangsbotn, ble det forutsatt at anleggsarbeidet innenfor enkelte områder ble stanset i tiden fra 5. mai til ca 15. juni dersom reinerne krevde det og det var nødvendig av hensyn til reinkalving i området. Under anleggsarbeidet ble det også tatt hensyn til høst- og vårflytting.



Ledning nr. 2 fra Kvænangsbotn til Alta har duplexliner. Foto: Sissel Riibe, NVE



Begrunnelse

Ledningen Alta–Kvænangen–Nordreisa var et viktig ledd i stamledningsnettet som ble bygget mellom Troms og Finnmark på 1960-tallet, og som senere ble en del av sentralnettet. Dette var den første ledningen med 132 kV spenning som ble satt i drift så langt nord i landet, og 132 kV er fortsatt det høyeste spenningsnivået nord for Balsfjord i Midt-Troms.

Utbyggingen av Kvænavassdragene og stamledningen mellom Troms og Finnmark var spesielt viktig for Vest-Finnmark, som i begynnelsen av 1960-årene hadde stor mangel på elektrisitet. Dette sikret kraftforsyningen til Vest-Finnmark, og energibidraget fra Kvænangen Kraftverk mer enn fordoblet den disponible kraftmengden dit i løpet av 1960-årene.

Historien rundt utbyggingen av både kraftverk og stamledning er interessant fordi den gjenspeiler distriktspolitikken på 1950- og 1960-tallet. Den kan knyttes til distriktenes mobilisering for kraft og industri i Nord-Troms og Vest-Finnmark i disse tiårene, i en tid da "hjørnesteinsbedrift" og "kraft avler industri" var distriktspolitiske slagord.

Utbyggingen kom som følge av et godt samarbeid mellom to fylker, på tvers av fylkesgrensene, men resultatet ble nok likevel ikke helt som kraftforkjemperne i Nord-Troms hadde sett for seg. Drømmen om at kraften skulle gå til industrietablering i regionen, og med det sikre sysselsetting og bosetting, gikk ikke i oppfyllelse. Nord-Troms fikk ikke noen storindustri, og regionen ble den minst industrialiserte i fylket. Frem til 1970-tallet ga imidlertid flere kraft-

Til venstre ser vi den første ledningen fra Kvænavassdraget til Nordreisa transformatorstasjon. Den ble satt i drift i 1966. I 1992 ble den andre ledningen på denne strekningen satt i drift. Den har mange forskjellige mastetyper, og mest spesielle er de finske IVO-mastene. Foto: Sissel Riibe, NVE

verksprosjekter og omfattende veiutbygging sysselsetting i mange år, og dette bidro til å opprettholde folketallet i regionen for en tid fremover.

Historien belyser også godt spørsmål som ble tatt opp om hvem som hadde ansvar for å bygge ut kraftverk og stamledninger – staten eller distriktene selv. I dette tilfellet ble resultatet det motsatte av hva man hadde sett for seg i distriktene: Kraftutbyggingen ble ikke et statlig ansvar, men realisert som et samarbeid mellom Troms og Finnmark. Og stamledningen som skulle bygges ut i fellesskap av de lokale kraftlagene, ble i stedet et stat-

lig ansvar. Spørsmålene rundt byggingen av stamledningen mellom Troms og Finnmark førte til at Stortinget i 1963 vedtok at staten selv skulle bygge og eie større stamledninger.

Den etappevise utbyggingen av strekningen Alta-Kvæningen-Nordreisa over en periode på nesten 30 år gjenspeiler utviklingen innen ledningsbygging, og den gir et godt bilde på variasjonen av mastetyper. Her finner vi både vanlige og mer spesielle master. H-mastene av rundtømmer og fagverksmaster av stål hører til den første kategorien, mens limtremaster og "finskemaster" kan sies å være mer spesielle. Ledningen Alta-Kvæningen var en av de første med limtremaster i Norge, bygget bare et par år etter den aller første, ledningen Grana-Orkdal i Sør-Trøndelag³. De finske, bardunerte IVO-mastene på ledningen Kvænan-

3) Se beskrivelsen av ledningen Grana-Orkdal.

gen-Nordreisa er ikke mye brukt i Norge, men de finnes også i Finlandsforbindelsen Varangerbotn-Ivalo. Denne mastetypen er for øvrig vanlig i Finland, der den passer godt inn i de finske skogene.

Viktige momenter:

- distriktpolitikk for kraft og industri
- Kvæningen Kraftverk
- utbygging av stamledninger på 1960-tallet
- knyttet samkjøringsnettet i Finnmark til Troms
- viktig for kraftforsyningen til Vest-Finnmark
- mangfoldig mastebilde
- limtremaster og bardunerte "finskemaster"



På ledningen fra Kvæningen til Nordreisa er det også brukt en del stålmaster. Her en forankringsmast like sør for Kvæningen kraftverk.
Foto: Sissel Riibe, NVE

Kilder

Litteratur:

Digre, Kari (1989): *Energi gir lys og utvikling. Jubileumsberetning for Nord Troms kraftlag A/S*. Nord-Troms Kraftlag A/S.

Ervik, Magnar og Sand, Kjell (2003): *Transmission and Distribution*. Trondheim: Norwegian University of Science and Technology. Hydropower Development, volume no 16.

Glømme, Øystein (1984): Alta-Kvæningen: Kraftledningsmaster i limtre. I *Fossekallen nr 10/1984*: 14-15. NVE.

Kauniskangas, Maarit (2009): *Form and colour in the landscape. History of the Finnish landscape towers*. Helsinki: Fingrid Oyj / Eija Eskelinen, Sami Kuitunen, Tiina Miettinen.

Moelven Limtre AS (udatert): *Kraftledningsmaster i limtre*. Brosjyre.

NVE (1969): *Hva skjedde ved Statskraftverkene 1963-1968*. Norges vassdrags- og elektrisitetsvesen.

Reutz, Anders (1987): *25 år med Kvæningen Kraftverk*. Tromsø: ReklamePlan as.

Robertsen, Odd Smith (1970): *Lys over land*. Tromsø: Troms fylkes kraftforsyning.

Svendsen, Oddvar (1998): *Et felles gode – Kraft og samfunn i Troms gjennom hundre år 1898-1998*. Tromsø: Troms Kraft AS.

Muntlige kilder:

Kjell Arne Kjeldsberg, Statnett
Ivar Sæveraas, NVE

Refsdal - Fardal

For å bygge ut et sammenhengende kraftoverføringsnett i Norge, har det vært nødvendig å krysse en rekke fjorder i lange spenn. Blant disse var kanskje den aller største utfordringen kryssingen av Sognefjorden, som NVE-Statskraftverkene utførte på ledningen Refsdal–Fardal i 1967. Denne ledningen var i tillegg helt avgjørende for samkjøringen på Nordvestlandet.

I årene 1954-1958 bygget L/L Sognekraft Refsdal kraftverk ved Vikafjell på sørsiden av Sognefjorden. Det oppstod imidlertid raskt et behov for utvidelse av dette anlegget, og for å knytte denne kraften sammen med L/L Vestlandske Kraftsambands samkjøringsnett på nordsiden av Sognefjorden. Dette var en oppgave Sognekraft ikke kunne utføre på egen hånd, og selskapet kontaktet derfor hovedstyret i NVE med forespørsel om et samarbeid. I 1963 ble sameiet "Vikfalli", der L/L Sognekraft og NVE-Statskraftverkene hadde henholdsvis 30 og 70 prosent av interessene, etablert. I årene som fulgte bygget Vikfalli et nytt og bety-

delig større Refsdal kraftverk, samt kraftverkene Målset og Hove i samme område.

I samme periode som kraftverkene i Vik-området ble bygget ut, hadde samkjøringsorganisasjonen L/L Vestlandske Kraftselskap (VKS) vokst seg stadig større, og staten, gjennom NVE, var kommet inn som aktør på eiersiden. VKS skulle bygge, eie og drive samkjøringsledninger i området, og det ble viktig å inkludere kraften fra Vikfalli i dette systemet. NVE-Statskraftverkene satte derfor i gang byggingen av en ledning fra Refsdal, via Vik i Sogn, til Fardal transformatorstasjon ved

Sogndalsfjorden på Sognefjordens nordside.

Ledningen ble altså bygget for å skape en forbindelse mellom Vik-området og Vestlandske Kraftsamband. Det aller meste av anleggsarbeidet ble satt bort til L/L Vestlandske Kraftsamband, men NVE-Statskraftverkene stod selv for det kompliserte arbeidet med line-montasjen.

Byggingen av ledningen gikk mer eller mindre etter planen. Helikopter ble til en viss grad brukt for transport av mannskap og materialer til anleggshyttene i fjellet, men i hovedsak



ble anleggsarbeid og transport utført ved hjelp av menneskekraft, taubaner og noe bruk av kjøretøy. Det meste av arbeidet ble utført i løpet av 1965-66, men den vanskeligste utfordringen stod igjen til slutt: Byggingen av spennet over Sognefjorden – verdens dypeste, lengste og mest forgrenete fjord.

Installasjonen av Sognefjordspennet var en helt spesiell milepæl i norsk ingeniørhistorie. I et spenn på 4570 meter, mellom Ramnaberg på sørsiden av fjorden og Fimreiteåsen på nordsiden, ble det installert fire liner i stålaluminium, hver på 47,7 mm i diameter. Hver meter line veier nesten 7 kilo og har en bruddlast på mer enn 100 tonn. I det følgende skal vi ta rask gjennomgang av hvordan dette prosjektet i praksis ble gjennomført.

Ledningen i stålaluminium (FeAl-linen) ble lagt i trommel om bord på NVEs nye spesialfartøy "MS Vestkraft". Trommelen veide da til sammen 38 tonn. På hver side av fjorden ble det montert fire kraftige spennmaster. MS Vestkraft ble forankret på den ene siden. På den andre siden ble det montert en vinsj bak avspenningsmastene. Etter at en lett vaier først ble skutt ut med utskytningsgevær og halt ned fra vinsjen til sjøen, var turen kommet til en 22 mm stålline. En flyteline i lett kunstfiber ble så tauet over fjorden av en lettboat, og ført via blokker tilbake til Vestkraft. Ved hjelp av flytelinen, to hydrauliske vinsjer på Vestkraft og plastballonger under linjen, kunne FeAl-kraftoverføringslinjen deretter hales over fjorden. Taubåter hjalp til med å holde linjen på plass når strømmen i fjorden ble for sterk. Med vinsjen bak avspenningsmastene ble linjen trukket gjennom disse, og så langt bak som nødvendig for å få hele FeAl-linen ut av trommelen om bord på Vestkraft.

Samtidig med dette ble det trukket to lette vaiere fra avspenningsmastene på Vestkraft-siden, slik at man fikk en rundkjøring med båten, via to master, og rundt blokker forankret bak mastene. Den lette vaieren ble så skiftet ut slik at man fikk en rundkjøring av 30 mm vaiere. Rundkjøringen og en kraftig



NVE–Statskraftverkens spesialfartøy MS Vestkraft er klar for å sjøsettes. Foto: NVE

vinsj om bord på Vestkraft gjorde det mulig å trekke FeAl-linen opp mot avspenningsmasten, mens det ble bremsset av med vinsjen på den andre siden. I det FeAl-linen forlot sjøen fjernet man plastballongene som var festet til denne. Når linjen hadde kommet langt nok opp, huket man avspenningsklemmen i isolatorkjeden, og deretter begynte strekkingen til riktig høyde over sjøen. Det ble til sammen strukket fire faser. Spennmastene ble malt i varsselfarger, og det ble montert elektrisk varsellys. Hele ledningen kunne settes i drift 3. oktober 1967.

Selv om installasjonen av Sognefjordspennet må kunne regnes som en suksess, var arbeidet ikke fritt for dramatik. Mens kablen til første fase fløt tvers over fjorden, holdt oppe av plastballonger, var det sterk strøm og vind. En av taubåtene kjørte inn i kablen og flådde av aluminiumen i 40-50 meters lengde, slik at kun stålkjernen var igjen. Under oppstrekking av tredje fase røk vinsjen som strakk opp kablen, og kablen gikk i sjøen. De to skadede kablene ble strukket opp, men ble skiftet ut sommeren etter.

I 1974 monterte Statskraftverkene for øvrig et nytt spenn over Sognefjorden. Spennet på ledningen mellom Aurland og Fardal er 4597 meter langt, og dermed marginalt lengre enn spennet på Refsdal–Fardal-ledningen. Erfaringene fra arbeidet med Refsdal–Fardal var i denne forbindelse til meget stor nytte.

Bortsett fra problemene som oppstod i etterkant av strekkingen av Sognefjordspennet, har ledningen Refsdal–Fardal driftsmessig stått svært godt. Det har relativt sett vært lite behov for vedlikeholdsarbeid. Den største driftsendringen skjedde nok allerede i 1969, da det første aggregatet ved Hove kraftverk i Vik ble satt i drift. Ledningen ble da faset innom Hove. Hele ledningen eies og driftes i dag av Statnett.

Teknisk utførelse

Ledningen Refsdal–Fardal ble i 1967 satt i drift med en spenning på 132 kV, men ble allerede tidlig på 1970-tallet oppgradert til 300 kV. Mastene er fagverksmaster i stål, og kalles på grunn av sin form ofte for "gaffel-



Fra strekkingen av Sognefjordspennet sommeren 1967. Foto: NVE

master". De ble tegnet og konstruert av konsulent Tron Horn AS (de kalles også for "Tron Horn-master"), og selve mastestålet ble produsert ved Jarlsø fabrikk i Tønsberg. Utformingen av

mastene er i stor grad inspirert av amerikanske mastetyper. Mastetypen er forholdsvis uvanlig i Norge sammenlignet med Statskraftverkene/Statnetts mer standardiserte portal-

master, men en del av ledningene som Oslo Lysverker bygget i etterkrigstiden har tilsvarende mastetype. De strømførende linene har simplex-utførelse og er av typen FeAl 481 Parrot - 54/19, med 38,25 mm diameter.



Fjordspennmast på sørsiden av Sognefjorden, fotografert sommeren 2005. Foto: Hallgrim Berg, Statnett

Sognefjordspennet er 4570 meter langt, og var et teknologisk pionerprosjekt i sin tid. Her ble det satt opp fire kraftige enfasemaster i hver ende av spennet. Linene ble bestilt fra England, og hver line har en diameter på 47,7 mm, en vekt på 6,57 kg/m og en bruddlast på 101 500 kg. Grunnen til at det er strukket fire faser over fjorden, er at den fjerde fasen kan fungere som reserve dersom en av de tre andre skulle falle ut.

I tillegg kan nevnes at det rundt midten av 1980-tallet ble montert flymarkører på Sognefjordspennet og Sogndalsfjordspennet. Flymarkørene ble fordelt ut over de forskjellige fasene, men etter nye forskrifter for plassering og avstand mellom flymarkører, ble disse skiftet ut i 1999. Alle flymar-



Ved spennet over Sogndalsfjorden går ledningen Refsdal–Fardal parallelt med ledningen Aurland–Fardal – satt i drift i 1974. Refsdal–Fardal er ledningen til høyre i bildet. Bak fjordspennmastene ser vi de karakteristiske "gaffelmastene", konstruert av rådgivende ingeniør Tron Horn. Foto: Henning Weyergang-Nielsen, NVE

kørene ble nå satt på reservefasen. På samme tid ble det videre installert ekstra dempeløoper på Sognefjordspennet for å redusere vibrasjoner på linene. To av linene ble også strammet opp for å få bedre avstand til sjøen.

Landskap og miljø

Fra kraftverket ved Refsdal går ledningen nordøstover, gjennom Ovrisdalens jordbrukslandskap i 400-500 m.o.h., og passerer et lite stykke sørøst for Vikøyri i Sogn. Her er ledningen sløffet innom Hove kraftverk. Videre går den gjennom skog og fjellskog, før den krysser dalen ved Fedjoselvi og skiller lag med de andre ledningene fra Refsdal og Hove. Herfra stiger ledningen igjen opp gjennom skog og etter hvert høyfjellsterreng, og passerer i omkring 900 meters høyde rett nord for fjellet Vidasethovden.

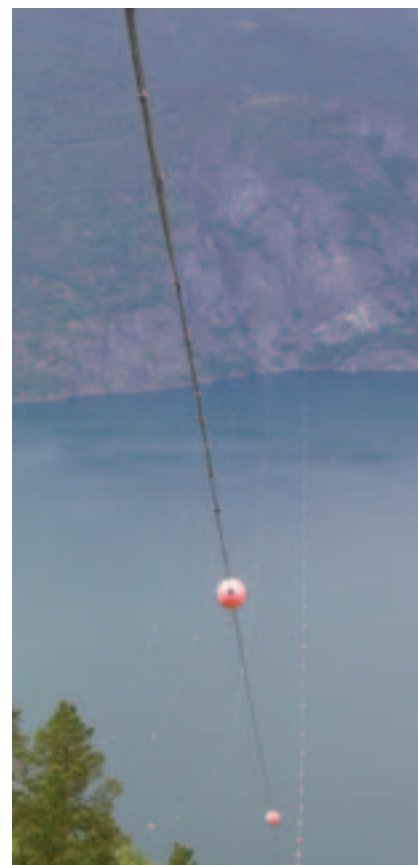
Fra Ramnaberg passeres Sognefjorden i et 4570 meter langt spenn over til Fimreiteåsen på nordsiden. Ledningen fortsetter i østlig retning over Fimreiteåsen, og går videre opp i omkring 900 meters høyde på sørsiden av

Lingsetfjellet. Til slutt dreier den mot nordvest ned til Vinesåsen, der den passerer Sogndalsfjorden i et spenn på 1508 meter. På vestsiden av Sogndalsfjorden kommer ledningen inn til Fardal transformatorstasjon.

Ledningen går gjennom et variert vestlandsterreng, fra lavtliggende skog- og jordbrukslandskap til bratte høyfjell og lange fjordspenn. NVE-Statskraftverkene og Vestlandske Kraftsamband etterstrebet å finne en hensynsfull trasé gjennom landskapet. Bortsett fra noe debatt rundt plasseringen av fjordspennene, var det ellers lite fokus på hensynet til landskapstilpasning. Det viktigste var å finne gode tekniske og økonomiske løsninger for hvordan man skulle frakte strømmen frem gjennom det utfordrende terrenget.

Begrunnelse

Kraftforsyningen i Sogn og Fjordane og Møre og Romsdal var lenge preget av at det ble bygget en rekke små og store kraftverk, uten forbindelse seg imellom. For å legge til rette for samkjøring og utveksling, og dermed



Nye flymarkører ble montert på Sognefjordspennets reservefase i 1999. Foto: Ole Berg, Statnett

sikrere og mer rasjonell utnyttelse av de ulike kraftkildene, ble derfor L/L Vestlandske Kraftselskap (VKS) stiftet i 1955. Ledningen Refsdal-Fardal ble bygget som en viktig del av VKS' arbeid med en stamledningsforbindelse gjennom de to nordligste vestlandfylkene. Senere har det også blitt bygget ledning videre sørover fra Refsdal mot Modalen og Evanger, slik at man har fått en direkte sentralnettsforbindelse til Sør-Vestlandet.

Fjordspenneteknikken har vært et særegent element ved ledningsbygging i Norge. Det viste seg tidlig at for å få fornuftige trasévalg for en rekke ledninger måtte det være mulig å krysse fjorder i lange spenn. Lange spenn fantes også andre steder, men kombinasjonen av det norske fjordlandskapets terrengforhold og lange spenn var meget sjelden. Det var derfor lite erfaring å finne andre steder, og teknikk, utstyr og gjennomføring måtte løses fra grunnen av. Både

NVE-Statskraftverkene og en rekke lokale kraftselskap utviklet utstyr og teknikker for dette arbeidet, og en rekke lange fjordspenn ble bygget, særlig på Vestlandet og i Nord-Norge.

Av alle norske fjorder har muligens Sognefjorden vært den aller mest utfordrende å krysse. Dette er Norges lengste fjord, og det er også her vi finner de lengste fjordspennene. Spennet på ledningen Refsdal-Fardal er ett av i alt tre spenn som i dag krysser Sognefjorden. De to andre finner vi på AS Sognekrafts 66 kV-ledning mellom Vange og Njøs fra 1955, og på Statnetts 300 kV-ledning mellom Aurland og Fardal fra 1974. Dette var i mange år de tre lengste fjordspennene i verden, helt frem til Statnetts ingeniører bygget et 5376 meter langt spenn over Ameralikfjorden ved Nuuk på Grønland i 1993.

Av de to store 300 kV-spennene som går over Sognefjorden, er altså spennet

på ledningen Aurland-Fardal marginalt lengre enn spennet på ledningen Refsdal-Fardal. Dette spennet kom imidlertid flere år senere, da utstyr og teknologi var kraftig forbedret og man hadde erfaringene fra Refsdal-Fardal å ta lærdom av. Det er derfor naturlig å se på Sognefjordspennet på ledningen Refsdal-Fardal som det virkelige pionerarbeidet, da man strakk en stor 300 kV-samkjøringsledning over Norges lengste fjord.

Viktige momenter:

- pionerarbeid
- Sognefjordspennet
- Sogndalsfjordspennet
- ulendt og bratt terreng
- etablerte samkjøring gjennom Sogn og Fjordane

Kilder

Litteratur:

Aalefjær, Sigurd (1967): Statskraftverkene. *Fossekalen*, Nr. 4, 1967: 6-9.

Heggenhougen, Rolv (red.) (1982): *Samkjøringen av kraftverkene i Norge 1932 – 1982*. Oslo: Samkjøringen.

Hornnes, Ragnar (1997): *Samarbeid gav lys og varme – A/S Sognekraft 1947-1997*. A/S Sognekraft.

Nordstrand, Leiv (1993): *Lys og kraft til bygdens behov – Kraftforsyninga i Sogn og Fjordane 1893-1993*. Sandane: Sogn og Fjordane Energiverk.

NVE-Statskraftverkene (1969) *Hva skjedde ved Statskraftverkene 1963-1968*. Oslo: Norges vassdrags- og elektrisitetvesen.

Internett:

Videoarkivet (1968): *Sognefjordspennet*. http://www.videoarkivet.no/flv_medium.php?vid=73 (Nettside sist besøkt 25.6.2010)

Muntlige kilder:

Ole Berg, Statnett SF

Johannes Bondevik, tidl. Statnett SF

Kåre Heskestad, Statnett SF

Lars Kvarekvål, tidl. Statnett SF

Steffen Kvarekvål, tidl. Statnett SF

Idar Maurseth, Statnett SF

Kåre Schjetne, Statnett SF

Boris Gleb - Kirkenes

Kraftledningen mellom Boris Gleb i Russland og Kirkenes representerer et unikt kraft- og industrisamarbeid mellom øst og vest, midt under den kalde krigen. Ledningen ble bygget som en konsekvens av akutt kraftmangel i området, og anleggsarbeidet ble derfor utført i rekordtempo.

Pasvikelva går langs riksgrensen mellom Norge og Russland – med ett unntak: den lille enklaven Boris Gleb på omkring seks kvadratkilometer, like sør for Kirkenes. Årsaken til at dette området ble en del av Russland har sin bakgrunn i misjonæren Trifon av Petsamo, som bygget en kirke for skoltlesamene på vestsiden av elva på 1500-tallet. Grenseområdet langs Pasvikelva har en tradisjonsrik og spennende bakgrunn som møteplass for forskjellige folkeslag. Her har skoltlesamer, samer, russere, finner og nordmenn opp gjennom historien møttes og utvekslet erfaringer, språk og andre kulturuttrykk. Også i vår moderne energi-

historie utmerker dette seg som et område med et unikt samarbeid på tvers av landegrenser og ulike kulturer.

I 1957 ble det sluttet avtale mellom Sovjetunionen og Norge om deling og utnyttelse av fallene i Pasvikelva, og fallstrekningene i grenselva ble delt med ca 30 meter fallhøyde til hvert land. I Sovjetunionen startet byggingen av kraftverket i Boris Gleb i 1960. Dette kraftverket utnytter de nederste 12 meterne med fallhøyde i grenselven, samt åtte meter fall i Skoltefossen, som ligger helt på russisk område. AS Hafslunds datterselskap Norelektro stod for utbyggingen,

og norske firmaer førte også opp en rekke boliger, et butikksenter og en skole for russerne. I forbindelse med transport av arbeidere og materiell til og fra kraftverket, måtte man krysse grensen mellom Norge og Sovjet. Dette var ordnet gjennom en spesialavtale, og foregikk uten problemer.

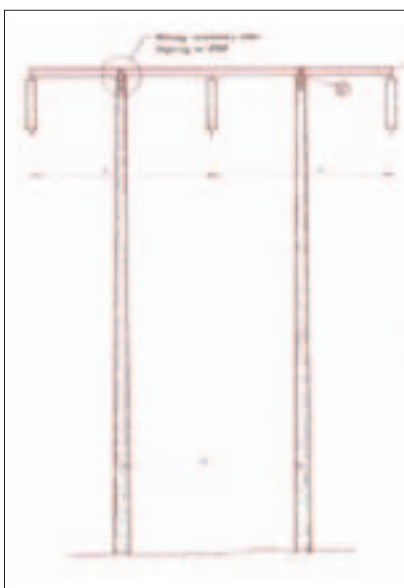
Den første ledningen som ble satt i drift i området, ble bygget fra norsk side over til Boris Gleb for å forsyne russerne med byggestrøm. Allerede to år senere, i 1962, da Boris Gleb kraftverk stod klar til drift, kunne Varanger Kraftlag koble strøm derfra over på sitt kraftnett. Kvoten som Varanger





Kraftlag fikk kjøpe fra Boris Gleb var imidlertid på bare 1000 kilowatt, og avtalen bestod i 2,5 år.

Fra høsten 1970 ble det igjen overført en mindre kraftmengde fra Boris Gleb til Norge. Selv om Skogfoss kraftverk nå hadde blitt satt i drift, hadde tørreår med lite vann i Pasvikelven ført til



Konstruksjonstegning av bæremast
Illustrasjon: Statnett

ledningen går gjennom et område preget av skog og små koller, like ved europaveien og inn mot Kirkenes. Ved siden av kan vi se Varanger Kraftnetts distribusjonsnettledning i samme område. Foto: Kjell Arne Kjeldsberg, Statnett

kraftmangel. Varanger Kraftlag fikk derfor overføre elektrisitet fra Boris Gleb til Kirkenes over en 22 kV-ledning. Det skulle imidlertid raskt vise seg at heller ikke denne overføringen tilførte nok kraft til Øst-Finnmark, og ledningen skulle derfor raskt komme til å bli skiftet ut til fordel for et større prosjekt.

Gjennom etterkrigstiden hadde Norges kraftforsyning blitt kraftig bygget ut, og situasjonen rundt omkring i landet så relativt lys ut. Et unntak i dette bildet var imidlertid Øst-Finnmark, som på grunn av flere tørrår og utsatte kraftutbyggingsprosjekter var i akutt kraftmangel. Området var på denne tiden heller ikke tilknyttet resten av det norske samkjørende kraftoverføringsnettet. For å løse denne umiddelbare krisen inngikk derfor NVE-Statskraftverkene en kontrakt med det sovjetiske firmaet Energomachexport om kjøp av 10 MW, 60 GWh per år, fra Sovjetunionen. Kontrakten ble undertegnet den 1. oktober 1971, og det ble umiddelbart satt i gang bygging av

en ca 10 km lang 154 kV-ledning over grensen og inn til Kirkenes. Der kunne kraften selges videre til Varanger Kraftlag og A/S Sydvaranger.

Byggingen av ledningen Boris Gleb-Kirkenes ble utført i rekordtempo. Det hastet med å få ledningen og koblingsanleggene ferdige før is og snø satte inn for alvor, og for å skaffe distriktet kraft til vinteren. På russisk side hadde man en spenning på 154 kV, og transformering fra et så spesielt nivå kunne se ut til å være et problem, men det viste seg at Statskraftverkene tilfeldigvis hadde en transformator med passende omsetningsforhold liggende klar til bruk. Allerede 20. desember samme år var ledningen klar til å bli satt under spenning, og etter en måneds prøvedrift ble den offisielt satt i drift 27. januar 1972.

Til å begynne med var strømmen fra russisk side ikke av samme kvalitet som den norske, og på grunn av variasjoner i frekvensen fikk man problemer med en del elektroniske motorer,



klokker og andre ømfintlige apparater. Disse problemene er imidlertid et tilbaketrukket stadium i dag. Den store forbedringen skjedde i 1985, da Statskraftverkene gjennomførte en ombygging i Boris Gleb. Av tekniske årsaker er det ikke mulig med synkron samkjøring av det norske og det russiske samkjøringsnett. Konsekvensen ble da

at ved import fra Sovjetunionen måtte nettet i Finnmark deles av og Øst-Finnmark kobles fra den øvrige norske samkjøringen. Under ombyggingen ble derfor arrangementene i kraftverket lagt om, slik at ett aggregat ble ført over på det norske samkjøringsnett.

Her går ledningen over den siste høyden på norsk side, før den krysser grensen til Russland

Foto: Kjell Arne Kjeldsberg, Statnett

Til tross for enkelte problemer knyttet til språk- og kulturforskjeller ble arbeidet utført på meget kort tid, og den 30. november var ombyggingen ferdig. Ved markeringsseremonien for ferdigstillingen kunne Statskraftverkene overrekke sine russiske kolleger en skifertavle med den russiske inskripsjonen: "Med takk for godt samarbeid til felles nytte for våre to land"¹.

Teknisk utførelse

Ledningen mellom Boris Gleb og Kirkenes er 10,7 km lang, med 8,6 km beliggende i Norge og de resterende 2,1 km i Russland. Mastene er av kreasotimpregnert rundtømmer med ståltraverser, og linene er utført med FeAl 150-22/7. Det står totalt 79 mastepunkter, fordelt på 16 master i Russland og 63 master i Norge. Hele ledningen ble bygget av entreprenøren AS Linjebygg.

Opprinnelig var ledningen koblet rett på det russiske nettet, men etter



Like ved ledningen finner vi et krigsminne for sovjetiske soldater som falt under andre verdenskrig Foto: Kjell Arne Kjeldsberg, Statnett

¹) Holmestad & Strandem, i Fossekallen 1-2/1986: 32

en ombygging av arrangementene i kraftverket i 1985 ble ledningen en del av det norske sentralnettet. Det stod linjebrytere på både norsk og russisk side frem til 2000-tallet, da man rev den russiske bryteren og gikk over til felles brytefelt på norsk side.

Landskap og miljø

Fra Kirkenes går den første delen av ledningen rett sørover, frem til den krysser sundet mellom Andrevatn og Tredjevattn sør for Kirkenes. Videre fortsetter ledningen i en mer sørøstlig retning mot den russiske grensen og Boris Gleb. Inne på russisk side går den like ved Boris Gleb kapell, og fortsetter inn til kraftverket ved Pasvik-elva.

Ledningen går hovedsakelig i skogs-terreng, og ellers over mindre berg, knauser og åser. De høyeste områdene ligger om lag 100 m.o.h. Tremastene som benyttes er forholdsvis godt kamuflert i skogsterreng, men blir mer dominerende i ledningens høyreliggende områder.

Begrunnelse

Pasvikelva er blant landets mest regulerte vassdrag. På strekningen fra innsjøen Enare i Finland til Kirkenes er det hele syv kraftverk. Fire av disse ligger på grensen mellom Norge og Sovjet, og representerer et unikt industrisamarbeid mellom øst og vest. Det er nå over 50 år siden at de første

avtalene ble inngått mellom Finland, Sovjetunionen og Norge om regulering av vannressursene fra innsjøen Enare, og mellom Sovjetunionen og Norge om utnyttelse av fallstreknin- gene i grenseelva i Pasvik, og det er nesten 40 år siden ledningen Boris Gleb–Kirkenes ble satt i drift. Disse hendelsene skjedde i en tid preget av konfrontasjon mellom øst og vest, der det politiske klimaet var meget nær frysepunktet. Likevel har samarbeidet om kraftutveksling mellom Norge og Sovjetunionen (og senere Russland) hele tiden blitt betegnet som effektivt og mer eller mindre problemfritt. Den russiske befullmektigede for regulering av Enare, Vitalij N. Meshkov, beskrev i ettertid dette samarbeidet som en nesten utenkelig hendelse under den kalde krigen, og oppsummerte det hele på denne måten:

*"Her i nordenden av Europa var vi – vassdragsutbyggere og energiprodu- senter – de første som knyttet tette in- ternasjonale kontakter som førte til at "jerneteppe" her ble gjennomsluktig"*².

Ledningen Boris Gleb–Kirkenes ble bygget på rekordtid. Fra kontrakten om kraftutveksling ble underskrevet tok det i underkant av tre måneder før ledningen stod klar til prøvedrift. En viktig årsak til det høye tempoet var at man ønsket å bli ferdig med anleggsarbeidet før den verste vinter-

.....
2) Meshkov, Kotkasaari & Josefsen 1999: 19

kulda satte inn. I Pasvikområdet er ja- nuar vanligvis den kaldeste måneden, og temperaturen har flere ganger be- veget seg ned mot nærmere 50 kulde- grader. En annen viktig årsak var den akutte kraftmangelen.

Øst-Finnmark ble ikke tilknyttet det samkjørende norske overføringsnet- tet før i 1974. I årene før dette var kraftforsyningen i området anstrengt og sårbar, og særlig tørrår førte til store energiunderskudd. Mangelen på elektrisk kraft var merkbart ikke bare i de private hjem, men også hos industribedrifter. Dette gjaldt spesielt gruveselskapet AS Sydvaranger, som trengte økt tilførsel av elektrisitet til sin drift. Det var derfor et akutt kraft- behov som ble dekket av overføringen fra Boris Gleb til Kirkenes. Kraftutbyg- gingen i Pasvikelva, og den økte energi- tilførselen, førte også med seg nye ar- beidsplasser og økte skatteinntekter til området.

Viktige momenter:

- samarbeid med Sovjetunionen
- statens første ledning i Øst-Finnmark
- industriutvikling i Sydvaranger
- kaldt vinterklima i Pasvikdalen
- rekordrask ledningsbygging
- uvanlig spenningsnivå

Kilder

Litteratur:

Aktieselskapet Hafslund (1973): *Aktieselskapet Hafslund 1948-1973*. Oslo.

NVE: *Fossekallen* – Tidsskrift for NVE. Se bl.a. nr. 6/1971: 5, 2/1972: 16-18, 2/1974: 19, 10/1982: 4-5, 1-2/1986: 30-33, 7/1987: 8-11.

Meshkov, Kotkasaari & Josefsen (1999): *40 år for felles arbeide i Pasvikvassdraget*. Russland.

Mikkelsen, Anstein (1988): *Med lys over landet – Varanger Kraftlag gjennom 50 år*. Vadsø: Varanger Kraftlag A/L.

Ryvarden, Leif & Lauritzen, Per Roger (2005): *Norges grense: fra Grisebåen til Barentshavet*. Oslo: Cappelen.

Muntlige kilder:

Kjell Arne Kjeldsberg, Statnett SF

Orkdal – Snillfjord

I 1980 satte Sør-Trøndelag Kraftselskap i drift ledningen Orkdal–Snillfjord. Store deler av denne var en ombygging av den gamle ledningen fra Evjen til Snillfjord. De tekniske løsningene som ble valgt ved ombyggingen, er et pionerarbeid, og representerer et godt eksempel på innovativ tenkning innen bygging og oppgradering av kraftledninger.

66 kV-ledningen fra Evjen til Snillfjord ble satt i drift i 1952, og var i en tidligere periode lenge den eneste forsyningslinjen til store deler av Fosnhalvøya og øysamfunnene Hitra og Frøya. Mot slutten av 1970-årene ble det imidlertid bestemt at det som den gang het Sør-Trøndelag Kraftselskap (i dag TrønderEnergi), skulle bygge en ny 132 kV-ledning fra Orkdal til Snillfjord. Den nye ledningen skulle bli 30 km lang, og de siste 24 kilometerne inn mot Snillfjord ville følge samme trasé som den gamle ledningen. Man valgte derfor å ikke bygge en helt ny ledning, men i stedet benytte de gamle stolpene på Evjen–Snillfjord-lednin-

gen, samt å bygge en seks kilometer forlengelse av ledningen ned til Orkdal transformatorstasjon.

På størstedelen av ledningen Orkdal–Snillfjord valgte man altså å benytte seg av eksisterende stolper, hovedsakelig på grunn av de økonomiske fordelene dette ga. For å gjennomføre prosjektet ble man nødt til å forlenge en del stolper, slik at man fikk den nødvendige høyden for en slik spenningsoppgradering. For å oppnå den nødvendige isolasjonen valgte man å benytte seg av glassfibertraverser med 28 skjermmer, som både var bærende og isolerende. En del av bæremastene

ble, som de første i Norge, utstyrt med kryssavstivning. Ledningen ble deretter oppgradert med en dobling av både linetverrsnitt og spenningsnivå.

Det var en del forarbeid i forbindelse med planlegging og bygging av vogger til de nye traversene. Uttransport og montering av selve traversene ble imidlertid utført i løpet av bare noen få dager. Seks-åtte personer fra Sør-Trøndelag Kraftselskap ble satt inn for å utføre arbeidet, fordelt på to lag og med assistanse av helikopter. Planleggingen og byggingen/ombyggingen skjedde for det meste i løpet av 1979, og den nye ledningen ble spennings satt i 1980.





Det var på forhånd knyttet en del skepsis til hvorvidt løsningen med glassfibertraverser ville være solid og driftssikker nok. Ledningen har imidlertid nå vært i full drift i 30 år og vist seg som meget driftssikker. Trønder-Energi vurderer nå derfor mulighetene for ytterligere å øke belastningen på overføringen.

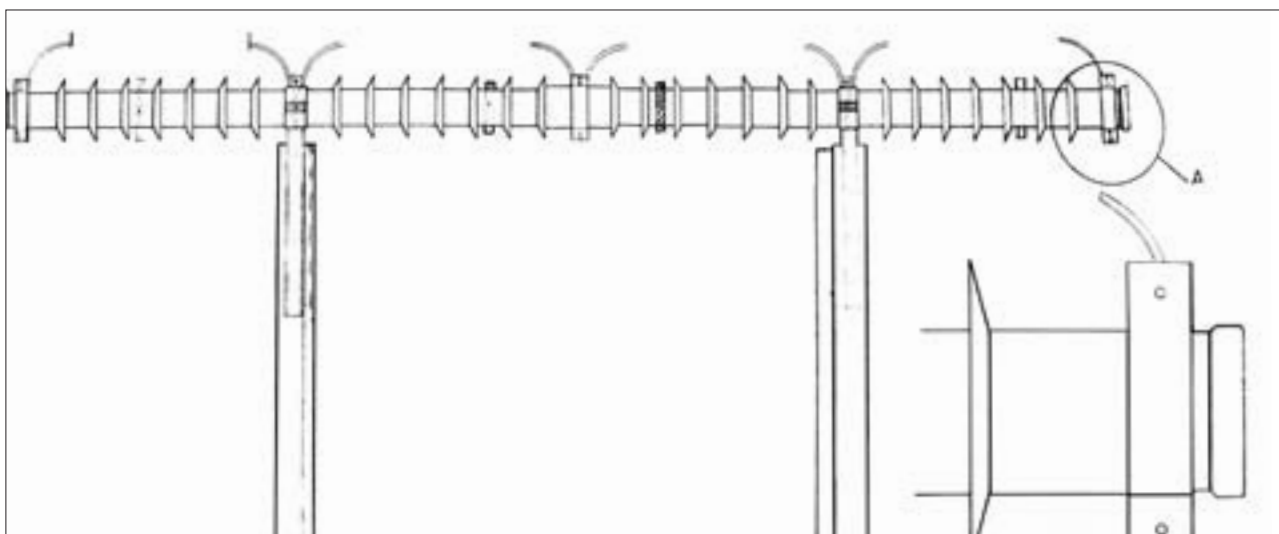
Teknisk utførelse

Ledningen Orkdal–Snillfjord ble bygget med 132 kV spenning, men var en delvis ombygging av den gamle 66 kV-ledningen mellom Evjen og Snillfjord. Den består av en 30 km lang enkel trefaseoverføring, med linetype FeAl nr. 120–26/7, diameter 19,38 mm.

Mast på ledningen Orkdal – Snillfjord, nær riksvei 714.

Foto: Henning Weyergang-Nielsen, NVE

Orkdal–Snillfjord har master med vanlige runde trestolper, som på størstedelen av ledningen har stått siden 1952. Det som imidlertid gjør denne ledningen spesiell, er bruken



Konstruksjonstegning av travers. Illustrasjon: TrønderEnergi



av traverser som er både bærende og isolerende, samt kryssavstivningen av bæremaster. Traversene er produsert i glassfiberarmert polyester, med 28 skjerner, og ble levert av Norcem Plast.

Hele prosjektet ble initiert av Sintef Energiforskning i samarbeid med TrønderEnergi, og løsningen må sees på som et pionerarbeid. Lofotkraft

gjorde i 1977 et lignende prosjekt på ledningen fra Kvitfossen til Fiskebøl, men denne ledningen er i dag demontert. TrønderEnergi har gjort lignende type forsøk i forbindelse med spenningsoppgraderinger fra 22 til 66 kV, men løsningen er svært uvanlig ved anlegg av en slik størrelse som Orkdal-Snillfjord.

Sør-Trøndelag Kraftselskap i ferd med å montere den første prøvetravers i glassfiberarmert polyester på ledningen Evjen – Snillfjord, sommeren 1975.

Foto: TrønderEnergi

Landskap og miljø

Fra Orkdal transformatorstasjon går ledningen i nordøstlig retning mot Snillfjord. Den passerer øst for Gagnåsvatnet og vest for Våvatnet, og ligger



Tidl. sjefsingeniør **Egil Asbøll** (f. 1937)

Egil Asbøll har vært sentral i utviklingen av flere tekniske pionerløsninger i kraftoverføringen. Som sjefsingeniør i TrønderEnergi var han ledende i arbeidet med å finne løsninger innen nye måter å bygge overføringsledninger på, samt å utnytte bestående ledninger for oppgraderinger til høyere overføringsevne. Asbøll ble også tidlig engasjert i utviklingen av AUS (Arbeid Under Spennning) i Norge, og han arbeider i dag fortsatt med utvikling og opplæring innen AUS-teknikk.

nede i dalførene mellom Jamtfjellet, Omnsfjellet, Koksteinfjellet, Langlidalsheian, Gråhammaren og Storfjellet. Ledningen ligger for det meste i skogkledd li, og trasévalget har vært heldig med tanke på å gi ledningen beskyttelse for vær og vind. Traseen går i lange perioder nær riksvei 714.

Da ledningen skulle bygges i 1979-80, stod alternativene mellom en løsning med oppgradering av den gamle Evjen-Snillfjord-ledningen eller å bygge en helt ny ledning. Når man endte med den første løsningen, fikk også ny materialproduksjon og -transport et mindre omfang, og det var slik sett den beste løsningen også ut fra et miljøperspektiv.

Begrunnelse

Ombyggingen av de gamle mastene fra ledningen Evjen-Snillfjord for ny bruk på ledningen Orkdal-Snillfjord var et teknologisk pionerprosjekt. Bruken av glassfibertraverser på et så høyt spenningsnivå som 132 kV er meget spesielt. Samtidig som ledningen har denne spesielle traversløsningen, benytter man seg av vanlige linetyper, og i stor grad av vanlige runde trestolper fra 1952. I en slik sammenheng kan man altså snakke om at man har et representativt anlegg som har vært gjennom en unik ombygging.

Orkdal-Snillfjord kan stå som et eksempel på nyere tenkning og teknikk rundt oppgradering av kraftoverføringsledninger. En enkel utvei kunne i dette tilfellet ha vært å bygge en helt ny ledning. Her er det imidlertid valgt løsninger som både er økonomisk fordelaktige og er gode miljøvalg.



Detalj av travers og lineoppheng.
Foto: Henning Weyergang-Nielsen, NVE

Ledningene Evjen-Snillfjord og Orkdal-Snillfjord har vært meget viktige for strømforsyningen til store deler av ytre Sør-Trøndelag. Områder som Hitra, Frøya og Fosen-halvøya var lenge uten andre forsyningslinjer for elektrisk kraft, men i dag er disse områdene forsterket og Orkdal-Snillfjord inngår dermed som en del av denne forsterkningen. Ledningen har sitt endepunkt i Snillfjord transformatorstasjon, som høsten 1999 også fikk Norges første luftisolerte innendørs 132 kV-anlegg.

Kilder

Muntlige kilder:

Egil Asbøll, TrønderEnergi AS
Bjørn Bergem, TrønderEnergi AS
Johan Hilstad, TrønderEnergi AS
Olaf Mikkelsen, TrønderEnergi AS

Viktige momenter:

- glassfiberisolatorer som mastetravers
- kryssavstivning av bæremaster
- pionerprosjekt
- representativt anlegg – unik ombygging
- tidligere eneste forsyningslinje til store øysamfunn
- Snillfjord transformatorstasjons 132 kV-anlegg

Sima – Dagali

Sima–Dagali er blant de kraftledningene her i landet som har hatt den mest kompliserte og omfattende prosessen knyttet til trasévalg og miljøtilpasning. Blant annet fikk planene om nasjonalpark på Hardangervidda avgjørende betydning for trasévalget. Samtidig var ledningen viktig for arbeidet med kraftoverføring fra Vestlandet til Østlandet, og den går gjennom et svært værhardt høvfjellsterreng.

Innerst i Hardangerfjorden ligger det lille tettstedet Eidfjord, som på siste halvdel av 1970-tallet ble senter for en storstilt kraftutbygging av de store nedbørsområdene nordvest og sør for Hardangervidda. I regi av NVE-Statskraftverkene ble vannet samlet i store magasiner og ledet i to systemer (Lang-Sima og Sy-Sima) med tunneler på til sammen 60 km, ned til Sima kraftverk 700 meter inn i fjellet innenfor Eidfjord. Klarsignal til utbyggingen ble gitt gjennom kongelig resolusjon av 18. mai 1973, og arbeidet startet umiddelbart. Kraftverket ble offisielt åpnet av statsminister Odvar Nordli 17. juni 1980.

Den første av kraftledningene fra Sima skulle gå over fjellet mot Østlandet, og det ble raskt strid om trasévalget over Hardangervidda. Parallelt med ledningsplanene pågikk det omfattende arbeid både med planer om vern av Hardangervidda som nasjonalpark, og med vår første verneplan for vassdrag. Særlig var det stor motstand mot de traséforslagene som var plassert sør for Hardangerjøkulen. I tillegg til NVE, departement og regjering, var både grunneiere, kommuner, fylker og andre organisasjoner medvirkende i debatten. Spesielt engasjerte Hol kommune seg kraftig, både

mot ledningsplanene og mot planene om nasjonalpark der disse berørte kommunen. Alternativene som ble skissert var mange, og det er ikke rom for å gjennomgå alle her.

Sommeren 1975 sendte imidlertid Statskraftverkene til slutt ut anmodning om vedtak, med to forskjellige alternativer for trasé: et nord for Jøkulen, over Hallingskeid til Usta, og et annet sør for Jøkulen, over Hardangervidda og Halne til et foreslått koblingsanlegg i Skurdalen. På grunnlag av innkomne uttalelser og NVEs hovedstyres befarings i området samme





høst, anmodet Elektrisitetsdirektoratet Statskraftverkene om også å legge frem et tredje alternativ via Hallingskeid, langs Bergensbanen, og videre sør for Ustevann til Dagali. Bortsett fra de siste 30 km inn til Dagali ble dette traséforslaget godkjent i statsråd i februar 1977. For denne siste strekningen inn til Dagali måtte Statskraftverkene legge frem ny trasé fra Skurdalen over

Ledningen Sima–Dagali, der den har sitt utgangspunkt ved kraftverkets koblingsanlegg i Simadalen. Foto: Statkraft

mot Dagali, og med ny lokalisering av koblingsanlegget. Traseen ble endelig godkjent gjennom kongelig resolusjon av 9. juni 1978.

Den omfattende miljødebatten førte til at byggetiden for ledningen ble unormalt kort. Da traseen endelig ble

vedtatt, var det kun 17 måneder til ledningen skulle settes i drift, inkludert seks vintermåneder med minimale muligheter for ledningsbygging. Selv om noe av byggingen hadde blitt satt i gang før det siste vedtaket, var det fortsatt svært liten tid. En konsekvens av tidspresset var at Statskraftverkene, i tillegg til å bygge om lag en tredjedel av ledningen selv, skrev kontrakter med både A/S Linjebygg og A/S Betonmast om bygging av hver sin del. En mannskapsstyrke på om lag 250 måtte settes inn i den travleste arbeidsfasen. Sima–Dagali-ledningen kostet mer enn 200 millioner kroner. Omkring 40 av disse millionene ble ekstraomkostninger fordi ledningen skulle bygges utenom sentrale områder av Hardangervidda.

Store deler av traseen lå høyere enn 1000 meter over havet. Det vanskelige terrenget, i kombinasjon med kort barmarksesong i høyfjellet og tidspresset, gjorde det nødvendig å ta i bruk nye hjelpemidler i anleggsarbeidet, blant annet terrenggående kran under mastemontasjen. Helikopter ble også brukt flittig, ikke minst



Generatorhallen i Sima kraftverk, et av de aller største i Norge. Foto: Statkraft

til transport. Adkomstforholdene var dårlige, og anleggsveier måtte utbedres. Flere nedlagte vokterboliger langs Bergensbanen skulle også komme til nytte. Etter avtale med NSB ble fem av disse rustet opp og satt i stand for innkvartering av ledningsbyggere.

Vanskelighetene til tross: Målet ble nådd og kraftledningen stod ferdig i mars 1980, i god tid før kraftverket i Sima ble satt i drift. Det ble nedlagt til sammen rundt 220 årsverk, hvorav omtrent 55 prosent på entreprenørsiden. Prosjektets størrelse kan ellers illustreres med at det gikk med ca 5000 tonn stålmaster, ca 850 km liner og nærmere 45 000 isolatorskåler.

I 1989 ble det bygget en forlengelse av ledningen fra Dagali videre til Nore, og den skapte dermed en sterk 420 kV-forbindelse mellom Vestlandet og Østlandet. Sammen med Oslo Lysverkers ledning fra Aurland til Hallingdal, som kom to år senere, bidro den også til at Østlandet kunne ta imot kraften fra nye installasjoner i kraftverkene Aurland og Jostedal.

Teknisk utførelse

Sima-Dagali er 101,9 kilometer lang, og var da den ble satt i drift den lengste 420 kV-ledningen som var bygget her i landet. På ledningen er det 313 master, hvorav 52 forankringsmaster. Det er benyttet Statnetts standardmaster for 420 kV. Dette er innvendig bardunerte portalmaster i stål. Linene er strukket med 9 meter faseavstand, og er festet til isolatorer i V-kjeder.

Standard strømførende line er FeAl nr 481 Parrot, i duplex-utførelse. Diameteren er 38,35 mm. På grunn av store islaster er det imidlertid på strekningen fra mast 9 til 75 montert simplex-line, nr 1022 Hubro. Denne har en uvanlig stor diameter på 56,7 mm, og er blant annet senere tatt i bruk på særlig utsatte partier av Salten-Svartisen-ledningen. For å lage en permanent skjøt mellom duplex- og simplex-linen tok man i bruk en ny type norskutviklet to-trinns kompresjonsskjøt med eksplosjonsarmatur. I første omgang skjøtet man selve stålkjernen, og i neste omgang aluminiumsdelen.



Sima-Dagali har hovedsakelig duplex-utførelse. På bildet ser vi detalj av avstands-holder mellom de strømførende linene. Foto: Statnett

De klimatiske forholdene førte til at ledningen ble dimensjonert for å tåle store islaster og snødybder. Likevel var det enkelte utfordringer man ikke klarte å fange opp i prosjekteringen, og det har derfor senere blitt gjennomført en del forsterkninger.

På deler av ledningen har det forekommet så store snømengder (fonndannelser) at avstanden til strømførende liner har vært kritisk. Det har også vært fare for mastehavari på grunn av snøsig. Problemet ble løst ved å heve mastene nr 99 og 100 i Finseskaret. Mast 99 ble hevet ved å øke fundament høyden med én meter, mens mast 100 ble hevet fem meter ved at den opprinnelige masten ble plassert oppå en spesialbygd stålkonstruksjon.

I Finseskaret har også nedising av isolatorkjedene, særlig på firdobbelte strekkjeder i forankringsmastene, ført til overslag. Problemet ble løst ved å øke isolasjonsnivået gjennom å sette inn flere isolatorskåler i kjedene.

Lenger vest, i området fra mast 40 til 60, har enkelte master blitt forsterket mot snøsig ved å støpe inn nedre del av mastebeina. Et annet problem har vært at forgitringen i nedre del av mastesidene har vibrert løs på grunn av sterk vind. Dette kan potensielt føre til mastehavari. Mastene er nå forsterket med dobbel forgitring, og det har senere ikke vært registrert problemer av denne typen.

Landskap og miljø

Selv om Dagali ligger om lag rett øst for kraftverket i Sima, går ledningen først rett nordover og deretter i en stor sving rundt Hardangervidda nasjonalpark og området rundt Hardangerjøkulen. Nesten umiddelbart treffer den høyfjellsterreng i over 1000 meters høyde. Ledningen fortsetter nord for Bergensbanen mot øst i retning Finse og Finseskaret, og dreier videre derfra i sørøstlig retning, krysser Bergensbanen på nytt ved Uksabotn og fortsetter deretter langs sørsiden av Ustevann. Fra Ustevann går ledningen østover mot Dagali transformatorstasjon. På dette siste stykket går terrenget over fra så langt bare snaufjell til en blanding av snaufjell, skog og fjellskog.

Debatten rundt trasévalget for denne ledningen var omfattende og komplisert. Samtidig som NVE-Statskraftverkene arbeidet med planene for storstilt kraftutbygging i området, la regjeringen i 1966 frem en landsplan for natur- og nasjonalparker der Hardangervidda inngikk. I 1974 ble Gro Harlem Brundtland miljøvernminister, og i mars 1977 holdt hun en tale på Rjukan der hun gikk inn for varig vern av vassdragene Dagali og Veig. Det ble også det endelige resultatet.

Planene for nasjonalpark og vassdragsvern fikk dermed store konsekvenser for ledningen Sima-Dagali, der noen av traséforslagene blant annet gikk gjennom de planlagte verneområdene. Det måtte utarbeides nye traséalternativer der man tok



hensyn til de nasjonale verneinteressene på Hardangervidda og rundt Hardangerjøkulen, noe som igjen bød på store utfordringer både teknisk og økonomisk. Avgjørende for løsningene var også hensynet til villreinen, samt opplevels-, friluftslivs- og naturverdiene. Til slutt valgte man traséløsninger som i størst mulig grad gikk gjennom områder som allerede var berørt av vannkraftutbygging og/eller annen infrastruktur (hovedsakelig Bergensbanen).

Også spørsmålet om anleggsveier til ledningsbyggingen var betent. I utgangspunktet ønsket Statskraftverkene å benytte seg av jernbanen, men av hensyn til Bergensbanens regularitet ble dette gitt opp. I stedet inngikk Statskraftverkene et samarbeid med Riksantikvaren om opprustning og bruk av den gamle anleggsveien langs jernbanen. Den delen av veien som ble benyttet, ble forsterket

Sima–Dagali går gjennom et værhardt terreng, i høyder opp mot 1400 meter over havet. Som vi kan se medfører også dette store utfordringer knyttet til snø- og islast på master og liner. Foto: Svenn Erik Hagen, NVE

og beskyttet så godt som mulig, stabbesteiner ble plassert midlertidig til siden, og de aktuelle strekningene ble satt i stand igjen etter bruk. På en del av strekningen ble imidlertid ikke Riksantikvaren og Statskraftverkene enige om vilkårene for opprustning og bruk av anleggsveien. Her ble ledningsbyggingen i stedet utført med helikopter. Den opprustede anleggsveien (Rallarvegen) er for øvrig i dag en av landets mest kjente og populære sykkelruiter.

Begrunnelse

Kraftledningen mellom Sima og Dagali kan sees på som en del av det omfattende og målrettede arbeidet som NVE-Statskraftverkene, og senere Statkraft, gjorde på 1970- og 1980-tallet for å overføre elektrisk kraft fra de store kraftkildene på Vestlandet

til de store forbruksområdene på Østlandet. Videreføringen av ledningen til Nore i 1989 er allerede nevnt. Gjennom første halvdel av 1980-årene ble også Ulla-Førre-utbyggingen gradvis ferdigstilt, og herfra ble det bygget to viktige ledninger mot det sentrale Østlandsområdet i henholdsvis 1983 og 1988.

Få kraftledninger har krevd så store ressurser i planleggings- og behandlingsfasen som Sima–Dagali. Planleggingen tok omkring ti år og engasjerte i meget sterk grad alle ledd i Statskraftverkene og Elektrisitetsdirektoratet, samt NVEs generaldirektør og hovedstyre. Departementer og regjering var sterkt involvert i de to-tre siste årene, og saken engasjerte også kommuner, fylker, grunneiere og en rekke organisasjoner. Presse og

kringkasting fulgte prosessen og diskusjonen nøye.

Det meste av debatten og engasjementet dreide seg om miljøproblematikk. Byggingen av ledningen skjedde midt under arbeidet med opprettelsen av Hardangervidda nasjonalpark, som ble vedtatt i 1981. Både hensynet til nasjonalparken og til landskapsvernområdet på og rundt Hardangerjøkulen, måtte derfor ivaretas. Avgjørende var nasjonale verneinteresser, opplevelses-, friluftslivs- og naturverdier, samt hensynet til villreinen. Denne saken er et godt eksempel på hvordan overordnede miljøpolitiske beslutninger får avgjørende betydning både for planprosessen og det endelige resultatet.

Store deler av kraftledningen Sima-Dagali går i et svært vilt og værutsatt høyfjellsterreng, og størstedelen av den går i en høyde av mellom 1000 og 1200 m.o.h. På sitt høyeste når den 1425 m.o.h. i Finseskaret, og er med dette den av ledningene i sentralnettets som passerer høyest over havet. De klimatiske forholdene medfører også at ledningen er meget solid dimensjonert. Ikke minst kan nevnes simplex-linen på strekningen fra mast 9 til 75, som med en diameter på 56,7 mm var helt unikt dimensjonert da ledningen ble bygget, og som i dag fortsatt er svært uvanlig både i norsk og internasjonal sammenheng.

Sima kraftverk er i seg selv et ikke ubetydelig kulturminne fra vår moderne industrihistorie. Ved idriftsettelsen var det Norges største kraftverk, stort nok til alene å kunne forsyne en midtels stor norsk by med elektrisitet. Systemet av tunneler og haller gjorde anleggsarbeidet til en milepæl innen

Viktige momenter:

- overføring vest-øst
- høyt spenningsnivå
- værutsatt høyfjellsterreng
- debatt om trasévalg
- rekordrask ledningsbygging
- tre ulike entreprenører
- Sima kraftverk



Sima-utbyggingen var meget omfattende, og inneholder flere verdifulle tekniske kulturminner. På bildet ser vi den imponerende Sysendammen – 80 meter høy og en kilometer lang. Foto: Statkraft

fjellsprengningsteknikk. I etterkant av utbyggingen ble det brukt store ressurser på landskapstilpasning, beplantning, terskelbygging i vassdrag og oppfølging av krav til minstevannføring. Nevnes bør også Sysendammen, som med en lengde på én kilometer og høyde på 80 meter er en av de største steinfyllingsdammene i landet.

Kilder

Litteratur:

Johnsen, Rolf R. (1977): Kraftledninger fra Eidefjord-verkene. *Fossekallen*, Nr. 2, 1977: 16-18.

Johnsen, Rolf R. (1978): Kraftledninger fra Eidefjord-verkene. *Fossekallen*, Nr. 4, 1978: 7-8.

Johnsen, Rolf R. (1980): Kraftledninger fra Eidefjord-verkene. *Fossekallen*, Nr. 5, 1980: 36-38.

Muntlige kilder:

Bjørn Dag Evensen, Statnett SF
Knut Stabell, Statnett SF

Grana – Orkdal

I begynnelsen av 1980-årene bygget Kraftverkene i Orkla ledningen Grana–Orkdal med limtremaster. I tillegg til å være et teknologisk pionerprosjekt, har denne ledningen også klare kvaliteter med tanke på estetikk og landskapstilpasning.

Orkla er en av Trøndelags største elver. Den har sitt utspring i Store Orkelsjø, og munner ut ved Orkanger i Orkdalsfjorden. Vassdragets lengde er 170 km, og nedbørfeltet er 3 092 km². Høsten 1973 vedtok Hedmark Kraftverk, Sør-Trøndelag Kraftselskap og Trondheim Elektrisitetsverk å gå sammen om utbygging av Orklavassdraget, og det ble opprettet et selskap som fikk navnet Kraftverkene i Orkla (KVO). KVO satte i perioden 1978-1985 i drift fem kraftverk i Orkla, inkludert Grana kraftverk i Rennebu kommune i 1982. I forbindelse med dette ble også ledningen til Orkdal satt i drift.

De tre selskapene har senere skiftet navn, to av dem er kjøpt opp/fusjonert, og eierandelene i KVO er endret. Statkraft AS har nå (som eier av Trondheim

Energi AS) en andel på 48,6 prosent, TrønderEnergi AS har 35 prosent, Eidsiva Vannkraft AS 12 prosent, og Nord-Østerdal Kraftlag Andelsverk AS 4,4 prosent. Driftsansvaret for ledningen Grana–Orkdal ivaretas av TrønderEnergi.

I forkant av byggingen ble limtre valgt som materiale for alle mastene på ledningen. I Europa hadde dette materialet tidligere kun vært brukt i traverser og enkeltmaster, og slik sett var dette et pionerprosjekt. Ved materialvalget ble det lagt vekt på både økonomiske, miljømessige og estetiske hensyn. I tillegg fikk man muligheten til å benytte seg av lokale leverandører.

Under byggingen kunne man i snitt reise én mast per dag, forutsatt at

fundamentene var støpt på forhånd. Arbeidet ble utført av to arbeidslag – et tilretteleggingslag og et maste-reisingslag – bestående av til sammen syv mann. Som hjelp hadde de til sin disposisjon to lassbærende skogsmaskiner, hvorav den ene hadde påmontert en kraftig høytloftende kran. Noen få master, beliggende på vanskelig tilgjengelige punkter, ble reist med helikopter. Entreprenøren, A/S Linjebygg, som hadde lang erfaring med stålmaster, mente at limtremastene grovt sett ble reist på halvparten av tida som gikk med til reising av stålmaster, og da med bruk av like mange mann og maskiner.

Prosjektet med å benytte limtremaster i dette omfanget ble på forhånd møtt med noe skepsis fra enkelte



hold. Limtre har imidlertid vist seg å være svært driftsikkert, og det har ikke vært store problemer verken mekanisk eller elektroteknisk. Noen få tilfeller av hakkespettangrep har forekommet, men ikke mer enn det som er normalt for vanlige trestolper.

Teknisk utførelse

Kraftledningen har et spenningsnivå på 132 kV. Den er 41 km lang og har to uavhengige trådsett. Linetype er FeAl nr 300-54/7, med 30,15 mm diameter. Mastekonstruksjonen er tårnmaster, med et trådsett på hver side i vertikallplanet. Gjennomsnittelig spennvidde er 216 meter.

Alle de 186 mastene på ledningen (inkludert 24 forankringsmaster) er bygget av kreosotimpregnert limtre, stående på betongfundament. Limtreet ble levert av OTI A/S Orkanger og Moelven Limtre A/S. Limtreet bindes sammen med fundamentene med stålbeslag. For hver enkelt av de omkring 20 meter høye mastene går det med i gjennomsnitt ca 14 kubikkmeter ferdiglimt trevirke, i tillegg til ca tre tonn stål. Total vekt er mellom 12 og 17 tonn per mast.

Mastene har tre traverser i høyden, og disse bæres av to toppspir som hver har to masteben i mastesiden. Barduner mellom mastesidene gir avstivning for vindkrefter. Ledningens høyeste mast er 36 meter.

Landskap og miljø

Fra Grana kraftverk går ledningen rett nordover, krysser Orkla mellom Meldal og Rennebu, og går videre øst for Orkla der den berører høydedrag i omkring 600 meters høyde. Deretter går den gradvis nedover mot Orkdal transformatorstasjon, gjennom en blanding av myrområder og forskjellige skogstyper.

Limtremastene på ledningen kan sies å ha klare positive sider i et landskapsestetisk perspektiv. De har et enkelt mastebilde, med god visuell tyngdefordeling. Den mørke kreosotfargen gjør at mastene fremstår som lite synlige gjennom store deler av året. De store stålbeslagene er også malt i en



Bæremast i limtre på ledningen Grana – Orkdal. Foto: TrønderEnergi

matt mørk farge, for bedre å tilpasses resten av mastebildet og landskapet omkring. Selv om ledningen i all hovedsak tar korteste vei mellom Grana og Orkdal, ligger den for det meste skjult av skog.

Med valget av limtremaster kunne man også benytte lokale leverandører, med de miljøfordelene dette gir i form av reduserte transportutslipp. Det er også mye som tyder på at limtremaster krever forholdsvis lite energi i produksjonen sammenlignet med andre mastetyper, men sikre beregninger for dette foreligger ikke.

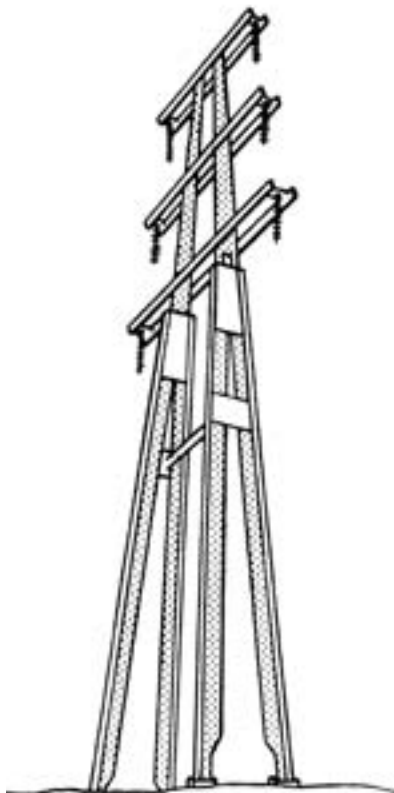
Begrunnelse

Ledningen Grana–Orkdal var den første ledningen i Europa som i sin helhet ble bygget med limtremaster. I Norge hadde limtre vært i bruk som materiale i traverser siden 1960-tallet,

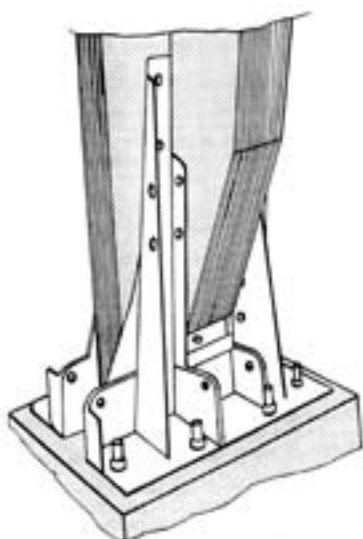
og det hadde også vært benyttet som materiale i enkeltmaster. En dobbelt 132 kV-ledning som i sin helhet ble bygget med limtremaster, må imidlertid kunne sees på som et pionerprosjekt.

Ledningen Grana–Orkdal må ses i sammenheng med den tidsepoken den ble bygget i. I årene rundt 1980 var det stort fokus på miljø- og landskapsestetiske hensyn, og man utforsket nye materialer for ledningsbygging med tanke på å ivareta slike hensyn. Ledningen utmerker seg i en slik sammenheng klart positivt. Den glir inn i terrenget og omgivelsene på en god måte.

Etter at Grana–Orkdal stod ferdig, har også enkelte andre ledninger blitt bygget med limtremaster. Av disse



Konstruksjonstegning av limtremast.
Illustrasjon: Egil Asbøll, TrønderEnergi



Konstruksjonstegning av fundamentfeste.
Illustrasjon: Egil Asbøll, TrønderEnergi



Mastebenet er festet til betongfundamentet med stålbeslag.
Foto: Henning Weyergang-Nielsen, NVE



Ledningstrasé gjennom skogkledde åser nord for Orkdal transformatorstasjon
Foto: Henning Weyergang-Nielsen, NVE

kan nevnes KVOs ledning fra Brattset til Grana, samt ledningene Allergodt-Rudshøgda, Alta-Kvænangen¹ og Evjen-Gjølme. Til tross for dette kan man fortsatt si at limtre i stor grad er unikt som materiale i kraftoverføringen.

Selv om limtre er forholdsvis uvanlig som materiale i kraftoverføringsledning, er det samtidig en viktig del av uttrykket innen store deler av nyere norsk og nordisk arkitektur. Slik sett har Grana-Orkdal en materialbruk

1) Se egen beskrivelse av ledningen Alta-Kvænangen-Nordreisa

som både er unik i kraftoverførings-sammenheng, og som samtidig er representativ for sin tids generelle arkitektoniske uttrykk.

Viktige momenter:

- Europas første kraftledning med kun limtremaster
- pionerprosjekt
- lokale leverandører
- landskapstilpasning

Kilder

Litteratur:

Asbøll, Egil (1988): *Laminated wood structures in Norwegian transmission lines*. International Conference on: Overhead Line Design and Construction: Theory and Practice, London, UK.

Sandnæs, Tore Olav (1981): Europas første kraftledning med limtremaster i Orkdalen? *Fossekallen*, Nr. 2, 1981: 4.

Muntlige kilder:

Egil Asbøll, TrønderEnergi AS
Bjørn Bergem, TrønderEnergi AS
Johan Hilstad, TrønderEnergi AS
Olaf Mikkelsen, TrønderEnergi AS

Salten – Svartisen

Med idriftsettelsen av ledningen Salten–Svartisen i 1994, fikk Norge endelig et sammenhengende innenlands sentralnett for kraftoverføring. Arbeidet med denne ledningen var i tillegg spesielt med tanke på terrengforholdene og de klimatiske utfordringene.

Gjennom hele siste halvdel av 1900-tallet har det vært en sterk vekst i strømforbruket i Norge, og det nasjonale samkjøringsnettet har dermed blitt et stadig viktigere verktøy for å kunne utnytte og fordele landets kraftressurser best mulig. I Nordland ble det tidlig klart at det fantes et stort produksjonspotensial i Saltfjellet- og Svartisen-området, samtidig som prognosene viste at Finnmark manglet kraft. I tillegg var situasjonen den at kraft til og fra Nord-Norge måtte transporteres via Sverige, ettersom det ikke var et sterkt nok samkjøringsnett gjennom Nordland. NVE-Statskraftverkene ønsket derfor allerede tidlig på 1970-tallet å bygge en stamledning gjennom Nordland,

der Kobbelv, Saltfjellet og Svartisen skulle bygges og fases inn på det nye sentralnettet.

Siste halvdel av 1970-årene var imidlertid en tid preget av sterk inflasjon og motkonjunkturpolitikk, og det var derfor vanskelig å få på plass de milliardinvesteringene som var nødvendige for å gjennomføre et slikt kraftutbyggingsprosjekt. Disse problemene forlenget prosjektet betydelig, men i 1987 ble utbyggingen av Svartisen kraftverk endelig vedtatt i Stortinget, og arbeidet kunne begynne.

Kraftledningen Salten–Svartisen må sees i sammenheng med det helhetlige arbeidet som Statkraft og senere

Statnett utførte for å knytte sammen sentralnettet gjennom Nord-Norge. Dette pågikk fra slutten av 1980-årene og frem til midten av 1990-årene. Etter at Nord-Salten som det siste separate området hadde blitt tilkoblet samkjøringsnettet i 1980, var hele landets kraftforsyning omfattet av samkjøringen, men nettene i Nord-Norge og Sør-Norge hang fortsatt ikke sammen.

En viktig milepæl ble nådd i 1989, da det sørnorske og nordnorske nettet ble koblet sammen i Salten i forbindelse med idriftsettelsen av 420 kV-ledningen Kobbelv–Salten. Imidlertid gikk fortsatt en del av innenlandsnettet gjennom Nordland på lavere spenningsnivå, og man var derfor avhengig



av det svenske nettet for riksdekkende overføringer på sentralnettsnivå. I 1992 ble et nytt viktig delmål nådd da ledningen mellom Svartisen og Nedre Røssåga stod klar til drift. Dermed gjenstod bare partiet mellom Salten og Svartisen.

Byggingen av Salten-Svartisen ble påbegynt ved årsskiftet 1991-92, for øvrig samtidig som Statnett ble skilt ut fra Statkraft som følge av den nye energiloven. Det ble derfor Statnett SF som kom til å stå for byggingen. Selve anleggsarbeidet ble delt mellom ledningskontoret på Melhus, som bygget strekningen mellom Beiarn og Svartisen, og ledningskontoret i Bjerkvik, som bygget strekningen mellom Salten og Beiarn. Det var en utfordrende oppgave som lå foran ledningsbyggerne, med kupert terreng, en rekke fjell og fjorder, vind og nordnorsk kyst- og innlandsklima. Samtidig hadde man nå opparbeidet seg mye verdifull erfaring med ledningsbygging, og helikopteret hadde etablert seg som et viktig og nyttig verktøy under slikt arbeid. Helikopteret skulle også vise seg å bli et helt uunnværlig hjelpemiddel under byggingen av Salten-Svartisen.

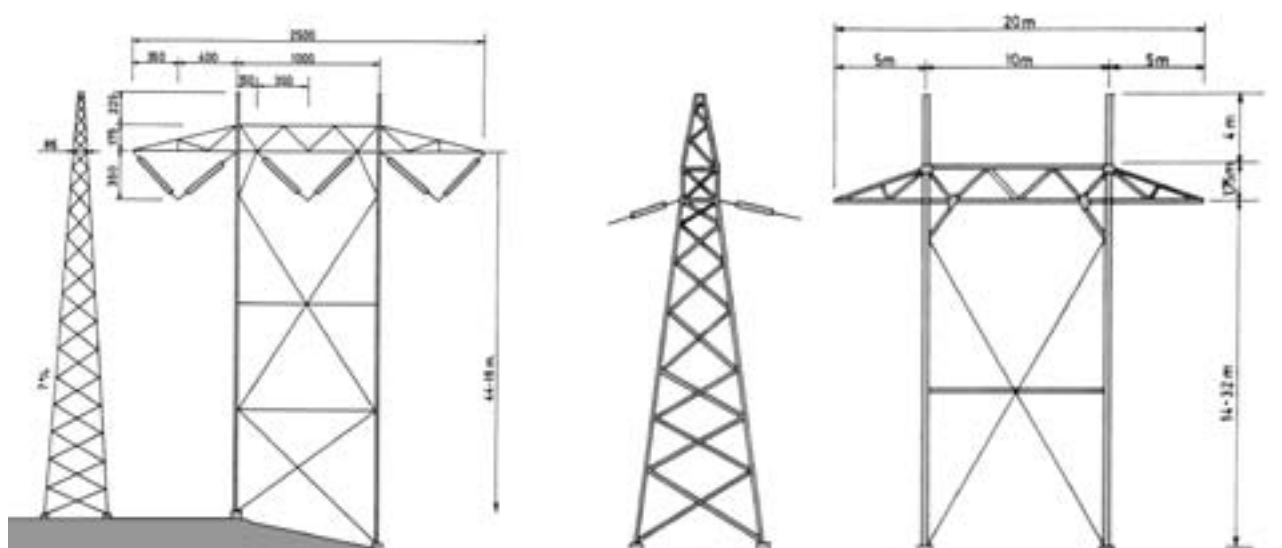
Et spesielt utfordrende element var kryssingen av Glomfjorden, en snau mil nord for Svartisen kraftverk. På nordsiden av fjorden var mastene først planlagt høyere opp i fjellsiden enn der de står i dag, men på grunn



Byggingen av ledningen mellom Salten og Svartisen kan settes i direkte sammenheng med byggingen av Svartisen kraftverk – en av landets største og mest komplekse kraftutbygginger. Bildet viser portalbygningen innerst i Holandsfjorden. Foto: Sissel Riibe, NVE

av grunnforholdene her, kombinert med faren for snøskred og snøsig, ble de flyttet lavere ned mot fjorden. For at linene skulle passere over fjorden i stor nok høyde, måtte man dermed også strekke disse usedvanlig stramt. Dette førte igjen til at det oppstod sto-

re vibrasjonsproblemer med påfølgende skader på linene. Årsaken til problemene var først og fremst kombinasjonen av lengden på fjordspennet, nesten tre kilometer, og det høye strekket. For å forbedre dette ble det i etterkant lagt på reparasjonsspiraler



Mastetyper benyttet for ledningen Salten-Svartisen. Bæremast til venstre, forankringsmast til høyre. Illustrasjon: Statnett

og montert ekstra dempetiltak, både med standard dempelooer og vektlodd fordelt utover i spennet.

Mellom Glomfjorden og Svartisen kraftverk skulle ledningen i tillegg bygges gjennom det ekstremt vær- og vindutsatte Mugskaret. Her opplevde man tidlig såkalte galopperende svingninger på grunn av vind og store temperaturforskjeller. Dette innebærer at linene svinger nærmest som et hoppetau, gjerne over et lengre tidsrom, og det kan forårsake både sammenslag, kortslutning, utkobling og store slitasjeskader. Det har også etter idriftsettelsen vært store problemer med islast og sammenslag mellom toppliner og faseliner, samt overslag på grunn av saltholdig is. Som tiltak mot disse problemene er det utført flere forsterkninger og reparasjonsarbeider på ledningen. Det siste er at topplinene ble demontert og jordings-tråd gravd ned i bakken gjennom Mugskaret.

I november 1994 ble Salten–Svartisen-ledningen endelig satt i drift. Med dette ble det norske kraftnettet knyttet sammen innenlands gjennom et sterkt sentralnett fra Kristiansand i sør til Balsfjord i nord. Det ga Nord-Norge et mer stabilt og sterkt nett, med langt mindre flaskehals og prisdifferenser.

Det svært kupert og værutsatte terrenget langs Salten–Svartisen-ledningen har ført til at driften av den har vært langt fra problemfri. Is, snø og vind, som forårsaker blant annet galopperende svingninger og sammenslag av liner, har ført til en rekke slitasjeskader og langt flere driftsproblemer enn det Statnett normalt påregner. Man regner derfor med at denne ledningen også vil kreve omfattende fremtidig tilsyn.

Teknisk utførelse

Ledningen Salten–Svartisen er 123,6 km lang. Det er benyttet selvberende, innvendig bardunerte portalmaster i stål, prosjektert som bæremast eller avspenningsmast. Dette er en standard mastetype hos Statnett, og ledningen er således representativ for mastedesign på dette spenningsnivået. Ved fjordspenn og ekstremt lange



Mellom Holandsfjorden og Glomfjorden går ledningen over det ekstremt vær- og vindutsatte Mugskaret. Foto: Ståle Enge, Statnett

spenn har ledningen enfasemaster i stål. Til sammen er det 307 master.

De strømførende linene er av typen duplex FeAl 380, med diameter 34,03 mm, det vil si stålaluminiumsliner med to ledere per fase. Dette er en vanlig teknisk løsning på kraftoverføringsledninger av denne dimensjonen. Gjennom Mugskaret og over det 2940 meter lange Glomfjordspennet er det benyttet simplexliner med diameter 56,7 mm. I avspenningsmastene er det montert doble eller firdoble isolatorkjeder, og i bæremastene V-kjeder. Det er benyttet glassisolatorer med forskjellig bruddstyrke.

Landskap og miljø

Fra Svartisen kraftverk går ledningen et kort stykke i nordvestlig retning oppover i fjellsiden på nordsiden av Holandsfjorden, før den dreier i nordøstlig retning ned gjennom det ekstremt vindutsatte Mugskaret, og går videre i spenn over Glomfjorden. Ledningen fortsetter deretter mot nordøst, går på østsiden av Glombreen og over Sokumvatnet, og krysser så Beiardalen sørøst for Beiarn sentrum. Videre fortsetter den østover og krysser Saltdalen ved Rognan, før den igjen svinger i nordøstlig retning og kommer inn til Salten transformatorstasjon like ved Siso kraftverk. Terrenget



Fra Svartisen kraftverk går ledningen opp i fjellet på nordsiden av Holandsfjorden. Nedenfor ser vi ledningen Svartisen–Nedre Røssåga. Foto: Henning Weyergang-Nielsen, NVE

langs traseen er i hovedsak skog, fjellskog og snaufjell, men ledningen berører også bebygde strøk og dyrket mark.

Trasévalget stod først og fremst mellom en ytre eller indre trasé. Ytre trasé ville ikke ha kommet inn ved Siso, men lenger ut mot regionalnettet, og nærmere Bodø. Den ville derfor ha lagt bedre til rette for lokal videreføring, men ville også ha gått tett på Saltstraumen. Indre trasé ville i mindre grad berøre bebyggelse, men til gjengjeld berøre omdiskuterte områder i både Beiarn og Saltdalen. Jord-, skogbruks- og reindriftingsinteressene foretrakk i hovedsak det ytre alternativet, mens friluft- og naturverninteressene foretrakk det indre. De fleste berørte kommunene var generelt skeptiske til ledningsføring innenfor egne kommunegrenser. Til slutt ble indre trasé valgt, først og fremst på grunn av hensynet til områder med mye bebyggelse.

Et vanskelig tema var kryssingen av Saltdalen, og det ble her utredet flere traséalternativer. Saltdal kommune

ønsket i utgangspunktet en kryssing av Saltdalen lenger sør enn det som ble det endelige utfallet. Dette ville imidlertid gjøre ledningen både lengre og mer utsatt for hardt vær og snøskred. Det hele endte med en kompromissløsning der den ikke ble lagt så langt sør som kommunen ønsket. Traseen ble i stedet lagt nær Europaveien, like ved der denne krysser Saltdalselva sør for Rognan sentrum. Dette skjedde i en samordnet planlegging, der istandsetting etter arbeidet blant annet tilrettela for etableringen av en stor rasteplass delfinansiert av Statnett. Ledningen ble med dette adskillig mer synlig for befolkningen i Rognan, men man unngikk samtidig snøskredfare.

En sentralnettsledning av Salten–Svartisens dimensjoner vil nødvendigvis være et tydelig visuelt inngrep i landskapet. Samtidig berører denne ledningen i forholdsvis liten grad befolkede områder, og det storslåtte landskapet er med på å tone ned ledningens visuelle fremtoning.

Begrunnelse

Sentralnettet for kraftoverføring i Norge fungerer som et puslespill med mange ledninger som skaper en fungerende helhet. I dag er ledningen Salten–Svartisen en brikke i dette puslespillet på linje med alle andre. Det som imidlertid gjør akkurat denne brikken spesiell, er at det var da denne ble lagt på plass at vi en gang for alle fikk et sammenhengende innlands sentralnett. Idriftsettelsen av denne ledningen vil derfor bli stående som nok en milepæl i norsk kraftoverføringshistorie.

Gjennom 1980-årene og frem til midten av 1990-tallet, utførte i tur og orden NVE-Statskraftverkene, Statkraft og Statnett et betydelig arbeid med å få på plass et sterkt sentralnett gjennom vår nordligste landsdel. Salten–Svartisen-ledningen må sees i perspektiv av dette helhetlige arbeidet og den betydningen det hadde. Allerede tidlig på 1980-tallet var et sterkt nett satt i drift gjennom Troms, og i 1989 kom koblingen som sørget for at hele landets sentralnett kunne kommunisere.

Ledningen Svartisen–Nedre Røssåga fra 1992 er også nevnt. Denne ledningen var for øvrig svært værutsatt og dermed et komplisert prosjekt rent teknisk. Til slutt kom idriftsettelsen av Salten–Svartisen i 1994, som førte til at man ikke lenger var avhengig av det svenske nettet for kraftoverføringer på sentralnettsnivå.

Salten–Svartisen-ledningen har også hatt stor betydning for den generelle flyten i samkjøringsnettet. De hydrologiske forholdene i Sør- og Nord-Norge utfyller hverandre meget godt, og kombinert med de gode reguleringsmulighetene i Saltfjellet og Svartisenområdet gir dette en stor gevinst.

Ledningen går gjennom et område der terreng og klima har gitt Statnett store utfordringer, både under bygging og drift. Dette har også ført til at ledningen har fått enkelte tekniske løsninger utenom det vanlige. Både over Mugskaret og Glomfjordspennet måtte det iverksettes forsterkninger og en rekke spesialtiltak for å forhindre svingninger og vibrasjoner på linene. Glomfjordspennet har for øvrig også det høyeste linestrekket av alle Statnetts fjordspenn. Salten–Svartisen er med andre ord et viktig teknisk kulturminne.

Viktige momenter:

- omfattende nyere utbygging
- knyttet sammen sentralnettet innenlands
- svært kupert og værutsatt terreng
- Glomfjordspennet
- representativ masteteknikk
- Svartisen en av landets mest komplekse kraftverksutbygginger



Ledningen Salten–Svartisen er svært værutsatt, og ofte kan det legge seg store mengder snø og is på linene. Her viser Bjørn Johansen, Alfinn Brennvollen og daværende ledningsmester i Statnett Lorents Sandmo frem deler av en "ispølse" som har falt ned fra en av de strømførende linene i Mugskaret. Foto: Ståle Enge, Statnett

Kilder

Litteratur:

Barth-Jacobsen, Bjørn & Strand, Inge (2003): *Kraft og politikk – i lys av Salten Kraftsamband*. Bodø: Odds interbok.

Morch-Hansen, Stein (1983): Nye 420 kV ledninger i to etapper fra Kobbelv til Nedre Røssåga. *Fossekalen*, Nr. 9, 1983: 17-18.

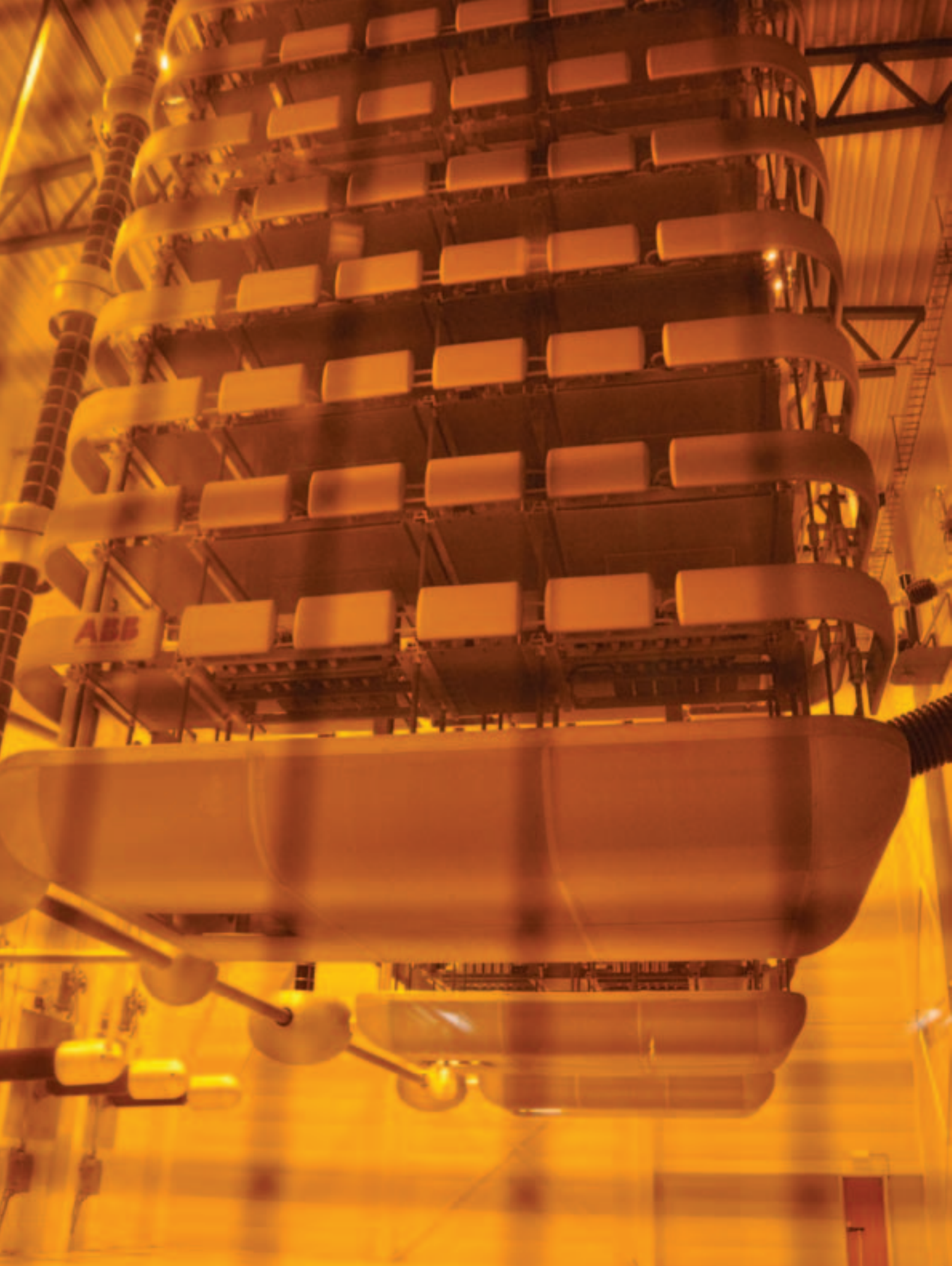
Rønningsbakk, Kjell (2001): Statnett gjennom ti år. i Rønningsbakk (red.): *Balansekunst – Statnett 10 år*. Oslo: Statnett/Preutz grafisk.

Muntlige kilder:

Tore Kim Lunde, Statnett SF
Idar Maurseth, Statnett SF
Rolf Risdal, Statnett SF
Knut Stabell, Statnett SF

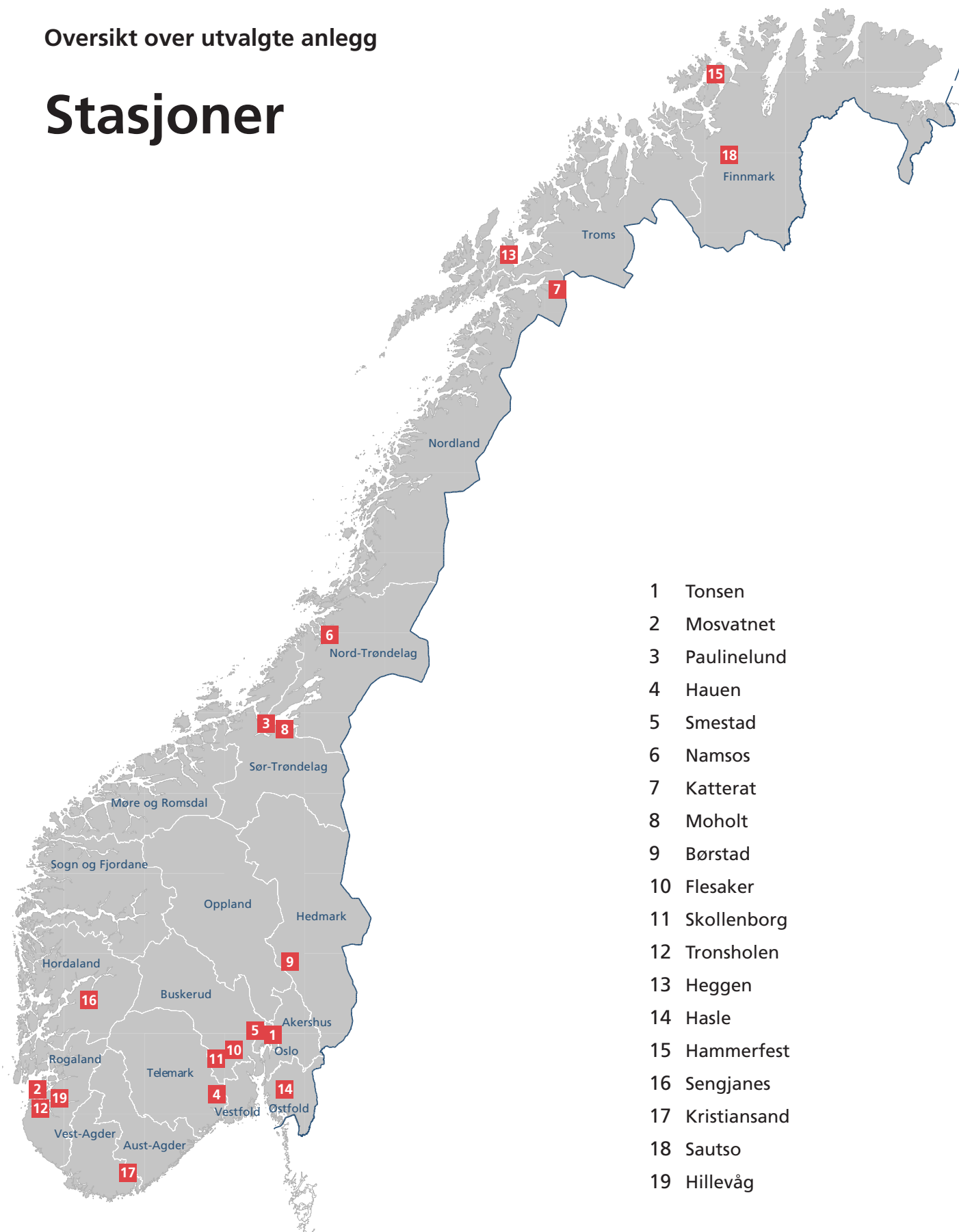


420 kV-sentralnettsledning over Vikafjell i Sogn. Foto: Henning Weyergang-Nielsen, NVE



Tyristorventiler i strømreteranlegget for Skagerrakforbindelse 3 ved Kristiansand transformatorstasjon.
Foto: Henning Weyergang-Nielsen, NVE

Stasjoner



- 1 Tonsen
- 2 Mosvatnet
- 3 Paulinelund
- 4 Hauen
- 5 Smestad
- 6 Namsos
- 7 Katterat
- 8 Moholt
- 9 Børstad
- 10 Flesaker
- 11 Skollenborg
- 12 Tronsholen
- 13 Heggen
- 14 Hasle
- 15 Hammerfest
- 16 Sengjanes
- 17 Kristiansand
- 18 Sautso
- 19 Hillevåg

Tonsen

Kykkelsrudanlegget var landets største kraftproduksjons- og overføringsanlegg da det ble satt i drift i 1903. Langs den rekordlange ledningen fra Kykkelsrud kraftverk i Østfold til Slemmestad i Buskerud finner vi Tonsen transformatorstasjon. Hit kom kraften fra Glomma før den ble fordelt til Aker herred og hovedstaden Kristiania de første tiårene av 1900-tallet.

Tonsen transformatorstasjon ligger i nedre del av Groruddalen, noen hundre meter fra Sinsenkrysset i Oslo, og med Aker sykehus som nærmeste nabo. Stasjonen hørte til Kykkelsrudanlegget, som ble bygget ut tidlig på 1900-tallet. Vi tar her spesielt for oss transformatorstasjonen, men beskrivelsen vil også omhandle Kykkelsrudanleggets historie.

Forrige århundreskifte markerte starten på en større utbredelse av elektrisitetsforsyningen i hovedstadsområdet. Man hadde begynt å utnytte vannkraft til elektrisitetsproduksjon, og det var blitt teknisk mulig å over-

føre elektrisk kraft over lengre avstander. Hovedstaden Kristiania, som på den tiden omfattet kun de sentrale delene av dagens Oslo, hadde hittil fått sin elektrisitet fra dampkraft, mens den store landkommunen Aker, som omkranset hovedstaden, foreløpig ikke hadde noen elektrisitetsforsyning. Da Hammeren kraftstasjon¹ i Maridalen ble satt i drift i 1900, ga dette etterlengtet strøm til byens sporveier og sentrumsområder, men det var først da man begynte å utnytte Glomma som kraftkilde at elektrisitet

til allmenn bruk kunne bre om seg i landets tettest befolkede område.

Det startet med at den lokale bruks-eieren Anders C. Furuholmen i Askim på slutten av 1800-tallet tok initiativ til å bygge ut Kykkelsrud-fallene i Glomma. Han etablerte Aktieselskabet Glommens Træsliberi, som i tillegg til å drive tresliberi, hadde til formål å bygge et kraftverk ved elva. Senere ble Glommens Træsliberi overtatt av det tyske firmaet Schuckert & Co, som også overtok byggingen og driften av kraftverket. Da Kykkelsrud sto ferdig i 1903, var dette landets hittil største kraftverk.

1) Hammeren kraftstasjon omtales nærmere i beskrivelsen av ledningen Hammeren-Oslo.





Fra Kykkelsrud bygget Glommens Træsliberi en 84 km lang overføringsledning rundt Oslofjorden til Christiania Portland Cementfabrik i Slemmestad, og 25. september 1903 startet ordinær levering av kraft til fabrikken. Ledningen var et kostbart og avansert prosjekt, og den satte ny norsk rekord i både lengde og spenningsnivå. For å unngå for store energitap, ble den lange ledningen bygget for en spenning på 20 kV, som den første i Europa. Riktignok sank spenningen til omkring 17 kV ved leveringen i Slemmestad.

Ledningen fra Kykkelsrud til Slemmestad ble lagt rundt Oslofjorden også med henblikk på fremtidig forsyning av distriktene. Etter hvert førte det til at Glommens Træsliberi leverte kraft til Røyken og Hurum i Buskerud, flere kommuner i Akershus, og til Kristiania. Hele dette anlegget, som besto av kraftstasjonen i Glomma, overføringsledninger, transformatorstasjoner og fordelingsnett, gikk under fellesbeveivelsen Kykkelsrudanlegget. I det følgende ser vi spesielt på anleggets forsyning av Aker kommune og hovedstaden.

I 1901 hadde Glommens Træsliberi fått konsesjon til å føre ledningen gjennom Aker herred. Konsesjonen omfattet også elektrisitetsforsyning av det området som ledningen passerte gjennom. Selskapet slapp i første omgang ikke til i Kristiania, men i

Bryn var en av Kykkelsrudanleggets fem transformatorstasjoner gjennom Aker. De var ganske like og hadde fellestrekk med kraftstasjonen ved Glomma. Bygningene så ut slik som stasjonen på Bryn fortsatt gjorde i 1936.

Ukjent fotograf. Fra arkivet etter Oslo Lysverker / Oslo byarkiv

Aker var det ingen hindre, og landkommunen fikk dermed strøm før hovedstadens ytre bydeler.

Gjennom Aker ble det bygget transformatorstasjoner ved Lambertseter, Bryn, Tonsen, Riis og Lilleaker (også kalt Lysaker), og fra disse ble kraften ført ut på det lokale fordelingsnettet. De første lyskonsumentene ble tilkoblet julekvelden 1903 og de første motorkonsumentene i februar 1904. Holmenkollbanen inngikk snart avtale om strømleveranse fra Kykkelsrud, og det samme gjorde flere bedrifter i Aker. Det skulle gå flere år før bruken av elektrisitet fikk noe større omfang, men fra rundt 1910 gikk forbruket sterkt opp.

Kykkelsrudanlegget ble viktig for elektrisitetsforsyningen i Aker, og etter hvert også for hovedstaden, som i 1904 faktisk hadde takket nei til å kjøpe det nybygde anlegget. I 1906 begynte Kristiania å leie kraft fra Glommens Træsliberi, og de ytre bydelene kunne omsider kobles til strømmettet. I 1918 fikk hovedstaden ca 95 prosent av sin elektrisitet fra Kykkelsrud, mens Aker på samme tid fikk all sin elektrisitet derfra. Ved siden av strøm til belysning og industri, spilte kraft til forstadsbanene en

viktig rolle i landkommunen. De elektriske forstadsbanene som førte inn til Kristiania knyttet by og land sammen, og bidro sterkt til utviklingen av Aker fra bondebygd til forstad.

Det var altså et privat selskap som sto for strømleveransen til Aker og ytre deler av hovedstaden de to første tiårene av 1900-tallet, men i begynnelsen av 1920-årene ble dette monopolet utfordret. Fordelingen av lys og kraft til såkalt borgerlig behov ble etter hvert anerkjent som en kommunal oppgave, og etter flere års modningstid ble Aker Elektrisitetsverk etablert i 1922. Kommunen overtok Glommens Træsliberis transformatorstasjoner og fordelingsnett i Aker, mens overføringsledningen fra Kykkelsrud og ledninger til enkelte nabokommuner fortsatt ble eid av selskapet. I tillegg til kraften som Aker Elektrisitetsverk leide fra Glommens Træsliberi, ble det inngått kontrakt med Akershus Elektrisitetsverk om å leie kraft fra den nye Rånåsfoss kraftstasjon i Glomma, satt i drift i desember 1921.

Transformatorstasjonen på Tonsen var i flere tiår hovedmottaker av kraften fra Glomma til hovedstadsområdet. Siden starten i 1903 har stasjonen gjennomgått mange utbygginger, i



takt med at strømforbruket økte og det ble levert kraft fra flere produ-senter. Etter hvert som gamle over-føringsledninger ble oppgradert, nye ledninger kom til og fordelingsnett et ble utbygd, måtte også det tekniske anlegget og bygningen på Tonsen ut-vides og moderniseres.

De første årene leverte stasjonen elek-trisitet kun innenfor Aker, men da Kristiania i 1906 begynte å leie kraft fra Kykkelsrud, ble denne også levert gjennom Tonsen. Da Aker Elektrisi-tetsverk overtok stasjonen i 1922, ble kraften fra Rånåsfoss også levert til Tonsen. Etter salget leide Glommens Træsliberi lokaler i bygningen til koblingsarrangement og transforma-torstasjon for de ledningene som sel-skapet fortsatt eide.

20. juli 1933 inntraff en større kata-strofe ved Tonsen. Lynet slo ned i sta-sjonen og førte til at hovedtransfor-matorene ble totalt ødelagt, og det ble store brannskader på bygninger og materiell. Etter brannen ble trans-formatorstasjonen gjenoppbygd og modernisert, og kunne settes i drift igjen våren 1935. Etter hvert som det ble oppført nye innføringsstasjoner til hovedstadsområdet på andre steder rundt byen, gikk Tonsen fra 1952 over

Etter 1903 ble transformatorstasjonen utvidet flere ganger. Den nyromanske fløyen til høyre fra 1909 er tegnet av Thorvald Astrup. Verkstedfløyen til venstre i nyklassisistisk stil ble oppført i 1928 etter tegninger av Jørgen H. Berner.

Fotograf ukjent. Oslo Museum/OB.NW3684

til å bli en sekundærstasjon som mot-tok kraft fra disse.

En lang periode fungerte Tonsen som koblingssentral med helkontinuerlig skiftbetjening for løpende manøvre-ring og kontroll av ubetjente trans-formatorstasjoner i ytre sone av Oslo, som er tidligere Aker kommunes om-råde med transformatorstasjoner for 47 kV. Etter den store utbyggingen av understasjoner i Oslo fra 1960-årene var det ikke plass til å betjene alle disse fra Tonsen, og for å avlaste ble det i 1967 opprettet nye koblingsstasjoner på Ullevål og Tøyen. Fra 1967 fun-gerte Tonsen som koblings- og drifts-sentral for omtrent en tredjedel av Oslo Lysverkers understasjoner. I 1987 ble denne funksjonen overført til Oslo Lysverkers driftssentral, og sentralen på Tonsen ble fjernet. Ved Tonsen har det stått flere boliger for blant annet stasjonsbetjeningen, men da det ikke lenger var behov for disse, ble husene solgt, og de er nylig erstattet med boligblokker.

Siden 1903 har transformatorstasjo-nen på Tonsen hatt forskjellige eiere. Den første, Glommens Træsliberi, ble

tidlig på 1900-tallet overtatt av tysk-eide Schuckert & Co, som i 1910 solgte aksjemajoriteten i selskapet til Hafslund. I 1922 tok så Aker Elektrisitets-verk over stasjonen. Da Aker og Oslo ble til én kommune i 1948, ble Oslo Lysverker eier. I 1991 ble Oslo Lys-verker omdannet til Oslo Energi AS, som i 2001 ble kjøpt opp av Hafslund ASA. Hafslund har fra det ble stiftet i 1898 og frem til i dag vokst til et stort børsnotert konsern, med Hafslund Nett som ett av forretningsområdene. Hafslund Nett er i dag landets største nettselskap.

Teknisk utførelse

Den første transformatorstasjon på Tonsen var utstyrt med to transforma-torer på 75 kVA som nedtransformerte vekselstrøm fra 17 til 5 kV for forde-lingsnettet. I 1909 var hele Kykkels-rudanlegget ferdig modernisert, nye 47 kV-ledninger var strukket fra Kyk-kelsrud, og stasjonens primærspen-ning var oppgradert til 47 kV. Strøm-men som gikk til Kristiania og til konsumentene i nærmeste omegn, ble nedtransformert til 5 kV, mens den som ble ført videre til de andre



Kontrollrommet ved Tonsen koblingsentral i 1964. Foto: P.O. Breifjell / G. Herføl. Fra arkivet etter Oslo Lysverker / Oslo byarkiv

transformatorstasjonene i Aker ble nedtransformert til 17 kV. I 1922 ble det tekniske anlegget utvidet for å ta imot ny 47 kV-ledning fra Rånåsfoss, og ikke lenge etter ble det utvidet igjen for å føre nye 47 kV-ledninger mot Lysaker, Kastellet og Grorud. I 1931 hadde Tonsen fire transformatorer; to for 47/17 kV og to for 47/5 kV.

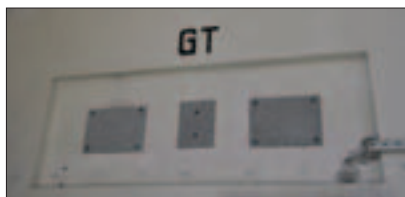
Brannen i 1933 førte til at hele det tekniske anlegget måtte fornyes, og det ble nå lagt stor vekt på størst mulig driftssikkerhet og minst mulig brannfare. Hovedtransformatorene ble plassert utendørs. I ettertid er det satt opp skjermvegger og bjelkestengsler av betong rundt dem. Ved gjenoppbyggingen ble det også lagt til rette for en moderne automatisering med fjernstyring, fjernmåling og fjernmelding, styrt fra et nytt kontrollrom i stasjonen.

Det tekniske anlegget i stasjonen er senere blitt ytterligere oppgradert og modernisert. I både Tonsen og flere andre understasjoner i Oslo ble det tidlig montert helkapslete apparatanlegg, såkalt Reyrolle-anlegg, for 11 kV. Dette var en type apparatanlegg som ble konstruert i 1920-årene og tatt i bruk i gruveindustrien i England for å beskytte komponenter og utstyr mot støvplager, og for å redusere plassbe-

hovet. Oslo Lysverker var forut for sin tid da selskapet rundt 1940 besluttet å ta i bruk slike helkapslete anlegg.

I 2007 ble stasjonen bygget om, og det ble installert tre nye transformatorer som nedtransformerer fra 47 til 11 kV for fordelingsnettet i Oslo. Samtidig ble Reyrolle-anlegget demontert og erstattet med et nytt 11-kilovolts, helkapslet anlegg. Stasjonen har i dag koblingsanlegg for henholdsvis 47 og 11 kV. Spenningsnivået på 47 kV er spesielt for Oslo – dette var spenningsnivået for det tidligere Aker Elektrisitetsverk.

Etter at Tonsen gikk over til å bli en sekundærstasjon fra 1952, er det revet flere fjernledninger inn til stasjonen som det ikke lenger var bruk for. Noen ledninger er også lagt i kabel. Ut fra



I 1922 tok Aker Elektrisitetsverk over Tonsen transformatorstasjon, og Glommens Træsliberi leide deretter lokaler i stasjonen. Initialene GT er fortsatt synlig inne i bygningen. Foto: Sissel Riibe, NVE

stasjonens fasader går det i dag luftledninger for 47 kV spenning mot Korsvoll, Ulven og Linderud.

Arkitektur

Kykkelsrudanleggets transformatorstasjoner gjennom Aker – Lambertseter, Bryn, Tonsen, Riis og Lilleaker – var nesten like bygninger, med fasader av pusset teglstein og mørke dekordetaljer. Det var også flere fellestrekk mellom disse bygningene og kraftstasjonen ved Kykkelsrud. Tegningene kan muligens ha blitt utført av tyske arkitekter for Schuckert & Co. I dag er det bare på Bryn at den opprinnelige bygningen er bevart, og der er den forlenget med en nyere stasjon.

Den første stasjonsbygningen på Tonsen lignet på den vi ser på Bryn i dag. Stasjonen ble allerede i 1909 utvidet med en større bygning i nyromansk stil etter tegninger av arkitekt Thorvald Astrup. I 1922 ble det satt opp et tilbygg på tre etasjer mot nordøst for å kunne ta imot kraft fra Rånåsfoss. Da stasjonen ble utvidet igjen i 1928 med en ny verkstedsfløy mot sørvest, kom en ny arkitekt inn i bildet. Jørgen H. Berner ga denne fløyen et nyklassisistisk preg, ganske forskjellig fra Astrups bygning fra 1909. Det



samme tiåret tegnet Berner, sammen med sin bror Carl, også Oslo Elektrisitetsverks store transformatorstasjon på Smestad², og den noe mindre Kastellet på Nordstrand.

Etter den store brannen i 1933 var det kun fløyen fra 1928 og grunnmurene i naturstein som ikke var helt ødelagt. Da stasjonen skulle gjenoppbygges, ble Jørgen H. Berner igjen engasjert som arkitekt, mens ingeniørene Orvin & Wibe stod for tekniske beregninger og konstruksjonstegninger. Berner videreførte det nyklassisistiske preget som den gjenstående fløyen hadde, men brukte et noe strammere formspråk i de nye delene.

Stasjonen som sto ferdig i 1934 var litt større enn den forrige, og besto av tre hovedvolumer med forskjellige høyder og takkonstruksjoner. Den gjenstående fløyen mot sørvest har tverrstilt saltak, midtpartiet har langsgående saltak, og fløyen mot nordøst har tilnærmet flatt pyramidetak. Sørvestfløyen ble reparert, og betongveggene ble utvendig kledd med teglstein. Bygningens midtparti ble oppført i armert betong, mens nordøstre fløy ble oppført som teglsteinsbygning med armerte betongbjelkelag. Taket ble tekket med kobberplater.

I 1974 så transformatorstasjonen fortsatt ut som den gjorde etter gjenoppbyggingen 40 år tidligere. Foto: I. Davies. Fra arkivet etter Oslo Lysverker / Oslo byarkiv

Opp gjennom årene er det foretatt en god del innvendige ombygginger og ominnredninger ved stasjonen, men sett fra utsiden fremstår bygningen langt på vei som den var etter gjenoppbyggingen i 1934. Med unntak av enkelte vinduer som er blitt forblendet, nye branndører og ny port til verkstedet i sørvestfløyen, er fasadene ganske godt bevart. Det nyklassisistiske preget er fortsatt til stede, med kjennetegn som glattpussede fasader uten dekor, tempelgavler, sammenhengende kraftige gesimser, tannsnittboder og rundbuevinduer. Verdt å merke seg er også de inntrukne balkongene på sørvestfløyen, brannbalkonger som løper rundt fasadene, samt plater innfelt i fasadene der luftledningene føres inn. Hele bygningen er utvendig pusset med en lys oker farge.

Begrunnelse

Kykkelsrudanlegget var landets største kraftproduksjons- og overføringsanlegg da det ble satt i drift i 1903. Kraftstasjonen ved Kykkelsrud ruvet i både norsk og internasjonal sammen-

² Se egen beskrivelse av Smestad transformatorstasjon.

heng, og den er et av de 27 anleggene av nasjonal kulturhistorisk verdi som er presentert i prosjektet "Kulturminner i norsk kraftproduksjon" fra 2006. Overføringsledningen derfra var ikke mindre oppsiktsvekkende. Den 84 km lange ledningen rundt Oslofjorden var den lengste kraftoverføringen som var bygget her i landet til da, og den satte i tillegg norsk og europeisk rekord i spenningsnivå med sine 20 kV. I dette anlegget tok man til gagns i bruk teknologien som gjorde det mulig å overføre store kraftmengder over lange avstander.

I tillegg til anleggets imponerende tekniske egenskaper, representerte det også det første norske eksemplet på et elforsyningssystem som omfattet et større, regionalt område. En tredje interessant side ved Kykkelsrudanlegget, er som eksempel på overgangen fra private interesser til kommunalt ansvar i elektrisitetsforsyningen.

Transformatorstasjonen på Tonsen var en viktig brikke i det store Kykkelsrudanlegget. Det var denne stasjonen som ble hovedmottaker av kraften som skulle til Aker herred, og

etter hvert også til hovedstaden. Da det nystiftede kommunale Aker Elektrisitetsverk tok over Tonsen i 1922, fikk stasjonen en enda viktigere rolle: kraften fra Rånåsfoss ble levert hit. Stasjonen hadde en lang periode også en viktig funksjon som koblings- og driftssentral for de ytre bydeler i Oslo.

Nåværende stasjon på Tonsen ble gjenreist i 1934 etter tegninger av arkitekt Jørgen H. Berner. Den monumentale bygningen er et godt eksempel på mellomkrigstidens industriarkitektur. Utvendig er det nyklassisistiske preget i både hovedform og detaljer fortsatt godt bevart. Bygningen er vurdert som bevaringsverdig av byantikvaren i Oslo, og den har også fått fin omtale i en ny kulturhistorisk guide for Groruddalen.

I dag finnes en ca 3,5 km lang strekning gjennom Østmarka med opprinnelig materiell fra 47 kV-ledningen som ble bygget fra Rånåsfoss til Tonsen i 1922. Bortsett fra denne er de eldste overføringsledningene fra Kykkelsrud og Rånåsfoss blitt revet eller ombygd. Transformatorstasjonen på Tonsen er dermed et av de få materielle spor fra den tidlige elektrisitetsforsyningen i hovedstadsområdet. Den er ikke minst med på å formidle historien om den sentrale rollen som Glomma hadde i elektrisitetsforsyningen de første tiårene på 1900-tallet.



Luftige lokaler står i dag tomme.
Foto: Sissel Riibe, NVE



Ved gjenoppbyggingen etter brannen i 1933 ble hovedtransformatorene plassert utendørs. Foto: Sissel Riibe, NVE

Viktige momenter:

- Kykkelsrudanlegget fra 1903
- Kykkelsrud kraftstasjon
- ledning med rekord i spenning og lengde
- første norske eksempel på regionalt elsystem
- fra privat til kommunal elektrisitetsforsyning
- Glommens Træsliberi
- hovedmottaker av kraft fra Kykkelsrud og Rånåsfoss
- koblings- og driftssentral
- monumental arkitektur - Jørgen H. Berner
- vurdert bevaringsverdig av byantikvaren i Oslo

Kilder

Litteratur:

Akers Elektrisitetsverk (1932): *Akers Elektrisitetsverk 1922/1932. Årsberetning og regnskap 1931*. Oslo: Nationaltrykkeriet.

Amundsen, Hans (1947): *Aker elektrisitetsverks historie 1922-1947*. Oslo.

Eliesen, Gry m.fl. (2010): *Oppdag Groruddalen! En kulturhistorisk guide*. Oslo: Byantikvaren i Oslo.

Johannessen, Finn Erhard (1992): *I støtet – Oslo Energi gjennom 100 år. 1892-1992*. Oslo: Ad Notam Gyldendal.

NVE (2006): *Kulturminner i norsk kraftproduksjon*. Oslo: Norges vassdrags- og energidirektorat, rapport nr. 2/2006.

Næss, Atle (1998): *Fossekraft og lange linjer. Hafslund ASA 1898 - 1998*. Gyldendal Norsk Forlag.

Skjold, Dag Ove og Thue, Lars (2007): *Statens Nett. Systemutvikling i norsk elforsyning 1890-2007*. Oslo: Universitetsforlaget.

Arkiv:

Oslo kommune, plan- og bygnings-etaten

Muntlige kilder:

Bjørn Balke, Hafslund Nett
Steinar Karlsrud, Hafslund Nett
Arvid Smith, Hafslund Nett
Anne Spilling, Hafslund Eiendom
Rune Thomassen, Hafslund Driftssentral

Mosvatnet

Elektrisiteten var viktig for utviklingen av hermetikkindustrien i Stavanger fra begynnelsen av 1900-tallet. Helt fra 1909 til 1957 var transformatorstasjonen ved Mosvatnet den eneste som forsynte industrien og byen med strøm. Like ved den monumentale stasjonen ligger Gamlingen svømmestadion med et utendørsbasseng som tidligere ble varmet opp av kjølevannet fra transformatorene.

Den 10. desember 1909 ble strømmen satt på for første gang på bynettet i Stavanger. Samme kveld holdt bystyret møte, og dagen etter meldte lokalavisen at det elektriske lyset "modtoges med et varmt velkommen i form av haandklap", og at "lyset brændte overmaade rolig og smukt"¹. Det hadde da gått ti år siden spørsmålet om å bygge elektrisitetsverk ble tatt opp første gang.

Det var en markert industrivekst i Stavanger i 1890-årene, og særlig hermetikkindustrien ekspanderte. Kraftbehovet var økende, og det var derfor naturlig at spørsmålet om å bygge

elektrisitetsverk dukket opp. I 1899 fikk bykommunen tilbud om å kjøpe fallrettigheter i Oltedalsvassdraget noen mil sørøst for Stavanger, og i november samme år var det en intens diskusjon i bystyret om en skulle satse på å bygge et elektrisitetsverk eller ikke.

Etter en åtte timers lang debatt vedtok bystyret med 30 mot 28 stemmer å kjøpe fallrettighetene, og å bygge kraftverk i Oltedal. Fossekraften skulle omformes til elektrisitet og overføres i høyspentledning fra Oltedal

1) Nerheim 1998:43

til Stavanger. Det var imidlertid liten interesse for å kjøpe elektrisitet, og overføring helt fra Oltedal ble dessuten vurdert som alt for risikabelt. Utbyggingen ble derfor stilt i bero, og det skulle gå flere år før planene ble tatt opp igjen. Kommunen hadde nylig overtatt byens gassverk og valgte å satse på gass fremfor elektrisitet.

Etter hvert som Stavanger-industriens kraftbehov økte, satte fabrikkene frem krav om elektrisk kraft til drift av elektromotorer, som var mer effektive og økonomiske i drift enn gassmotorer. Kravet ble tatt alvorlig, og i februar 1907 besluttet bystyret





Tidlig skisse av transformatorstasjonen. Illustrasjon: Lyse Energi AS

at det skulle bygges et kommunalt elektrisitetsverk ved Oltedalsfossen. Kraftstasjonen i Oltedal var driftsklar i 1909, og derfra var det strukket en overføringsledning til Mosvatnet transformatorstasjon like innenfor bygrensen i Stavanger. Her ble strømmen nedtransformert til fordelingsnett i byen.

Da Stavanger endelig fikk strøm, var byen blant de siste av større norske byer som fikk elektrisitetsverk. Til gjengjeld fikk elektrisiteten fort stor utbredelse. Det elektriske lyset erstattet parafinlampene i private hjem, butikker og skoler, og allerede i 1918 var alle gatelys i byen blitt elektriske. Men den største delen av strømforbruket gikk til drivkraft i industrien, og spesielt til hermetikkfabrikkene som var blitt den dominerende bransjen i byens næringsliv. På det meste, i 1925, var det 59 slike fabrikker i Stavanger.

Stasjonen ved Mosvatnet var fra 1909 til 1957 den eneste transformatorstasjonen for forsyning av strøm til byen. Nå har stasjonen vært i drift i vel hundre år, og den er blitt utvidet og ombygget en rekke ganger, i takt med økt kraftproduksjon og forsterket overføringsnett til byen. Stor etter-

2) Om Lyse kraftverk: Se beskrivelse av ledningen Lysebotn–Tronsholen.

spørsel etter elektrisitet under første verdenskrig ledet til full utbygging av kraftverket i Oltedal. I tillegg ble det bygget et mindre kraftverk i Oltesvik. Men først etter at Stavanger Elektrisitetsverk i 1918 begynte å motta kraft fra Flørli kraftstasjon i Lysefjorden, var byens innbyggere sikret tilstrekkelig lys, kraft og varme i mellomkrigstiden.

I 1953 begynte Lyse kraftverk² å levere strøm til blant annet Stavanger, og de første årene var Mosvatnet transformatorstasjon byens hovedformidler av denne kraften. I 1959 fordelte Mosvatnet 70 prosent av strømforbruket i Stavanger, men andelen avtok etter hvert som det ble bygget transformatorstasjoner andre steder i byen.

Våren 1957 ble det tatt i bruk et utendørs, helårsåpent svømmebasseng på Gamlingen like ved transformatorstasjonen. Om sommeren brukte man tidligere kjølevatnet fra transformatorene til å varme opp bassenget, og om vinteren ble anlegget utnyttet som kjølevannsbasseng.

Mosvatnet er ikke lenger hovedtransformatorstasjon for Stavanger, men har fortsatt en sentral rolle i strømforsyningen til deler av byen. Stavanger Elektrisitetsverk, som i sin tid satte opp transformatorstasjonen, ble i 1998 en

del av det nye energikonsernet Lyse Energi AS, som i dag eies av 16 kommuner i Sør-Rogaland. Stasjonen eies i dag av Lyse Elnett AS, et av Lyse Energis heleide datterselskaper for henholdsvis produksjon, gass, handel, nett, tele og marked.

Teknisk utførelse

Da stasjonen ble satt i drift i 1909, tok den imot kraft fra Oltedal kraftstasjon over en 33 km lang kraftledning med trefase vekselstrøm og en spenning på 30 kV. Det var til å begynne med to transformatorer, hver på 1300 kVA, som nedtransformerte strømmen til 6 kV før den ble fordelt i et underjordisk kabelnett til 18 transformatorkiosker i byen. I tredje etasje var det inntak med lynavledere for 30 kV-ledningen, og i andre etasje apparatanlegg for 30 kV. I første etasje var det betjeningsgang med releer montert direkte på veggen, og instrumenter i pulter langs veggen mot de seks transformatorcellene. I kjelleren under betjeningsgangen var det apparatrom for 6 kV. På nordsiden av transformatorcellene var det en transportgang som gikk gjennom verkstedet og ut i det fri.

Etter hvert som det ble levert mer kraft til Stavanger, måtte transformatorstørrelsen øke og apparatanlegget bygges om. I 1914 ble det strukket en

ledning nummer to fra Oltedal til Mosvatnet. Den ble bygget for 50 kV spenning, men ble drevet med 30 kV helt til kraftleveringen fra Flørli kraftstasjon via Oltedal begynte i 1918. Fra 1918 mottok Mosvatnet således kraft på to spenningsnivåer, og den endelige overgangen til 50 kV ble gjennomført i 1921 etter at den første ledningen fra Oltedal var bygget om. Etter dette hadde stasjonen to inngående ledninger for 50 kV spenning og tre transformatorer, hver på 6000 kVA. Senere er kapasiteten økt ytterligere, og i 1959 hadde stasjonen i alt seks transformatorer på til sammen 58 500 kVA. Da hadde stasjonen blitt utvidet for å ta imot kraften fra Lyse kraftverk som de første årene fra 1953 ble levert via Tronsholen transformatorstasjon³ i Sandnes. Senere er antallet transformatorer redusert til tre stykker som transformerer fra 50 til 10 kV.

I 1957 ble det tatt i bruk en ny innføringsstasjon på Ullandhaug, og Lyse-kraften kunne da føres med 132 kV spenning helt frem til bygrensen, der den ble nedtransformert til 50 kV og sendt videre i kabel til Mosvatnet. Samtidig ble luftledningene fra Oltedal erstattet med kabel fra bygrensen ved Auglend til Mosvatnet. Elektrisitetsverket i Stavanger hadde helt fra starten av ambisjoner om å bruke jordkabler i stedet for luftledninger, og fra transformatorstasjonen ved Mosvatnet gikk det i 1959 ut hele 26 høyspentkabler.

Kontrollrommet ved Mosvatnet fikk i 1954–1955 en del nye tavler og måleinstrumenter i forbindelse med bygging av Ullandhaug transformatorstasjon. Mosvatnet var betjent helt til denne funksjonen ble flyttet til Ullandhaug en tid etter at denne ble satt i drift.

Det gamle bygget inneholder i dag et oppgradert 50 kV-anlegg. I et større tilbygg fra 1953 er det nytt 10 kV-anlegg med kontrollrom, batterirom og verksted. Et fremtidig 50 kV-rom i tilbygget er innredet for undervisning av lærlinger.

³ Se egen beskrivelse av Tronsholen transformatorstasjon.



I 1959 gikk det ut 26 jordkabler fra transformatorstasjonen. Mange måtte trå til når kablene skulle legges ut. Foto: Lyse Energi AS



Gamle måleinstrumenter er tatt vare på i kontrollrommet. Foto: Sissel Riibe, NVE



Boligen for vaktmann ved stasjonen er i dag et hyggelig møtested for pensjonister i Lyse. Foto: Sissel Riibe, NVE

Arkitektur

Den gamle hovedbygningen på Mosvatnet transformatorstasjon er tegnet av stadskonduktør (bygningssjef i Stavanger) Michael Eckhoff, som også tegnet kraftstasjonen i Oltedal. Det er arkitektoniske likhetstrekk mellom transformatorstasjonen og kraftstasjonen, noe som det finnes flere eksempler på fra den tidlige kraftutbyggingen.

Stasjonen med verksted hadde til å begynne med en grunnflate på 8,5 m x 25,5 m. Allerede i 1913 ble det bygget til en ny fløy med egen bolig for vaktmann ved stasjonen. Da det måtte settes inn nye og større transformatorer for å betjene kraften fra Flørli, ble verkstedet utvidet, og det ble anskaffet en ny og større løpekran. Taket på verkstedet måtte heves, og transportgangen for transformatorene ble endret slik at disse ble kjørt på en utvendig skinnegang fra verksted til de enkelte cellene. Videre ble apparat-anlegget for 6 kV utvidet med et langsgående lavt utbygg mot sør.

Fra 1946 ble stasjonen utvidet seks meter vestover for å skaffe plass til to nye transformatorer og flere utgående kabler, og rundt 1950 ble den igjen forlenget for ytterligere to transformatorer. I 1953 ble det tatt i bruk et større tilbygg som inneholdt lager, transformatorverksted og kontorer for driftsavdelingene, samt bygnings-teknisk avdeling.

Den monumentale hovedbygningen i tre etasjer har et nyromansk preg. Forlengelsene mot vest fra slutten av 1940-tallet har samme stil som den eldste delen fra 1909, og fra utsiden er det ikke lett å se hva som er første byggetrinn. Hovedbygningen er oppført i teglstein med pussete fasader, flatt tak og krenelering av takgesimsen. Fasaden mot sør og nord er inndelt i lisener, og har regelmessig plasserte rundbuede vinduer. På sørfasaden er det inntak for ledninger i tredje etasje. Nordfasaden har ti store jernporter inn til transformatorcellene.

Både verkstedfløyen og den lave tverrfløyen med bolig for vaktmann har

et nyklassisistisk preg. De er murt i upusset teglstein med rundfuger og profilerte gesimser. Boligen har saltak med liten svai, og over inngangsdøren er det et buet overstykk med et planterelieff. Det store tilbygget vinkelrett på hovedbygningen har et nøkternt, men gjennomført arkitektonisk uttrykk. Det er oppført i tegl, og fasadene er seksjonert med betongpilastre. Opprinnelige vinduer mellom pilastrene er murt igjen.

I 1994–1995 ble murkonstruksjonene på anlegget rehabilitert med kalk/ sement og silikatmaling. Fasadene er malt i en lys rød-oker farge, med lysegrå pilastre på tilbygget. Porter til transformatorcellene, vindusrammer og metallbeslag er mørk gråblå.

Begrunnelse

Mosvatnet var den første transformatorstasjonen i Stavanger, og representerer en tidlig fase av kommunal elektrisitetsforsyning. De eldste fjernledningene fra Oltedal til Stavanger er lagt om eller bygget om, og stasjonen er derfor det som er igjen av det

første overføringsanlegget til byen. Elektrisiteten var viktig for byutviklingen og hermetikkindustrien tidlig på 1900-tallet, og transformatorstasjonen ved Mosvatnet var i nesten femti år den eneste for forsyning av strøm til Stavanger by.

Stasjonen har i løpet av de vel hundre årene den har vært i drift, blitt utvidet og bygget om en rekke ganger – i takt med økt kraftforbruk. Dette gjenspeiles også i arkitekturen. Den monumentale hovedbygningen fra 1909 med forlengelsene mot vest fra slutten av 1940-tallet har i stor grad bevart opprinnelig form og fasadedetaljer. Det er denne delen av anlegget som er vurdert som verneverdig i kulturminneplanen for Stavanger. Verdt å nevne her er kontrollrommet, som ikke lenger er i bruk, men der det er bevart gamle tavler og måleinstrumenter. Det store tilbygget mot nord fra 1953 er et tidstypisk eksempel på etterkrigstidens nøkterne, men gjennomførte industriarkitektur. Boligen for vaktmann er også interessant, da den sier noe om at det var viktig med vakt på stasjonen. Boligen er i dag et hyggelig møtested for pensjonister i Lyse-konsernet.

Mosvatnet transformatorstasjon ble bygget for å ta imot kraft fra Oltedal kraftstasjon fra samme tid. Kraftstasjonen er et av de 27 anleggene av nasjonal kulturhistorisk verdi som er presentert i prosjektet "Kulturminner i norsk kraftproduksjon" fra 2006.

Viktige momenter:

- første transformatorstasjon i Stavanger by
- Oltedal kraftstasjon
- kommunalt elektrisitetsverk
- viktig for byutviklingen og hermetikkindustrien
- monumental, bevaringsverdig hovedbygning
- bolig for vaktmann tilknyttet stasjonen
- utendørs svømmebasseng og friluftsområde
- sentral beliggenhet



Gamlingen svømmestadion like ved transformatorstasjonen ble tatt i bruk i 1957 og er åpen hele året. Foto: Øyvind Ellingsen, Stavanger Aftenblad

Transformatorstasjonen ligger i friluftsområdet Mosvatnet-Vålandsskogen, som er et yndet turområde med sti rundt Mosvatnet. Like inntil stasjonen ligger dessuten Gamlingen svøm-

mestadion med utendørs, helårsåpent svømmebasseng. Transformatorstasjonens beliggenhet sentralt i byen gjør at den kan oppleves av mange.

Kilder

Litteratur:

Haavardsholm, N. (1960): *Stavanger Elektrisitetsverk gjennom 50 år. 1909–1959*. Stavanger: Dreyer Aksjeselskap.

Nerheim, Gunnar og Øye Gjerde, Kristin (1998): *Energiske linjer. Stavanger Energi gjennom 100 år. 1898–1998*. Stavanger: Stavanger Energi AS.

Nerheim, Gunnar, Ramskjær, Liv & Øye Gjerde, Kristin (1997): *Ingen skal fryse med kraft ifra Lyse. Lyse Kraft fra 1947 til 1997*. Sandnes: Lyse Kraft.

NVE (2006): *Kulturminner i norsk kraftproduksjon*. Oslo: Norges vassdrags- og energidirektorat, rapport nr. 2/2006.

Stavanger Elektrisitetsverk (1934): *25 år. Stavanger Elektricitetsverk 1909–1934*. Stavanger: Dreyers grafiske anstalt.

Stavanger kommune (1995): *Trehusbyen. Kulturminneplan for Stavanger 1994–2005*. Stavanger: Kommunalavdeling byutvikling.

Muntlige kilder:

Ole Johannessen, Lyse Elnett AS
Rolf A. Waldow, Lyse Energi AS

Paulinelund

Paulinelund 1 og 2 ligger på hver sin side av Klæbuveien, bare noen hundre meter sør for Trondheim sentrum og like ved universitetsbygningene på Gløshaugen. Anlegget, som opprinnelig bestod av to fordelingsstasjoner med forbindelse, skaper et unikt kraftoverføringshistorisk miljø.

Paulinelund 1, opprinnelig kalt Vollan etter gården i nærheten, ligger ved foten av Høyskoleparken nedenfor universitetet, og er den eldste delen av anlegget. Den ble bygget for å ta i mot og fordele kraften fra Øvre og Nedre Leirfoss, og fordelingsstasjonen ble – i likhet med kraftstasjonen i Nedre Leirfoss – tegnet av arkitekt Aksel Guldahl. Byggingen av Paulinelund 1 startet i 1910, og stasjonen kunne tas i bruk i februar 1911.

I forbindelse med byggingen av Hyttefossen (i dag kjent som Løkaunet) kraftstasjon i 1920-årene oppstod det et økende behov for fordeling av kraft til Trondheim. Løsningen på dette ble byggingen av Paulinelund 2,

ca 100 meter syd for Paulinelund 1. Den nye stasjonen ble plassert der området skråner ned mot Elgeseter gate, der det i perioden 1900-1910 hadde blitt ført opp en rekke sammenhengende leiegårder på østsiden av gaten. Stasjonstomten ble ervervet i 1920, og kraftfordelingen i Paulinelund 2 var i drift i 1927. De to Paulinelund-stasjonene var fra starten av ment å skulle fungere som én stasjon, med halvparten av de utgående kablene i hver.

Paulinelund 2 ble bygget på både i 1941 og 1965. I påbygget som stod klart i 1965 ble det installert transformatorer, og anleggets funksjon ble dermed utvidet fra kun å omfatte kraftfordeling til også å omfatte kraft-

transformering. Før 1965 hadde det i tillegg vært et problem at strømmen ofte falt ut i hele byen når gravemaskiner skadet en kabel, men dette ble løst ved at ombyggingen også inkluderte installasjon av nye releer.

De gamle fordelingsstasjonene Paulinelund 1 og 2 er nå faset ut og solgt. Paulinelund 1 ble tatt ut av drift i 1980, solgt til Studentsamskipnaden i Trondheim (SiT) i 1991, og brukes i dag som kontorer for Studentersamfundet i Trondhjem. Paulinelund 2 ble i 2006 solgt til Maja eiendom, og er nå planlagt ombygget til leiligheter. Trondheim Energi Nett driver fortsatt Paulinelund transformatorstasjon i tilbygget fra 1965. Paulinelund





Paulinelund 1 nederst i Høgskoleparken i Trondheim. Bildet viser hovedfasaden mot vest. Foto: Henning Weyerang-Nielsen, NVE

fungerte for øvrig som vaktsentral for TEV frem til 1979, da denne ble flyttet til Nidarvoll.

Teknisk utførelse

Som nevnt er nå bare nybygget fra 1965 i bruk som transformatorstasjon. Den opprinnelige koblings-/fordelingsstasjonen Paulinelund er faset ut, og alt det tekniske utstyret er fjernet. Det er derfor først og fremst bygningene som står igjen som et minne over det som var. La oss likevel se litt på hva slags teknisk utstyr som tidligere var i drift ved anlegget.

Paulinelund 1 og 2 hadde jordkabelforbindelser seg i mellom, og fungerte i praksis som én koblingsstasjon. Anlegget tok imot strømmen fra kraftstasjonene i Leirfossene og Hyttefossen, og sendte den videre i forgreninger til det høyspente distribusjonsnettet. Anlegget bestod derfor av oljebrytere og skinnebrytere for inngående og utgående kabler, doble samleskinner, overstrøms-, overspennings- og jordstrømsbeskyttelse, innkoblingsmotstand, og spenningsregulerende apparater.

Paulinelund 1 hadde plassert kabelbrytere, skillebrytere og effektbrytere i kjelleren og i første etasje. Andre etasje ble innredet som bolig for betjeningsvakt og kabelmester. Kraften kom fra Øvre Leirfoss kraftverk i luftledning til Tempe, og derfra i jordkabel til Paulinelund 1.

Den gamle hovedbygningen til Paulinelund 2 var delt i to funksjonsområder som lå på hver sin side av inngangspartiet. De elektrotekniske hovedfunksjonene lå i den nordlige del. Her var det lange, smale rom til oljebrytere for inngående kabler mot vest og utgående kabler mot øst, samt en betjeningsgang mellom disse. I kjelleren var det skinnebrytere, og i andre etasje var det samleskinner i dobbel rekke. I midtseksjonen fant vi kommunikasjonsanlegget, og lengst sør i bygningen var det kontrollrom med apparattavler.

I transformatoranlegget fra 1965 ble det i første omgang installert to trans-

1) Se egen beskrivelse av Moholt transformatorstasjon

formatorer for 60/6 kV. Stasjonen tok inn to 60 kV-kabler fra Moholt¹ og hadde 19 stk 6 kV avganger. En tredje transformator ble satt inn i 1971. På 1990-tallet viklede man om transformatorene, slik at man fikk en spenningsoppgradering på avgangskablene til 12 kV. Dette er begreper man bruker om spenningsnivået, i praksis er driftsspenningen ca 63 kV på inngående og 11,6 kV på utgående kabler. I 2002 byttet man ut to av transformatorene, og i dag er det dermed én gammel og to nye transformatorer i drift. Det tekniske anlegget i Paulinelund er fortsatt i sin helhet innendørs.

Arkitektur

Paulinelund 1 ble bygget samtidig med Nedre Leirfoss kraftstasjon, og begge anleggene ble tegnet av arkitekt Aksel Guldahl. Likevel er dette to bygg som skiller seg klart fra hverandre. Mens kraftstasjonen har et tydelig preg av borgromantikk, fremstår fordelingsstasjonen som langt mer urban, og den kan på mange måter sammenlignes med en nybarokk villa. Bygningen har kjeller og to etasjer, der andre etasje er innredet som bolig.



Paulinelund 1 har en del særegen detaljering. I gavlen på vestfasaden av er det et ovalt vindu der murpussen er dekorert med solstråler som skyter ut fra vinduet. Over inngangsdørene det felt med pussdekor, med initialene "TEV" i jugendtyper som det skyter et strålemønster av lyn ut fra.

Foto: Henning Weyergang-Nielsen, NVE

Grunnflaten, som har et areal på 170 kvadratmeter, er rektangulær, men nærmer seg det kvadratiske. Taket er valmet, men fremstår i en tilnærmet pyramideform. Fasaden er av pusset tegl og malt i rosa terrakotta, mens taket er tekket med røde teglpanner. Gatefasaden domineres av en stor segmentgavl, mens de tre underordnede fasadene har halvsirkelformede (lunette) loftsvinduer. Alle fasadene har striperustikering i et ca to meter høyt felt som lunettevinduer ligger mot, og rektangulære vinduer i andre etasje.

Vestfasaden mot Klæbuveien domineres som nevnt av en stor segmentgavl. I gavlens midtre er det et liggende ovalt vindu. Vestfasaden preges ellers av en vertikal inndeling med fremskutte felt i murpussen, såkalte pusslisener. I hvert ytterfelt er det en inngangsdør med lunettevindu over. Over dette igjen er det et felt med pussdekor, med initialene "TEV" i jugendtyper innenfor en halvsirkel som det skyter et strålemønster av lyn ut fra. Hele bygningen gir et påkostet og nøye gjennomarbeidet inntrykk.

Paulinelund 2 ble tegnet av arkitekt Hagbart Schytte-Berg i 1925. Bygningen

Paulinelund 2 ble bygget kun 100 meter sør for Paulinelund 1, og ble satt i drift i 1927. Bildet viser fasaden mot vest, som i dag kun er synlig fra bakgården.

Foto: Henning Weyergang-Nielsen, NVE

var opprinnelig planlagt i to byggetrinn, men det første byggetrinn (1927) ble lenge stående alene. Den eldste nyklassisistiske hovedbygningen er langstrakt, rektangulær med grunnflate ca 9,6 x 46,5 meter, i to etasjer. Den er oppført i mur, med upusset rød tegl i alle fasader. Betong er benyttet i fundamenter og kjeller, med jernbetong i etasjeskiller. Den relativt høye sokkelen er kledd med naturstein. Taket er valmet og preges i stor grad av et ca to meter høyt sentralt plassert tårn, med spir i to trinn. Tårnet står på et kvadratisk oppbygg med rekkverk omkring.

Vinduene i den gamle hovedbygningen er plassert regelmessig og symmetrisk, med samme rektangulære form over det hele. Vinduernes overstykker er markert med kantstilt tegl. Hovedinngangen mot Klæbuveien er sentralt plassert, og er innrammet med en teglprofil som også strekker seg opp rundt vinduet i etasjen over. På vestfasaden, som i stor grad er skjult

for innsyn, er det en enkel, sentral ytterdør med en dobbeltløpet, lett monumental trapp.

Sett bort fra tårnet på taket og de to inngangsdørene, er Paulinelund 2 i all vesentlighet nøktern, og man kan se visse likhetstrekk med vestfløyen i Moholt transformatorstasjon fra året før, og med Ullevål transformatorstasjon i Oslo fra 1924.

I sørenden av den opprinnelige hovedbygningen ble det i 1941 oppført en mindre tverrfløy. Den er tilpasset resten av bygningen, men har likevel sitt eget formspråk med større vinduer og noe lysere tegl, og er et godt eksempel på tilpasningsarkitektur. Tegningen ble utført ved bygnings sjefens kontor.

I 1965 ble det ferdigbygget en større fløy i lys betong i forlengelsen av den opprinnelige hovedbygningen. Det er denne fløyen som i dag fungerer som transformatorstasjon. Tilbygget ble tegnet av arkitektene Arnstad og Heggenhougen og holder seg til sin tids mer brutale betongspråk uten vinduer. Således representerer dette tilbygget et klart brudd med det opprinnelige anlegget, men det er samtidig med på å gi Paulinelund kontinuitetsverdi, i den forstand at man kan se flere epokers industriarkitektur representert i ett og samme anlegg.

Begrunnelse

Paulinelund 1 og 2 har en bynær og meget lett tilgjengelig plassering like

Viktige momenter:

- arkitektur – detaljerte og monumentale bygninger
- viktig for den tidlige strømforsyningen til Trondheim
- kraftverkene Øvre Leirfoss og Nedre Leirfoss
- det todelte anlegget
- påbygg viser kontinuitet
- bynær beliggenhet
- nærheten til NTH/NTNU
- bevaringsverdig trafokiosk like ved



Kraftverket Nedre Leirfoss leverte fra 1911 strøm til Paulinelund-anlegget.
Foto: Elisabeth Hovås, NVE

ved Trondheim sentrum. Hele anlegget ligger i og ved et pent opparbeidet parkområde som er mye brukt av byens befolkning, og ikke minst av studentene. Den sentrale plasseringen medførte også at dette anlegget var svært viktig for Trondheims tidlige strømforsyning.

Det urbane uttrykket kommer også godt til syne i arkitekturen, særlig i Paulinelund 1. Både Paulinelund 1 og 2 ble tegnet av fremtredende arkitekter i sin tid. Bygningene fremstår som monumentale, samtidig som de inneholder en del særegen detaljering. Her kan spesielt nevnes pussdekoren og segmentgavlen i Paulinelund 1, og inngangspartiene og taktårnet på Paulinelund 2. Byens

gatebelysning ble for øvrig lenge styrt med fotocelle fra dette tårnet.

Det helhetlige miljøet er essensielt for verdien av Paulinelund som kulturminne. Som vi har vært inne på, bestod fordelingsstasjonen av to separate – men samtidig teknisk sammenkoblede – kulturhistorisk interessante anlegg. I dag består den delen av anlegget som er i drift av en transformatorstasjon preget av representativ teknikk og industriarkitektur. I Gløshaugveien like ved ligger også en trafokiosk som byantikvaren i Trondheim har plassert verneklasse B (høy antikvarisk verdi). I tillegg ligger NTNU Gløshaugen (tidligere NTH) med sitt elkrafttekniske miljø kun noen hundre meter unna.

Kilder

Litteratur:

Stav, Ivar E (1994): *Industriarkitektur i Trondhjem 1855-1925*. Hovedoppgave i kunsthistorie. Universitetet i Bergen.

Trondhjems elektrisitetsverk og Trondhjems sporvei (1927): *Trondhjems elektrisitetsverk og Trondhjems sporvei 1902-1927*. Aktietrykkeriet i Trondhjem.

Muntlige kilder:

Per Helmersen, tidl. Trondheim Energiverk
Arnfinn Kalstad, Trondheim Energi Nett AS

Hauen

Midt mellom Skien og Porsgrunn finner vi Hauen transformatorstasjon. Anlegget var en helt sentral brikke i den tidlige elektrisitetsforsyningen på Østlandet, både i forhold til samkjøring og industriutvikling. Den monumentale og arkitektonisk påkostede bygningen fra 1915 har fortsatt en høy grad av materiell og visuell autentisitet.

I 1910 tok daværende statsminister Gunnar Knudsen – som hadde en bakgrunn som ingeniør, skipsreder, industribygger, ordfører og stortingsrepresentant – initiativ overfor Gjerpen, Porsgrunn, Skien og Solum kommuner til et samarbeid om å forsyne kommunene med energi. Tanken var å gjøre distriktet til et betydelig industrisentrum. Det ble foreslått å kjøpe fallrettighetene i Årlifoss, og å bygge kraftstasjon der med overføring av en, etter den tids forhold meget store kraftmengde på 9100 kW. Forslaget vakte imidlertid stor strid, og blant annet forkastet Skien forslaget og gikk ut av samarbeidet. De tre

øvrige kommunene fortsatte, og sammenslutningen ble organisert under navnet Skiensfjordens kommunale kraftselskap (SKK) og etablert i 1912.

SKK satte tidlig i gang å bygge ut Årlifoss. Det ble utlyst en arkitektkonkurranse for kraftverkets hovedbygning. Vinnerutkastet – med tilnærmet domkirkestil – ble tegnet av arkitekt og professor Olaf Nordhagen, og stasjonen fikk et svært monumentalt preg. Det ble samtidig satt i gang bygging av en 70 km lang, dobbel kraftledning på 60 kV frem til Hauen transformatorstasjon. Byggingen av ledningen ble utført av ingeniørene Nissen & von Krogh.

Sekundærstasjonen som skulle ta i mot kraften fra Årlifoss, ble plassert ved gården Hauen ved Bøle i Gjerpen, omtrent midt mellom Porsgrunn og Skien, og fikk altså navnet Hauen transformatorstasjon. Byggingen av stasjonen ble utført i løpet av 1913–1914, og den ble satt i drift samtidig med at strømmen ble slått på i Årlifoss kraftverk 28. mars 1915. Olaf Nordhagens vinnerutkast for Årlifoss kraftverk ble også veiledende for byggingen av Hauen, og særlig fremstår fasadene i kraftverket og sekundærstasjonen som mer eller mindre identiske. Fra Hauen, som i de første 15 driftsårene var det eneste hovedtrans-





formeringspunkt i distriktet, bygget SKK et omfattende fordelingsnett på 10 kV for levering til Gjerpen, Porsgrunn og Solum.

I mellomkrigstiden utviklet det seg et stadig sterkere forbruk av elektrisk kraft i SKKs område, og tidlig på 1930-tallet ble derfor et nytt kraftverk

i Grønvollfoss bygget ut. Grønvollfoss var for øvrig det første helautomatiske kraftverket i Norge, og svært moderne for sin tid. I forbindelse med dette kraftverket ble det i 1938–1939 bygget en ny ledning med betongmaster fra Grønvollfoss og Årlifoss til Hauen. Den nye ledningen, bygget av A/S Betonmast Oslo, ble satt i drift til

Hovedbygningen på Hauen – basert på Olaf Nordhagens tegninger av Årlifoss kraftverk – ble satt i drift i 1915.

Foto: Henning Weyerengang-Nielsen, NVE

Hauen i november 1939. Den ble dimensjonert for 132 kV, men ble drevet på 66 kV de to første årene.

På 1940- og 1950-tallet ble Hauen utvidet med både nedre og øvre koblings-

anlegg i friluft, samt transformatoranlegg i fjell. Det ble også foretatt en rekke tekniske utskiftninger og bygget nye ledninger. Av de gamle overføringene fra Årlifoss har stål-mastledningen fra 1915 blitt revet, mens ledningen med betongmaster fra 1939 fortsatt står, og i dag tas inn i Meen koblingsstasjon like ved.

Et nybygg i forlengelsen av Hauen transformatorstasjon stod klart i 1949. Det nye bygget ble den første tiden hovedsakelig brukt som lagerlokale, samt til administrasjon og som vedlikeholdsenhet for verktøy- og anleggsmateriell. Det inneholdt også et nyinnredet spiserom, til de ansattes store glede. Nybygget ble omgjort til kontorlokaler på 1980-tallet, da SKK bygget nytt lager på den andre siden av vassdraget. Kontorlokalene har også senere blitt modernisert.

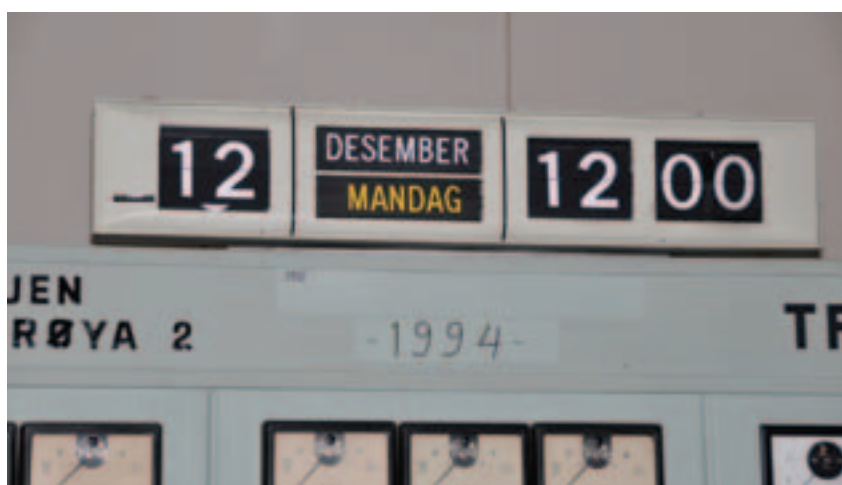
Rundt årtusenskiftet ble det foreslått å slå sammen SKK og Vestfold Kraft (VK). Hele høsten 1999 pågikk det uformelle samtaler mellom VK og SKK, og i mai 2000 kom Statkraft inn på eiersiden i begge selskapene. I desember 2000 ga eierkommunene i Vestfold og Grenland klarsignal for fusjonen. 1. januar 2001 var det nye selskapet, Skagerak Energi, en realitet, og det er i dag dette selskapet som eier Hauen transformatorstasjon. I dag eies Skagerak Energi av Statkraft med to tredeler og kommunene i Grenland med én tredel.

Den gamle hovedbygningen på Hauen fungerte i lang tid som driftssentral for SKK. Mot slutten av 1900-tallet fant imidlertid SKK det hensiktsmessig å flytte denne, og 12. desember 1994 ble strømmen i driftssentralen på Hauen slått av for siste gang.

Etter hvert avviklet man også resten av driften i den gamle hovedbygningen på Hauen. Dette skjedde på 2000-tallet, da Skagerak oppgraderte hele sitt regionalnett fra 66 til 132 kV. I forbindelse med dette arbeidet ble fjellanlegget på Hauen modernisert i 2005, samtidig med at det ble bygget en ny stasjon på andre siden av veien, på vestsiden av den opprinnelige hovedbygningen. Den nye stasjonen stod klar i 2006, og man kunne dermed fase



På motsatt side av veien står en trebygning med tårn kalt "kjerka". Bygningen var en integrert del av stasjonen, og her foregikk blant annet reparasjon av transformatorene. Stasjonen og "kjerka" var knyttet til jernbanen med et sidespor som nå er borte. Foto: Henning Weyergang-Nielsen, NVE



Hovedbygningen på Hauen var tidligere SKKs driftssentral. Inne i driftssentralen står klokken fortsatt på 12. desember klokken 12.00, da strømmen for siste gang ble slått av her i 1994. Foto: Henning Weyergang-Nielsen, NVE

ut alle tekniske anlegg i den gamle hovedbygningen.

I dag brukes den eldste delen av Hauen transformatorstasjon til noe kontor- og møtevirksomhet, men størsteparten av bygget står for det meste ubrukt. Det står imidlertid igjen mye teknisk utstyr som ikke lenger er i drift, men som er materielt autentisk. Hauen transformatorstasjon er likevel fremdeles i full drift med både nytt stasjonsbygg, fjellanlegg og utendørs koblingsanlegg.

Teknisk utførelse

Da Hauen transformatorstasjon ble satt i drift i 1915, tok den imot den doble 60 kV-ledningen fra Årlifoss, nedtransformerte kraften til 10 kV og fordelte denne videre til mottakerkommunene Gjerpen, Porsgrunn og Solum. For nedtransformeringen ble det installert tre transformatorer, hver med en kapasitet på 5500 kVA, slik at samlet transformorkapasitet i Hauen var på 16500 kVA.

Årlifosskraften ble raskt svært populær, både til bruk i offentlig belysning og industri. A/S Bamble Nikkelkompani og A/S Portland Cementfabrik meldte seg etter hvert som avtakere av så store kraftkvanta at det alt i 1916 måtte bygges en ledning med ca 54 kV spenning fra Hauen til en ny sekundærstasjon i Breviksdalen.

66 kV-ledningen fra Ballestadhøgda til Eidanger grense ble ført inn til Hauen i 1923, og det ble bygget en ledning fra Hauen til Roligheten i 1929. Denne ble dimensjonert for 132 kV, men ble den første tiden drevet på 66 kV. Relé- og bryteranleggene ble modernisert i 1936-37, slik at Hauen kunne ta imot den nye 66 kV-ledningen fra Grønvollfoss og Årlifoss i 1939. To år senere ble spenningsnivået på denne oppgradert til 132 kV. Det høyspente apparatanlegget ble utvidet med et friluftsanlegg for 132 kV, og det ble installert en transformator på 30 000 kVA.

I 1949 ble et nytt utendørs koblingsanlegg satt i drift. I forbindelse med dette ble to gamle transformatorer faset ut, og én ny satt inn. I fjellanlegget som ble satt i drift i 1955, ble det satt inn en transformator på 40 000 kVA, og



Den gamle hovedbygningen på Hauen er blant landets absolutt mest ambisiøse rent arkitektonisk. Her ser vi en av de massive inngangsdørene omrammet i natursteinskleddning. Foto: Henning Weyergang-Nielsen, NVE

senere fullført med en på 60 000 kVA i 1962.

Også i etterkrigstiden ble det bygget nye ledninger mot Hauen, blant annet fra Åbjøra via Jåberg, fra Hjartdøla via Grønvollfoss, samt viderefordeling av Tokkekraft via Rød¹. Helt fra selskapets begynnelse hadde SKKs hovedoppgave vært å levere kraft til viderefordeling i lokale elektrisitetsverk, men etter en sammenslutning av elverkene i distriktet i 1965 kunne SKK også levere kraft direkte til forbrukerne. Dette, i kombinasjon med at en rekke av de tidligere 66 kV-ledningene i denne perioden ble spenningsoppgradert til 132 kV, ga en noe enklere utfor-

1) Se egen beskrivelse av ledningen Tokke-Rød



Det gamle 11 kV Reyrolle-anlegget er tatt ut av teknisk drift, men står fortsatt igjen i hovedbygningen på Hauen. Dette var en type helkapslede apparatanlegg som ble konstruert i 1920-årene og tatt i bruk i gruveindustrien i England for å beskytte komponenter og utstyr mot støvplager, og for å redusere plassbehovet. Foto: Henning Weyergang-Nielsen, NVE



ming av hovedfordelingsnettet rundt Hauen. 132 kV-ledningene ble etter hvert også flyttet fra Hauen, og tatt inn i Meen koblingsstasjon like ved.

I perioden 2004–2006 faset Skagerak ut hele sitt 66-kilovolts regionalnett til fordel for 132 kV. Fjellanlegget ble modernisert, og en kraftig 12 kV-forbindelse ble bygget mellom dette og en ny stasjon på andre siden av veien. Den nye stasjonen ble plassert på det tidligere området til nedre friluft. Skagerak moderniserte samtidig transformatorstasjonene Moflata og Skotfoss, og bygget nye 132 kV-ledninger mot disse fra Hauen.

Arkitektur

Hauen transformatorstasjon ble bygget etter samme mal som Årlifoss kraftverk, tegnet av arkitekt og professor Olaf Nordhagen. Nordhagen vant i 1908 konkurransen om fullførelsen av Nidarosdomen i Trondheim, og var domkirkearkitekt fra 1909 og frem til sin død i 1925. Han tegnet også de monumentale kraftverkene Vemork og Såheim på Rjukan, samt det katedralaktige Glomfjord kraftverk i Meløy kommune i Nordland. I Nord-Trøndelag tegnet Nordhagen Follafoss kraftverk og transformatorstasjonene Namsos², Steinkjer og Åsen.

Nordhagens sans for det monumentale ser vi også i de domkirkeaktige

²⁾ Se egen beskrivelse av Namsos transformatorstasjon

Hauens tilbygg fra 1949, som i dag hovedsakelig benyttes som kontorlokaler. Foto: Henning Weyergang-Nielsen, NVE

fasadene på Hauen. Bygningen er tydelig middelalderinspirert, med klare referanser til borg- og kirkearkitektur i både detaljer og helhet. Bygningen er i fem etasjer, med fasader i en kombinasjon av betong og naturstein, en kombinasjon man også ofte kunne se i banker, hoteller og offentlige administrasjonsbygg fra samme periode.

Verdt å nevne spesielt er inngangspartiet på sydveggen, som er overbygget og omkranset av buede portaler. Overbygget er i to etasjers høyde, der en overgang fra natursteinskledning til betong går parallelt med overkanten av vinduene i hovedbygningens første etasje. Langs alle fasadene er vinduene plassert i vertikale innsunkne felt, noe som er med på å forsterke det domkirkeaktige preget. Fasadene preges ellers i stor grad av betong, men med naturstein i overgangene rundt alle hjørner. Taket er valmet.

Tilbygget fra 1949 fungerer i dag hovedsakelig som kontorbygg. Det er utformet i en funksjonalistisk form som stilmessig bryter kraftig med den opprinnelige. Det er imidlertid lagt inn enkelte detaljer i fasader og vinduer som gjør det mulig å trekke paralleller til den gamle bygningen basert på Nordhagens tegninger. Trolig var det ingeniørene Aarum & Berge som stod for utformingen. Transformatoranlegget som stod klart i 1955, ble – i likhet

med mange transformatoranlegg fra samme tid – plassert inn i en skjæring i fjellet. Dette anlegget er tegnet og konstruert av Aarum & Berge.

Begrunnelse

På Hauen kan man i dag se flere generasjoner av transformatorstasjonsanlegg, noe som gir et godt innblikk i ulike epokers stasjonsutforming og -arkitektur, og som gir anlegget kontinuitetsverdi. Likevel er det nok først og fremst i den eldste bygningen fra 1914–15 at vi finner de største kulturminneverdiene. Stasjonen, basert på Nordhagens tegninger av Årlifoss, er kanskje den mest arkitektonisk ambisiøse i landet. Den domkirkeaktige bygningen har en rekke påkostede og forseggjorte detaljer, samtidig som den fremstår som monumental. Både taket og fasadene mot sør og vest er stort sett intakt slik det ble bygget.

Hauen har vært utsatt for en rekke ombygginger og stadige utskiftninger av teknisk utstyr. Likevel fremstår den gamle hovedbygningen i stor grad i sin opprinnelige form, og den inneholder også en del gammelt teknisk materiell. Blant annet står driftssentralsystemet fra 1978 igjen. Dette var et av de aller første datastyrte driftssentralsystemene fra Siemens. Det utfasede 10 kV-anlegget fra 1940-tallet er også spesielt. Inne i stasjonen finner vi i tillegg en rekke gamle brytere,

målere og andre gjenstander som har blitt tatt vare på.

På plenen utenfor stasjonens hovedinngang står det en statue av SKKs stifter, Gunnar Knudsen. Statuen, som er laget av billedhugger Gustav Lærum, ble avduket 7. juni 1931 av borgermester H. E. Kjølsest. Hver 17. mai blir det holdt minnetale og lagt ned krans ved statuen.

Hauen transformatorstasjon var som driftssentral lenge det sentrale punktet for transformering og fordeling av elektrisk kraft i sitt område. Det var av meget stor betydning for driftssentralens virksomhet å ha et pålitelig og velutbygd telefonsystem, og så tidlig som i 1921 fikk Hauen landets første høyfrekvenstelefon, tilkoblet 60 kV-ledningen Årlifoss–Hauen.

Samkjøring av kraftverk har vært, og er, et særdeles sentralt virkemiddel for å kunne utnytte kraftproduksjonen i et større område – med flere kraftkilder – best mulig. Landets første samkjøring fant sted i 1918, da SKK så seg om etter muligheter for å ta ut toppkraft. A/S Treschow-Fritzøe i Larvik hadde som eier av magasinverkene i Siljan tilstrekkelig med toppkraft, men ønsket samtidig tilgang til den jevne krafttilførselen som elverket Årlifoss kunne gi. Sammen leide de to selskapene 6000 hk fra Tinfos Papirfabrik, og dermed startet en trekantkjøring der SKK kunne ta ut toppkraft fra Siljan når det var nødvendig, mens Treschow, som hadde et mer konstant kraftforbruk, kunne ta imot Tinfoskraft når som helst. Også innenfor samkjøring var altså SKK pionerer, og det sentrale knutepunktet for kraftoverføringen i dette samarbeidet var Hauen transformatorstasjon.

Også flere av ledningene som opp gjennom årene har blitt ført inn til Hauen, er kulturhistorisk interessante. I denne sammenheng utmerker særlig den andre overføringen fra Årlifoss seg. Den ble satt i drift i 1939, og spenningsoppgradert til 132 kV i 1941. Dette var Norges første 132 kV-ledning med betongmaster, og ledningen står fortsatt.



Ved Hauen er det oppført en statue av tidligere statsminister Gunnar Knudsen. Ved statuen legges det ned krans hver 17. mai. På sokkelen er det hugget inn: "Gunnar Knudsen. Stifter av Skiensfjordens kommunale kraftselskap. Styrets formann 1912–1928".

Foto: Henning Weyergang-Nielsen, NVE

Viktige momenter:

- arkitektur
- statue av Gunnar Knudsen
- svært viktig for industriutviklingen i området
- sentral i den første samkjøringen på Østlandet
- bygget i elektrisitetsforsyningens tidlige fase
- høy materiell og visuell autentisitet
- originalt utstyr tatt vare på
- tidligere driftssentral
- ledningen Årlifoss–Hauen

Kilder

Litteratur:

Holst Eggen, Thomas (1987): *Nye krafttak 1962 – 1987*.
Porsgrunn: Skiensfjordens kommunale kraftselskap.

Landsverk, Halvor (1962): *Felles krafttak i femti år*.
Porsgrunn: Brødrene Dyrings Boktrykkeri.

Muntlige kilder:

Hans August Hanssen, Skagerak Energi AS
Einar Juvland, Skagerak Energi AS
Inge Åsheim, Skagerak Energi AS

Smestad

Smestad transformatorstasjon har helt siden idriftsettelsen i 1922 vært en institusjon i norsk kraftforsyning, ikke bare elektroteknisk men fremfor alt bedriftsorganisatorisk. Anlegget består i dag av arkitektonisk påkostede bygninger – fra flere ulike epoker – som sammen danner et unikt kraftoverføringshistorisk miljø.

Det var hovedstadens behov for krafttilførsel fra de store vannkraftkildene på Rjukan som var den avgjørende årsaken for etableringen av Smestad transformatorstasjon. I 1921 inngikk staten en kontrakt med A/S Rjukanfoss om levering av kraft, og samtidig dannet Oslo, Buskerud og Drammen det såkalte "Interessentskapet for kraftoverføring fra Rjukan". Interessentskapet kjøpte så den kraftmengden som staten leide fra A/S Rjukanfoss, og av denne skulle Oslo ha om lag 13 000 kW.

En ledning fra Rjukan til Oslo ble deretter bygget av staten, i et økonomisk samarbeid med interessentskapet. Ved byggenen måtte det bygges

en stasjon for nedtransformering til fordelingsspenning i Oslo. Den 18. desember 1921 besluttet derfor Kristiania Elektrisitetsverk å kjøpe en parsell av eiendommen Søndre Huseby til tomt for transformatorstasjonen for 345 360 kroner. Byggearbeidene ble satt i gang tidlig i 1922, og stasjonen, med adresse Noreveien 26, ble satt i drift 12. november samme år.

I denne perioden satte staten også i gang en storstilt utbygging av de store Nore-fallene i Buskerud, og herfra skulle det bygges ledninger mot

henholdsvis Flesaker-Tønsberg og Oslo¹, med den rekordhøye spenningen 132 kV. For Oslos vedkommende passet det best å ta i mot kraften på Smestad, og det ble derfor besluttet å utvide stasjonen. Utbyggingen skjedde i direkte forlengelse av Smestad 1 og var ferdig i tide til å ta i mot Norekraften 30. september 1928. Det ble også bygget et fasekompensatorhus på nabotomten i Noreveien 24, samt et kjølehus for transformatorene. Stasjonen ble ved denne anledning dimensjonert for å kunne ta i mot også fremtidige kraftleveranser vestfra.

Med overføringene fra Rjukan og Nore ble elektrisitetsverkene i det sentrale Østlandsområdet sterkt integrert i et

1) For ytterligere omtale av Nore-utbyggingen og overføringene derfra: se beskrivelsene av ledningen Nore-Oslo og Flesaker transformatorstasjon





Smestad transformatorstasjon fotografert i 1936. Den eldste delen av Noreveien 26 ligger midt i bildet. I 1928 ble dette anlegget bygget på mot nordøst, og et nytt fasekompensatorhus ble i tillegg bygget på nabotomten i Noreveien 24. Foto: Statnett



Smestad transformatorstasjon juni 2009: Stasjonen fremstår som godt ivaretatt, og særlig utvendig har den i stor grad bevart sitt arkitektoniske uttrykk slik det fremstod etter utvidelsene i 1928. Foto: Henning Weyergang-Nielsen, NVE

sammenhengende overføringssystem. Systemintegrasjonen medførte langt strengere krav til samordnet drift enn tidligere, både av tekniske årsaker og driftssikkerhetshensyn. I forbindelse med idriftsettelsen av Nore på NVE derfor avtakerne av Norekraft å ansette en samkjøringssjef som skulle koordinere denne driften. En samkjøringssjef ble deretter valgt, og driftscentralen som skulle koordinere og overvåke dette samarbeidet ble lagt til Smestad, og plassert øverst i tårnbygningen lengst nordøst i Noreveien

26. Fra 1. januar 1938 ble også staten, gjennom NVE, medlem av Foreningen Samkjøringen.

I denne perioden bygget Oslo Elektrisitetsverk også åtte pent beliggende funksjonærboliger på stasjonstomten. Hver av disse boligene var todelte og beregnet for én familie i hver del.

Noreveien 26 ble oppført som mottakerstasjon for Oslo, og tilhørte derfor Oslo Elektrisitetsverk (senere Oslo Lysverker, Oslo Energi, Viken Energinett,

Hafslund Nett). I tillegg fungerte deler av bygningen i mange år som lager for Sivilforsvaret. I 2004 kjøpte Statnetts pensjonskasse bygningen, og den leies i dag ut til Hafslund Nett AS, som blant annet driver en mindre transformatorstasjon i den eldste delen fra 1922.

Noreveien 24 har i alle år vært statens bygg, og i 1950 ble det satt opp et større påbygg plassert vinkelrett på det gamle fasekompensatorhuset. Noreveien 24 fungerer i dag som kontorer for Statnett SF.



Smestadplatået slik det fremstår i begynnelsen av 2000-årene. Øverst ser vi Noreveien 24 med det tidligere fasekompensatorhuset og tilbygget fra 1950. Foran dette ser vi Noreveien 26 med sine karakteristiske tårnbygg fra henholdsvis 1922 og 1928. I det store kvadratiske kontorbygget midt i bildet har Statnett i dag sitt hovedkontor, og foran dette ser vi boligene Oslo Elektrisitetsverk bygget for sine funksjonærer på 1930-tallet. Foto: Statnett



I Noreveien 22 ble det i 1951 oppført et bygg med garasjeanlegg for Noreveien 24 i underetasjen, og med verksteder i første og andre etasje. Bygningen fikk også et anneks som ble benyttet til hybler og som sovebrakke for bakvakter på driftssentralen og andre arbeidere som trengte overnatting. Det var også en smie i tilknytning til dette bygget. Verkstedene og hybelbrakka er nå bygget om til kontorer for Statnett, mens garasjen i dag fungerer som lager.

På 1970-tallet fikk foreningen "Samkjøringen av kraftverkene i Norge" sitt nye administrasjons- og kontorbygg i Husebybakken 28, i direkte tilknytning til Smestad transformatorstasjon. Bygget ble prosjektert i 1972, grunnsteinen ble lagt ned i 1974, og fra 1. april 1976 var bygningen klar til å tas i bruk. Det var opprinnelig Oslo Lysverker som eide grunnen der det nye administrasjonsbygget ble plassert, og de hadde også kontorer i en fløy av bygningen i en periode frem til 1997. I dag holder Statnetts administrasjon til i bygget.



Detalj av trappegelender og taklampe i Noreveien 24. Foto: Sissel Riibe, NVE

2) For mer informasjon om denne ledningen: se beskrivelse av Tonsen transformatorstasjon

Teknisk utførelse

Da Smestad ble satt i drift i 1922, transformerte stasjonen Rjukankraften ned fra 60 til 30 kV for viderefordeling i Oslo. Det ble satt inn fasekompenseringsanlegg og to transformatorer, begge på 10 000 kVA og med forsert luftkjøling. Kraften kom inn i tårnbygget over to trefaseoverføringer til hver sin transformator. I årene som fulgte ble det satt inn nye transformatorer og bygget kabler til Skøyen, Tøyen og Ullevål, samt luftledning koblet til Aker Elektrisitetsverks fjernledning² rundt hovedstaden. Fra 1928 tok Smestad imot 132 kV-ledningen fra Nore. Det ble i første omgang installert tre transformatorer, hver på 28 MVA, som fordelte kraften til både Oslos 33 kV-nett og Akers 47 kV-nett. Det ble også satt inn to fasekompensatorer, hver på 12 MVA. Det eldste anlegget ble i tillegg oppgradert i 1932.

Utover i 1940-årene ble transformatorkapasiteten gradvis utvidet slik at Smestad stod klar for å ta imot den andre overføringen fra Nore. Samtidig bygget også Oslo Lysverker ut sitt anlegg, og fra slutten av 1950-tallet ble dette gradvis flyttet vekk fra sin

opprinnelige plassering og over i et nytt anlegg ikke langt unna. Det ble da også bygget kabel fra statens anlegg på Smestad over til Oslos nye anlegg. Dette førte etter hvert til at statens transformatorer på Smestad ble overflødige, og anlegget ble derfor gradvis bygget ned. I løpet av første halvdel av 1980-tallet hadde Smestad blitt redusert til en ren 132-kilovolts koblingsstasjon.

I dag driver Hafslund Nett AS en mindre 47-kilovolts transformatorstasjon i bygningen de leier fra Statnetts pensjonskasse i Noreveien 26. Av Statnetts anlegg er det imidlertid svært lite igjen, og dette anlegget er i dag praktisk talt uten funksjon. Statnett eier 132 kV-ledningen fra Nore og ned til endemasten på Smestad, og i forbindelse med dette står det også oppført et lite koblingsanlegg med effektbryter, strøm- og spenningstransformator og skillekniv. Koblingsanlegget er sløyfet ut, men kan ved behov kobles til Hafslunds nærliggende 300-kilovolts transformatorstasjon.

Arkitektur

Den eldste delen av Smestad transformatorstasjon i Noreveien 26 ble bygget og satt i drift i 1922. Arkitekter var Carl og Jørgen H. Berner, med ingeniørene Bonde og Normann som bygningstekniske konsulenter. Bygningen dekket opprinnelig en grunnflate på 751 m², og var en murbygning med kjeller, to etasjer og loft, samt et tårnbygg i én ekstra etasje. Bærende konstruksjoner og etasjeskillere ble bygget i betong.

Utvidelsen som ble satt i drift i 1928 ble bygget i direkte tilknytning til, og delvis som en utvidelse av, den eksisterende bygningsmassen. Bygningen er av jernbetong og tegnet av arkitekt Jørgen Berner. Den ble oppført av Oslo Elektrisitetsverks egne arbeidere, og etter Elektrisitetsverkets planer og beregninger. Bygningen dekker et areal på 1069 m², og består av to etasjer samt to tårnetasjer mot nordøst.

Hele 1920-tallsanlegget er utført i nyklassistisk stil, med fasader av teglsten med lys murpuss, og kan til en viss grad minne om en større utgave

av Skollenborg transformatorstasjon³ sør for Kongsberg. Verdt å merke seg er de to tårnene, pilastrene, tempelgavlene og de ulike balkongene. Øverste etasje i tårnbygget fra 1928, der både Oslo Elektrisitetsverk og Foreningen Samkjøringen i mange år hadde sin driftssentral, hadde tidligere et meget karakteristisk glasstak. Glasstaket har imidlertid senere blitt bygget om.

Ved utvidelsen i 1928 ble det også bygget et fasekompensatorhus i Noreveien 24. Dette bygget er utført med samme stil og materialbruk som resten av stasjonen, men har noe renere linjer og enklere utforming. Bygningen har tre etasjer, samt en loftetasje som kappes av saltaket. I 1950 ble det oppført et tilbygg plassert vinkelrett på fasekompensatorhuset. Tilbygget var på seks etasjer pluss loft, med en grunnflate på 15x23 meter, og ble utført med samme fargevalg, materialer og stilistiske hovedtrekk som resten av anlegget, men med en noe enklere fasadeutforming tilpasset sin tids byggeskikk. Arkitekt for tilbygget var Carl Christian Berner. Bygningstekniske konsulenter var firmaet Ringnes og Selvaag.

Statnetts administrasjonsbygg i Husebybakken 28 ble tegnet av arkitekt Geir Grung på oppdrag fra Samkjøringen. Bygget er kvadratisk med åpen plass i sentralområdet, slik at kontorfløyene får lys fra begge sider. Fasadene preges av prefabrikkerte dragere i hvit betong skutt frem foran vindusbåsene i hver av de tre etasjene. I hjørnene er det søyler og ventilasjonstårn i betong støpt på stedet. Bygningen er, som typisk for Grung, utført med enkle, rene konstruksjoner i solide materialer.

Begrunnelse

Noe av det første man legger merke til når man besøker Smestad transformatorstasjon, er den monumentale arkitekturen. Bygningene i Noreveien 24 og 26 er tidstypiske eksempler på 1920-tallets nyklassisme, og fremstår som monumentale samtidig som særlig Noreveien 26 har stor detaljrik-

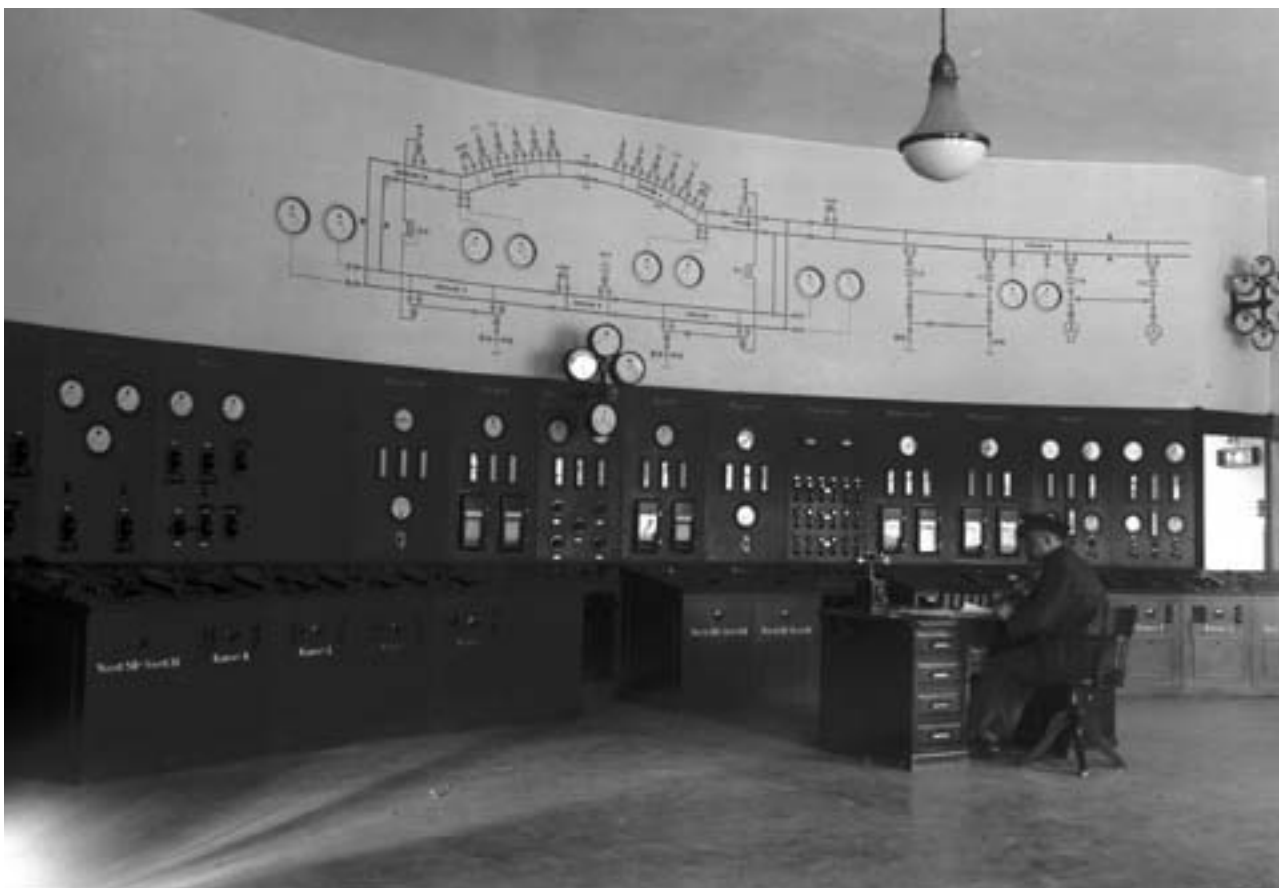
³ Se egen beskrivelse av Skollenborg transformatorstasjon

dom. Ikke minst er de to tårnbygningene med på å prege bygningens uttrykk. I kombinasjon med Geir Grungs kontor- og administrasjonsbygg fra midten av 1970-tallet gir dette et inntrykk av hele Smestadplatået som et område preget av en gjennomtenkt og god arkitektur, utformet av noen av sin tids mest fremtredende arkitekter.

Det var overføringene til hovedstaden fra Rjukan og Nore i henholdsvis 1922 og 1928 som dannet grunnlaget for etableringen av Smestad transformatorstasjon. Disse ledningene fremstår begge som helt unike teknologihistoriske pionerprosjekter, med utfordrende ledningsbygging i værhardt norsk høyfjellsterreng. Rjukanledningen var hele 144 km lang og passerte fjellområder i over 1100 meters høyde. Dette var også landets første ledning med strømførende liner av stålaluminium (FeAl). Den nesten like lange Noreledningen ble bygget i en trasé som krysset Norefjell, med bratte nedstigninger mot Eggedal og Krøderen. Også spennet over innsjøen Krøderen var i sin tid et ikke ubetydelig stykke ingeniørkunst.

Idriftsettelsen av Smestad transformatorstasjon og ledningene fra Rjukan og Nore markerer et tidsskille innen samkjøring og systemintegrasjon i norsk kraftoverføring. Mens de fleste elektrisitetsverkene i det sentrale Østlandsområdet tidligere bare hadde vært forholdsvis løst knyttet til hverandre, ble de nå sterkt integrert i et sammenhengende overføringssystem. Dette førte også til opprettelsen av Foreningen Samkjøringen i 1932, med driftssentral på Smestad. I driftsentralen satt lastfordelere fra både Samkjøringen og Oslo Elektrisitetsverk. Over en stor halvsirkelformet tavle kunne de følge det samkjørende nettet i Oslo og på resten av Østlandet, og herfra kunne de blant annet fordele nettets belastning, regulere spenning og frekvens, samt gjennomføre inn- og utkoblinger av nettgrupper.

Nevnes må også kommunikasjonssystemet som var en helt avgjørende forutsetning for at samkjøringen kunne fungere optimalt. Da driftsentralen på Smestad ble opprettet, baserte



de fleste elektrisitetsverkene seg på driftstelefoner mellom to punkter eller ordinær rikstelefon. Dette systemet var imidlertid verken pålitelig eller effektivt nok, og man fikk derfor etter hvert en overgang til høyfrekvent telefoni, det vil si telefoni direkte over høyspentledningene. På denne tiden var dette svært ny og innovativ teknologi. De første høyfrekvenslinjene inn til Smestad ble bygget fra Årlifoss/Rjukan og Nore.

I 1976 kunne som nevnt Samkjøringen av kraftverkene i Norge ta i bruk sitt nye kontorbygg ved siden av den

gamle transformatorstasjonen på Smestad. I dag har Statnett SF sitt hovedkontor i dette bygget. Dette er med på å gi området rundt Smestad transformatorstasjon økt verdi som et helhetlig kraftoverføringsmiljø.

Oslo Elektrisitetsverks betjeningsal på Smestad, fotografert mot slutten av 1920-årene. Her ble kraften fra Rjukan og Nore tatt imot og fordelt til fordelingsnettene i både Oslo og Aker.

Ukjent fotograf. Fra arkivet etter Oslo Lysverker / Oslo byarkiv

Kilder

Litteratur:

Bøe, Alf (2001): *Geir Grung – Arkitekten og hans verk*. Oslo: Arkitekturforlaget.

Just, Carl (1952): *Oslo Elektrisitetsverk 1892-1952*. Oslo: J. Chr. Gundersen.

Sandberg, Johannes (red.) (1951): *Trekk fra elektrisitetsforsyningens utvikling – Del 2. Utviklingen i vårt land 1901-1951*. Oslo: Norske Elektrisitetsverkers Forening.

Skjold, Dag Ove og Thue, Lars (2007): *Statens nett – systemutvikling i norsk elforsyning 1890-2007*. Oslo: Universitetsforlaget.

Muntlige kilder:

Rune Aasgaard, dr. ing., geografisk informasjonsteknologi

Erling Diesen, tidl. vassdrags- og energidirektør

Olav Homme, Hafslund Nett AS

Kjell Egil Johansen, Statnett SF

Jorunn Maarud, Statnett SF

Ole Solheim, Statnett SF

Viktige momenter:

- arkitektur
- anlegg fra ulike generasjoner
- Rjukanledningen
- Noreledningen
- Samkjøringens tidligere landssentral
- Statnetts hovedkontor

Namsos

Våren 1923 stod tre nye transformatorstasjoner i Nord-Trøndelag klare til å ta imot strøm fra Follafoss, fylkesverkets første kraftverk. Den nordligste, i Namsos, ble sentral i kraftforsyningen av Namdalen. De tre transformatorstasjonene og kraftverket i Follafoss ble utformet av domkirkearkitekt Olaf Nordhagen.

Namsos transformatorstasjon ligger utenfor byen Namsos og på nordsiden av Namsen, det største vassdraget og den viktigste kraftkilden i Nord-Trøndelag. Transformatorstasjonens virke startet imidlertid mange år før de store kraftverkene i Namsen ble bygget. Strømmen som ble overført hit i 1923 kom fra Follafoss, lenger sør i fylket. Follafoss var det første kraftverket til det fylkeseide Nord-Trøndelag Elektrisitetsverk (NTE).

Da fylkesverket ble opprettet i 1919, var målet å skaffe tilstrekkelig elektrisk kraft til alle distriktene i fylket. Elektrifiseringsplanen som ble vedtatt av fylkestinget samme år, gikk ut på å bygge et kraftverk i Folla-vassdraget på vestsiden av Beitstadfjorden, og

et sammenhengende ledningsnett for hele fylket i tilknytning til dette anlegget¹.

De opprinnelige planene for ledningsnettet var å bygge to hovedledninger på 66 kV fra Follafoss, den ene om Steinkjer og sørover til Stjørdal, og den andre nordover via Namsos helt til Ytre Namdal. Planene ble senere noe modifisert, og i første omgang ble det strukket én ledning til Steinkjer og videre sørover til Åsen, og en annen nordover til Namsos. For å transformere ned fra 66 kV til fordelingsnettet, ble det oppført hovedtransformator-

stasjoner i Steinkjer, Åsen og Namsos. Vi presenterer her spesielt transformatorstasjonen i Namsos, men omtaler i den forbindelse også de andre.

Follafoss kraftverk ble satt i drift 6. mars 1923, og i de påfølgende ukene ble det satt spenning på de første hovedledningene for 66 kV. Den 66 km lange ledningen fra Follafoss til Namsos ble satt i drift 20. april 1923, og samme dag ble transformatorstasjonen i Namsos koblet til.

Transformatorstasjonen i Namsos skulle transformere ned og fordele kraft til Namdalen. Ved idriftsettelsen var det bygget ferdig 20 kV-ledninger fra Namsos østover til Grong og nordover til Vemundvik, men i Namdalen

1) Om etableringen av fylkesverket: Se beskrivelsen av ledningen Follafoss – Steinkjer.





Fylkets tre hovedtransformatorstasjoner i 1923 var like store. De så ut slik som stasjonen i Namsos gjør på dette gamle bildet.
Foto: Nord-Trøndelag Elektrisitetsverk (kopi fra bok)

ellers var fordelingsnettet fortsatt lite utbredt. Fylkeskommunens egne institusjoner var blant de første som ble elektrifisert – og bidro til å få mer avsetning på kraften fra Follafoss. En av disse var Namdal sykehus, som fikk strøm fra transformatorstasjonen i Namsos fra og med 1925.

Fremover mot andre verdenskrig ble etter hvert flere distrikter knyttet til fylkesverkets ledningsnett. Ytre Namdal, som ikke kom med på utbyggingen i 1923, var "mørklagt" til langt ut på 1930-tallet, men i 1938 vedtok fylkestinget at det også skulle overføres kraft dit. Dette var samme år som Stortinget gikk inn for å bevilge statlige midler til å fremme elektrisitetsforsyning i strømløse distrikter, og fylket fikk tilskudd til å starte utbyggingen. Høsten 1938 ble det fullført en 35 kV-ledning fra Namsos over Høylandet til Salsbruket, der firmaet Albert Collet drev et stort tresliperi. Før krigsutbruddet i 1940 var man kommet et stykke på vei med å få

etablert elektrisitetsforsyning av Ytre Namdal.

Med økende kraftforbruk og nye tilknytninger på slutten av 1930-tallet, ville kraftverket i Follafoss snart ikke greie å produsere nok kraft til sitt forsyningsområde, og det ble klart at det måtte settes i gang mer utbygging for å dekke behovet. Det ble utredet planer for et nytt kraftanlegg som kunne samkjøre med Follafoss, og valget falt på Fiskumfossene i Namsen, omlag fem mil oppover elva fra utløpet i Namsfjorden. Med denne utbyggingen regnet man med at kraftbehovet var dekket for flere år fremover. Arbeidene i Nedre Fiskumfoss startet i 1941, men forsinkelser under krigen førte til at kraftverket ikke ble satt i drift før i 1946. Kraftverket kunne da kobles til en 66 kV-ledning som var ferdig strukket til Namsos transformatorstasjon, som med denne overføringen fikk mer kraft å fordele til sitt område.

For å få en sikrere kraftlevering til Ytre Namdal, ble det midt på 1960-tallet bygget en ny 66 kV-ledning dit fra transformatorstasjonen i Namsos. Ledningen gikk utmed kysten og krysset flere fjorder og sund i lange luftspenn. Over det værharde Folla ble det lagt en 6 km lang sjøkabel, som på det dypeste gikk ned til 480 m, og en utlegging her var ikke helt problemfri.

Senere er overføringsnettet i Namdalen ytterligere utbygd og forsterket, og transformatorstasjonen i Namsos har i dag forbindelser til både regionalnettet og sentralnettet som går gjennom fylket. I årenes løp har både bygningen og det tekniske anlegget blitt utvidet og modernisert i takt med økende kraftforbruk og flere ledninger til og fra. Til dette anlegget hørte også to boliger som nå er solgt. Stasjonen er i dag fjernstyrt, men er fortsatt kontorsted for drifts- og vedlikeholdsenehet og fremmøtested for montører som tilhører stasjonen.

Teknisk utførelse

Da transformatorstasjonen ble satt i drift i 1923, var den utstyrt med to 3500 kVA-transformatorer for 66/22 kV, og et apparatanlegg for tre utgående 22 kV-ledninger. Første større endring kom i forbindelse med elektrifiseringen av Ytre Namdal fra 1938. Det ble da valgt en overføringspenning på 35 kV for ledningen fra Namsos, og den ene av transformatorene ble byttet ut med en som kunne nedtransformere til dette spenningsnivået.

I 1945 sto en ny 66 kV-ledning klar mellom Nedre Fiskumfoss kraftverk og Namsos. Ettersom kraften til Ytre Namdal også kunne overføres via denne ledningen, opphørte nedtransformeringen til 35 kV i Namsos. Midt på 1960-tallet ble det gjort enkelte endringer på det tekniske anlegget da det ble strukket en ny 66 kV-ledning ut fra stasjonen og nordvestover til Ytre Namdalen. En del skillebrytere fra den tiden er fortsatt i bruk.

Ledningene ble opprinnelig ført inn gjennom åpne gallerier på bygningens langsider. Da det i 1968 ble anlagt ny flyplass like ved, ble den gamle Follafoss-ledningen, som kom inn på sørsiden, lagt i kabel fra Namsen og inn i stasjonen. På nord-siden kom ledningen fra Nedre Fiskumfoss inn, og på grunn av problemer med gjennomføringene i veggen, ble de åpne galleriene i 1972 støpt igjen, og nye gjennomføringer ble montert i ytterveggen.

I 1978 ble det satt inn to nye 66-kilovolts bryterfelt i tilknytning til at 66 kV-nettet ble utvidet for å forsterke forbindelsen til knutepunkt i sentralnettet og regionalnettet. På begynnelsen av 1980-tallet fikk stasjonen nytt kontrollrom med ny instrumentering, men ikke lenge etter ble den fjernstyrt. I 1988 var det en omfattende ombygging av den elektriske utrustningen der blant annet effektbrytere for 66 og 22 kV ble skiftet ut til SF₆-brytere.

Stasjonen er i dag knyttet til 66 kV-ledninger på regionalnettet og 22 kV-ledninger på distribusjonsnettet, og den har to transformatorer for 66/22 kV



Den opprinnelige transformatorporten på tverrveggen er erstattet av to nye porter på langveggen mot sør. De åpne galleriene for inntak av luftledninger er tettet igjen. Foto. Sissel Riibe, NVE



Detalj av koblingsanlegg med nye effektbrytere. Foto. Sissel Riibe, NVE



I 1968 ble det montert oljekabelanlegg da den gamle Follafoss-ledningen ble lagt i kabel under den nye flyplassen på sørsiden av stasjonen. Foto. Sissel Riibe, NVE

samt en stasjonsforsyning. Transformatorer og koblingsanlegg er plassert innendørs.

Arkitektur

De tre hovedtransformatorstasjonene som ble satt i drift i 1923, var like store og utført etter samme tegninger. De var tegnet av arkitekt Olaf Nordhagen, og hadde fellesstrekk med den monumentale kraftstasjonen i Follafoss som han tegnet på samme tid. Han var for øvrig også mester for Hauen transformatorstasjon² ved Skien, samt de store kraftstasjonene Vemork og Såheim i Telemark og Glomfjord i Nordland noen år tidligere. Nordhagen ble kalt "domkirkearkitekten", fordi han var kunstnerisk leder for restaureringen av Nidarosdomen.

Stasjonene i Namsos, Steinkjer og Åsen besto av to etterstilte bygningsvolumer av ulik høyde. Transformatorene var plassert i den laveste delen, med én port i endevæggen der begge transformatorene ble kjørt inn på skinner. For å få dem på plass måtte hjulene vris 90 grader. Det var utvendige luftkanaler over mønet og langs ytterveggen på bakkenivå. Byg-

2) Se egen beskrivelse av Hauen transformatorstasjon.



Transformatorstasjon ligger på ei slette nord for Namsen. De to høyeste bygningsvolumene er den opprinnelige stasjonen. Det lave tilbygget til høyre og garasjen til venstre ble satt opp på 1980-tallet. NTEs nye logo fra 2010 er på plass. Foto. Sissel Riibe, NVE

ningene var utformet i en nyklassisistisk stil med tempelgavler, markerte gesimser og symmetriske fasader med vinduer mellom vertikale forsenkete felt. Et særpreg ved disse tre stasjonene var åpne gallerier i det høyeste bygningsvolumet for innføring av luftledningene.

Av disse tre stasjonene er den i Steinkjer erstattet med en nyere bygning, mens den i Åsen er platekledd ut-



En gammel vindeltrapp snor seg gjennom etasjene. Foto. Sissel Riibe, NVE

vendig, og det meste av opprinnelige fasadedetaljer er borte. Stasjonen i Åsen har imidlertid beholdt den opprinnelige størrelsen og de åpne galleriene.

Namsos-stasjonen er også blitt ombygd opp gjennom årene, både innvendig og utvendig. På begynnelsen av 1980-tallet ble det satt opp et tilbygg mot vest med nytt kontrollrom, verksted, kontor og lager, samt bedre fasiliteter for personalet. Tilbygget er lavere enn den opprinnelige bygningen, og gjør at det fortsatt er mulig å kjenne igjen form og størrelse på denne. Til anlegget hører også en større garasje som ble satt opp like etterpå.

En eksplosjon i en oljebryter i 1984 førte til at alle vinduene i den opprinnelige bygningen blåste ut. Det ble etterpå satt inn glassbyggestein i første etasje og sprosseløse vinduer i etasjene over. Andre større endringer er at porten på endeveggen inn til transformatorene er blitt erstattet av to porter med bjelkestengsler på langveggen mot sør. De åpne galleriene er også tettet igjen, men omrammingen av dem er fortsatt synlig.

I 2009 ble fasadene på stasjonen pusset opp, og det ble lagt vekt på å bruke riktige materialer og riktig type

maling på de pussede murveggene. Bygningen er utvendig malt med en lys oker farge og fremstår i dag som godt vedlikeholdt.

Begrunnelse

Namsos transformatorstasjon tilhører pionertiden for den organiserte elektrisitetsforsyningen i Nord-Trøndelag, som startet med etableringen av det fylkeseide Nord-Trøndelag Elektrisitetsverk i 1919. Dette var én av de tre hovedtransformatorstasjonene i fylket som våren 1923 stod klar til å ta imot kraft via nye 66 kV-ledninger fra Follafoss, fylkesverkets første kraftverk. Stasjonen i Namsos hadde en sentral rolle under oppbyggingen av elektrisitetsforsyningen i Namdalen, og den er fortsatt et viktig knutepunkt i regionalnettet.

Alle de tre transformatorstasjonene – i Namsos, Steinkjer og Åsen – er tegnet av Olaf Nordhagen, en av de store kraftverksarkitektene de første tiårene av 1900-tallet. Nordhagen tegnet også den monumentale kraftstasjonen i Follafoss som ble satt i drift på samme tid, og som fortsatt er meget godt bevart. Både kraftverket og transformatorstasjonene er bygninger som det nye fylkesverket kunne være bekjent av.



Fylkets tre hovedtransformatorstasjoner ble i likhet med kraftstasjonen i Follafoss tegnet av domkirkearkitekt Olaf Nordhagen. Den høyreste kraftstasjonen er litt mer monumental enn transformatorstasjonene, men enkelte fellestrekk går igjen.
Foto: Steinar Johansen, for Nord-Trøndelag Elektrisitetsverk

Stasjonen i Namsos er opp gjennom årene ombygd og påbygd, men det er fortsatt mulig å kjenne igjen form og størrelse på den opprinnelige bygningen, og en god del av det nyklassisistiske preget er fortsatt til stede i fasadene.

Stasjonen ligger i et område med en mangfoldig historie knyttet til infra-

struktur, næringsliv og kultur. Nærheten til Namsen trekker forbindelser til tømmerfløting, kraftproduksjon og laksefiske. Namsosbanen og flyplassen like ved representerer sammen med transformatorstasjonen den moderne

infrastrukturen. Noen få kilometer lenger vest finner vi Namsos, den gamle sagbruksbyen og den nye rockebyen, som på hvert sitt vis har fått god hjelp av elektrisiteten.

Viktige momenter:

- arkitektur
- NTE - fylkeselektrisitetsverk siden 1919
- en av fylkets tre hovedtransformatorstasjoner i 1923
- var sentral i forsyningen av Namdalen
- nyklassisistisk arkitektur - Olaf Nordhagen
- Follafoss - NTEs første
- Nedre Fiskumfoss - første kraftverk i Namsen

Kilder

Litteratur:

Krekling, Sigurd (1973): *Nord-Trøndelag Elektrisitetsverk. Utvikling og vekst gjennom 50 år*. Namsos: O. Hojems Trykkeri.

Nord-Trøndelag Elektrisitetsverk (1948): *Nord-Trøndelag Elektrisitetsverk gjennom 25 år*. Steinkjer: Steinkjer Trykkeri A/S.

Nord-Trøndelag fylkeskommune (1952): *Uttalelse om Elektrisitetsforsyningen i Nord-Trøndelag, avgitt av den sakkynndige nemnd som ble oppnevnt av Nord-Trøndelag fylkesutvalg 1. april 1952*.

NVE (2006): *Kulturminner i norsk kraftproduksjon*. Oslo: Norges vassdrags- og energidirektorat, rapport nr. 2/2006.

Muntlige kilder

Odd Hegge, Nord-Trøndelag Elektrisitetsverk
Alf Urstad, Nord-Trøndelag Elektrisitetsverk

Katterat

På Ofotbanen, den norske delen av Malmbanan mellom Luleå og Narvik, er det siden 1902 blitt fraktet jernmalm fra de store gruvene i svensk Lappland til isfri havn i Ofotfjorden. I 1923 ble banen elektrifisert, og en ny transformatorstasjon ble satt i drift på Katterat. Den har vært et sentralt ledd i systemet som gir kraft til å trekke eller bremse de tunge malmtogene fra Kiruna over høyfjellet ned til Narvik.

Ofotbanen – Norges nordligste mellomriksbane – er et eget lite jernbanelandskap adskilt fra det øvrige norske jernbanelandskapet, og tilknyttet det europeiske gjennom Sverige. Den 42 km lange strekningen med 20 tunneler går i et storslagent landskap, i bratt og værhardt høyfjellsterreng med høyeste punkt 521 meter over havet.

Vi begynner denne historien i 1898, da det ble inngått kontrakt mellom den norske stat og det svenske gruveselskapet Luossavaara-Kiirunavaara Aktiebolag (LKAB) om å frakte jernmalm fra Kiruna til Victoriahavn, som Narvik het frem til 1902. Jern-

banen mellom Kiruna og Narvik åpnet i 1902, som verdens første arktiske jernbane. I november dette året kjørte det første malmtog over høyfjellet og ned til Narvik, der den jernrike, verdifulle lapplandsmalmen ble skipet videre til markedene i Europa. Noen måneder senere, 14. juli 1903, var det høytidelig, kongelig åpning av mellomriksbanen. Strekningen er vestre del av den 476 km lange Malmbanan mellom Narvik og Luleå i Bottenviken, innerst i Østersjøen. Den norske delen, Ofotbanen, ble bygget av NSB.

Byen Narvik vokste frem som følge av

jernbanen, og det ble etablert flere stasjoner, blant annet på Katterat, som frem til 1951 gikk under navnet Hundalen. Vi tar her spesielt for oss transformatorstasjonen på Katterat, men omtaler også de øvrige anleggene knyttet til elektrifiseringen i 1923.

De første årene ble malmtogene trukket av damplokomotiv fyrt med kull, men på grunn av mangel på fyrkull ble det også brukt mye ved. For å kunne øke banens transportkapasitet, og for å bli uavhengig av kullimport, ble det i 1910 påbegynt arbeid med å få elektrifisert hele Malmbanan. I



1915 var den nordre svenske delen av banen elektrifisert, og i 1920 vedtok Stortinget at dette også skulle gjennomføres på Ofotbanen.

Elektrifiseringen av Ofotbanen tok omtrent tre år og sysselsatte på det meste 880 mann. Arbeidene omfattet bygging av kraftledning fra riksgrensen til Narvik, transformatorstasjoner på Katterat og i Narvik, og kontaktledningsanlegg for banen fra riksgrensen til Narvik havn. Den 10. juli 1923 startet elektrisk drift av Ofotbanen, med kraft levert fra Porjus i Sverige. Samme dag ble det også gjennomgående elektrisk drift på hele strekningen Narvik–Luleå. På den tiden var dette den lengste sammenhengende elektrifiserte banestrekningen i Europa. Innen NSB var Ofotbanen den andre strekningen som ble elektrifisert. Den første var Drammensbanen i 1921.¹

Katterat, som ligger 373,5 meter over havet og 29,73 km fra Narvik havn, var Ofotbanens største stasjonssamfunn utenom Narvik. Bemanningen av transformatorstasjonen og vedlikeholdet av jernbanelinjen førte til at mange bodde og arbeidet på Katterat, og på det meste var det om lag hundre fastboende. Etter at signalanleggene på Ofotbanen ble fjernstyrt fra 1963, ble jernbanestasjonene på fjellet fraflyttet, men helt frem til 1969 bodde det elektrofolk og linjearbeidere på Katterat. Det var vaktordning ved Katterat helt til transformatorstasjonen ble tatt ut av drift i mars 1970.

Malmtransport er fremdeles Ofotbanens hovedoppgave, og malmtogene går døgnet rundt, hele året. Målt i tonn utgjør denne transporten over halvparten av den godsmengden som årlig fraktes på norske skinner. I tillegg til malmtransporten har banen også en god del persontrafikk.

Teknisk utførelse

Kraften fra Porjus ble fra 1923 levert via en svensk kraftledning til riksgrensen, og derfra over NSBs nye ledning til Katterat og Narvik. Kraftledningen fulgte stort sett jernbanen, og ble bygget med fagverksmaster som ble skrudd sammen på stedet. På grunn av værforholdene ble mas-



Den 180 m lange Norddalsbrua som sto ferdig i 1901 er ingeniørkunst av rang. Den står fortsatt, men ble i 1988 erstattet av en 1,5 km lang ny jernbanetrasé på fast grunn. Her ser vi malmtog på Norddalsbrua trukket av elektrisk lokomotiv El 12 i 1980. Foto: Yngvar Hansen, Norsk Jernbanemuseums samling

tene solid dimensjonert, og de strømførende linene ble hengt opp med mindre strekk og større nedheng enn forskriftene tilsa. Ledningen hadde to strømførende liner som overførte én-fase vekselstrøm med 80 kV spenning og en frekvens på 15 hertz (perioder per sekund).

Ved transformatorstasjonene på Katterat og i Narvik ble spenningen nedtransformert fra 80 til 15 kV og matet inn på Ofotbanens kontaktledningsanlegg. Transformatorene ble levert av AS Per Kure, og det elektriske utstyret ble levert og montert av NEBB. I Katterat var det opprinnelig to transformatorer med en ytelse på 1500 kVA hver, men på grunn av problemer med overbelastning, ble det i 1953 satt inn en tredje transformator av samme størrelse i et nytt tilbygg. I første etasje var det i tillegg til transformatorene effektbryter, 80 kV-avledere og 15 kV-koblingsanlegg. I andre etasje var det 80 kV-koblingsanlegg med skillebrytere, kontrolltavler og batterirom.

Fra transformatorstasjonen ble strømmen overført via kontaktledningen til strømvtageren på lokomotivet. Returen fra motorene gikk gjennom

¹) Om Drammensbanen: Se beskrivelse av ledningen Hakavik–Asker.

skinnegangen tilbake til transformatorstasjonen. Kontaktledningen fra riksgrensen til Narvik havn ble bygget med master av kanaljern eller vinkeljern. Høyden mellom skinnetopp og kontakttråd var 5,5 m på fri linje, 4,85 m i tunneler og 6 m på stasjonene. I forbindelse med elektrifiseringen fikk bygningene på jernbanestasjonen og enkelte av tunnelene også elektrisk lys. Det ble levert fra kontaktledningen, og på grunn av den lave frekvensen ble det på folkemunne kalt "blinklys".



Kontrolltavle i marmor med store viser-instrumenter og åpne knivbrytere. Tavlen er delt opp i felt for batteri og omformer. Foto: Åsmund Wie, Jernbaneverket



Katterat transformatorstasjon fotografert i 1922-1923. Til høyre ses 80 kV-ledningen mellom riksgrensen og Narvik. Foto: E. Solberg, Norsk Jernbanemuseums samling



Transformator til transformatorstasjonen opplastet på svensk dyplastevogn. Fotografert i 1922-1923. Foto: E. Solberg, Norsk Jernbanemuseums samling



Ledningen føres inn gjennom yttervegg til inntaksrommet i andre etasje. Det gamle anlegget med porselensgjennomføringer er bevart. Foto: Åsmund Wie, Jernbaneverket

De første årene ble all kraft til den elektriske driften av Ofotbanen levert fra den svenske stats kraftverk i Porjus, men i 1932 satte Narvik Kommunale Elektrisitetsverk i drift Nygård kraftstasjon på nordsiden av fjorden Rombaken. Fra høsten 1932 leverte Nygård énfasestrøm med 80 kV spenning over en kraftledning som ble koblet til ledningen mellom riksgrensen og Narvik. Samtidig ble det etablert samkjøring mellom de to kraftstasjonene. Senere ble Nygård eneleverandør av kraft til Ofotbanen, og strøm-

men ble helt frem til 1970 levert med 15 hertz.

På 1960-tallet ble Ofotbanen opprustet for å tåle økt akseltrykk og mer transport, og fra 1963 ble banens stasjoner og signalanlegg fjernstyrt fra Narvik stasjon. Fra 1970 ble strømmen til Ofotbanen levert via en ny omformerstasjon på Rombak. Da ble transformatorstasjonen på Katterat tatt ut av bruk, mens den i Narvik ble en ren koblingsstasjon. I tillegg til énfasestrømmen som ble levert fra Nygård frem til 1972, kom kraften fra NVE-Statkraftverkens 132 kV-ledning til Sverige via en avgrening ved Sildvik, like i nærheten.

Ved Rombak ble 50 hertz omformet til $16 \frac{2}{3}$ hertz, som er den vanlige frekvensen for jernbanestrøm. I 1970 ble spenningsnivået på den gamle 80 kV-ledningen – med master fra 1923 – endret til 15 kV, og fra Rombak ble strømmen sendt nedover til Narvik og oppover til Katterat og videre mot Bjørnfjell ved riksgrensen. Ledningen har to faseliner, som siden 1970 har vært sammenkoblet og drevet som en énfaseledning. I september 2010 startet en ny epoke for denne ledningen, som da fikk tofasedrift med 30 kV spenning. Samtidig fikk også transformatorstasjonen på Katterat nytt liv: I cellen som ble bygget på i 1953, ble det plassert en flunkende ny autotransformator som transformerer ned fra 30 til 15 kV spenning. Strømmen med $16 \frac{2}{3}$ hertz går til jernbanens kontaktledning. I tillegg får bygningene ved Katterat 50 hertz-strøm til lys og stikkontakter fra en omformer ved transformatorstasjonen.

Fra 1970 og helt til transformatorstasjonen ble tatt i bruk igjen i 2010 sto den nesten urørt, og en god del av det gamle elektrotekniske anlegget er bevart og i god stand. Her finner vi blant annet kontrolltavle, styringsbord og bryteranlegg for 80 og 15 kV. En av de opprinnelige transformatorene er også bevart. På stasjonsområdet er kontaktledningsanlegget for jernbanen bevart med originale master og åk fra elektrifiseringen i 1923. Dette er trolig Norges eldste kontaktledningsanlegg i ordinær drift.



Arkitektur

Transformatorstasjonene på Katterat og i Narvik er tegnet av Gudmund Hoel og Eivind Gleditsch ved NSB Arkitektkontor. Hoel var leder for kontoret fra det ble opprettet i 1913 til 1947, og han tegnet blant annet også Skollenborg transformatorstasjon ved Kongsbergbanen². Bygningene i Narvik og Katterat var nesten like, men den i Narvik er senere utvidet en god del. Begge stasjonene ble satt opp av NSB, Narvik distrikt.

Katterat transformatorstasjon har tykke betongvegger med pussede, umalte

Katterat stasjon sett fra oven med transformatorstasjonen til venstre. De røde husene er vokterboliger, firemannsboligen som i dag er Katterat fjellstue, og stasjonsbygningen fra 1921 med den nyrestaurerte stasjonsparken. På andre siden av jernbanelinjen går den gamle 80 kV-ledningen med master fra 1923.

Foto: Åsmund Wie, Jernbanelinjen

fasader og opprinnelige porter, dører og vinduer. Taket er tekket med skifer. Bygningen har en spesiell takform – såkalt sæteritak, der takflaten er brutt av en horisontalt løpende takavsats, slik at det dannes et takoppbygg. Her har denne løsningen en praktisk funksjon ved at avsatsen rommer lufteventiler. Opprinnelig var det to transformatorceller, men i 1953 ble en tredje transformatorcelle bygget til i husets halve bredde. Bygningen

har en nyklassisistisk arkitektur, med kjennetegn som profilert gesims, empirevinduer og rundbuer med imitert sluttstein over transformatorportene. Andre fine detaljer er forseggjorte inngangspartier og smijernsbalkonger, samt konsoller på ytterveggen ved inntak for luftledningene.

Begrunnelse

Ofofbanen ble bygget for å frakte "skatten i fjellene" – den jernrike lapp-landsmalmen – til isfri utskipingshavn i Narvik. Banen er et av storverkene i norsk jernbanebygging, der det ypperste av norsk ingeniørkunst ble tatt i bruk for å anlegge jernbane i bratt og værhardt høyfjellsterreng. I Jernbanelinjen sin nasjonale verneplan for kulturminner er Ofofbanen en av fem jernbanestrekninger i drift som det er foreslått strekningsvern av. Det er mange interessante og verdifulle kulturminner langs Ofofbanen, og ett av dem er transformatorstasjonen på Katterat.

Ofofbanen var den andre statlige jernbanestrekningen i Norge som ble elek-



Bygningens bakside, med sæteritaket godt synlig. Tilbygget til venstre er den tredje transformatorcellen som ble oppført i 1953. Foto: Åsmund Wie, Jernbanelinjen

2) Se egen beskrivelse av Skollenborg transformatorstasjon.

trifisert, og som en del av Malmbanan var den i 1923 Europas lengste elektrifiserte jernbane. Elektrifiseringen var et pionerverk og ingeniørarbeid av høy klasse med tanke på banens beliggenhet, klimatiske forhold og det tekniske hjelpeutstyret som var tilgjengelig den gang. Banen var opprinnelig ikke profilert og bygget for elektrisk drift. Kraften som ble levert fra Porjus i Sverige, og samkjøringen mellom Porjus og Nygård kraftstasjon fra 1932, representerer den første kraftutvekslingen mellom de to nabolandene.

Transformatorstasjonen på Katterat var en sentral del av systemet som fra 1923 sørget for elektrisitet til Ofotbanen. De gamle elektrotekniske installasjonene og den ene bevarte transformatoren, er i dag meget sjeldne. Selve bygningen er godt bevart med det opprinnelige nyklassisistiske preget. Sammen med det originale kontaktledningsanlegget på stasjonsområdet, og master fra den første kraftledningen fra riksgrensen til Narvik, repre-

senterer transformatorstasjonen første generasjon av anlegg knyttet til elektrifiseringen av Ofotbanen. Det er også interessant at transformatorstasjonen har fått et nytt liv som "autotransformatorstasjon", og at den gamle kraftledningen er tilpasset utviklingen med nye spenningsnivåer og frekvenser, og fortsatt er i drift.

På Katterat vokste det opp et helt lite samfunn, utelukkende basert på jernbanevirksomhet. Katterat er den best bevarte stasjonen på Ofotbanen, med tre vokterboliger, stasjonsbygning fra 1921, smie, firemannsbolig og transformatorstasjonen fra 1923. Stedet er veiløst, noe som har bidratt til å bevare særpreget. Katterat er et av Ofotbanens populære turmål for både fjell-

vandrere, folk som går Rallarveien og togturister. Jernbaneverket har i samarbeid med lokale krefter rehabilitert stasjonsområdet, og stedet er et flott eksempel på kombinasjon mellom kulturminnevern og tilrettelegging for aktiv bruk.

Det er mange fortellinger om Ofotbanen, ikke minst fra anleggstiden, med rallaren og anleggskokken Svarta Bjørn som sentrale symboler. Elektrifiseringen er et annet viktig avsnitt i historien om Ofotbanen. Jernbaneverkets ønske om å bevare det originale kontaktledningsanlegget og deler av transformatorbygningen på Katterat som museum, er et godt utgangspunkt for formidlingen av Ofotbanens elektriske historie – i ekte omgivelser.

Kilder

Litteratur:

Aukrust, Kjell og Strøm, Trygve (1952): *Ofofbanen 50 år: 1902–1952*. Oslo: Norges Statsbaner.

Hjellsand, Arvid (2004): Elektrifiseringen og elektrisk drift på Ofotbanen 1923–1945. I *Årbok 2004 – fra bane, bygd og by*, s. 28–41. Narvik: Ofoten Museum.

Hjellsand, Arvid (2005): Elektrisk drift på Ofotbanen og teknisk utvikling i perioden 1945–2005. I *Årbok 2005 – fra bane, bygd og by*, s. 18–26. Narvik: Museum Nord - Ofoten Museum.

Jernbaneverket (2008): Som for 80 år siden. I *Jernbanemagasinet* nr 8/2008. Jernbaneverket.

Jernbaneverket (2009): *Nasjonal verneplan for kulturminner i jernbanen. Liste over vernede og verneverdige objekter og miljøer pr 1. januar 2006*. 4. utgave – ajourført pr 1. mars 2009. Jernbaneverket.

Slettbakk, Knut (1998): *Energi i 85 år*. Narvik: Narvik Energi AS.

Slettjord, Lars (2009): Jernbanehistoriske perler langs Ofotbanen. I *Fortidsvern* nr 3/2009, s. 24–25. Oslo: Foreningen til norske Fortidsminnesmerkers Bevaring.

Muntlige kilder:

Thor Bjerke, Norsk Jernbanemuseum

Thor Brækkan, Jernbaneverket

Einar Klubnes, tidl. Jernbaneverket

Lars Slettjord, Museum Nord – Ofoten Museum

Åsmund Wie, Jernbaneverket

Viktige momenter:

- Ofotbanen/Malmbanan
- rallarne og Svarta Bjørn
- malmtransport fra Kiruna
- grunnlaget for Narvik by
- ingeniørkunst
- elektrifisering i 1923
- første kraftutveksling Norge–Sverige
- kraft fra Porjus og Nygård
- kraftledningsmaster fra 1923
- énfasestrøm med 15 hertz til 1970
- teknisk anlegg bevart
- ny bruk som "automattransformatorstasjon"
- unikt stasjonssamfunn på Katterat
- godt egnet til historieformidling

Moholt

Da Trondhjems Elektrisitetsverk (TEV) bygget Løkaunet kraftstasjon ved Hyttefossen i Nidelva i 1926, økte selskapets energitilførsel med nær 60 prosent. Det økte også behovet for nedtransformering og fordeling av strøm, og man valgte å bygge Moholt transformatorstasjon i enden av ledningen fra Hyttefossen/Løkaunet. Stasjonen er meget godt vedlikeholdt og fortsatt i full drift.

Moholt transformatorstasjon er sentralt plassert omkring to kilometer øst for Trondheim sentrum. Da stasjonen ble bygget tidlig på 1920-tallet, ble dette området kalt Snau-Strinda og bestod av svært landlige omgivelser. I dag er området preget av lavblokk- og rekkehusbebyggelse, studentboliger og store butikker. Like i nærheten ruver også landemerket Tyholttårnet.

Det var TEVs utbygging av Hyttefossen (senere omdøpt til Løkaunet) kraftstasjon som skapte behovet for Moholt transformatorstasjon. Den stadig økende etterspørselen etter elektrisk kraft i årene rundt 1920 gjorde at TEV måtte se seg om etter prosjekter

som raskt kunne dekke dette behovet, særlig mens man ventet på at tunnelen til Svean kraftstasjon skulle bli ferdig. I mai 1923 ga kommunestyret klarsignal for utbygging av et provisorisk anlegg i Hyttefossen der de nødvendige økonomiske midlene skulle frembringes som lån med garanti av Trondheim kommune. Moholt transformatorstasjon ble satt i drift i 1924, i forbindelse med kraftleveransen til Hyttefossutbyggingen.

Etter om lag to og et halvt år var kraftstasjonen ferdig, og den kunne begynne å levere strøm på nettet 5. februar 1926. Samtidig med dette kunne TEV også benytte transformatorstasjonen

på Moholt for transformering og fordeling av Hyttefosskraften. Moholt ble koblet til kraftstasjonen via en 17 km lang overføringsledning på 60 kV.

Det skulle etter hvert vise seg at Svean kraftstasjon av flere årsaker ble atskillig dyrere enn først antatt. Som en konsekvens av dette ble det som i utgangspunktet var en provisorisk utbygging av Hyttefossen, stående. Dette fikk også konsekvenser for transformatorstasjonen, som dermed ble noe mindre dimensjonert enn først antatt. Likevel bedret Hyttefossutbyggingen og Moholt transformatorstasjon kraftforsyningen i området såpass at frakobling av abonnentene ble unngått.





Stasjonen sett fra øst, slik den fremstod kort tid etter idriftsettelsen på 1920-tallet. Foto: Trondheim Energiverk

Stasjonen som ble idriftsatt i 1924, står der fortsatt i dag, men bygningen har gjennomgått visse endringer. I 1963–64 ble hovedfløyen forlenget i forbindelse med en ny 60 kV-ledning fra kraftverket i Fjæremsfossen, og i 1994 ble det utført en større reparasjon av taket. Det er ellers gjennomført kontinuerlig vedlikeholdsarbeid.

Teknisk utførelse

Bygningen ble opprinnelig bygget i tre fløyer, der hovedfløyen tjente til inntak og nedtransformering av strøm fra Hyttefossen, midtfløyen

hadde servicefunksjoner, verksted og kontrollrom, og vestfløyen hadde uttaksanlegg for bynettet. Ettersom utbyggingen av Svean trakk ut, ble dimensjonene på de første tekniske installasjonene noe mindre enn først planlagt.

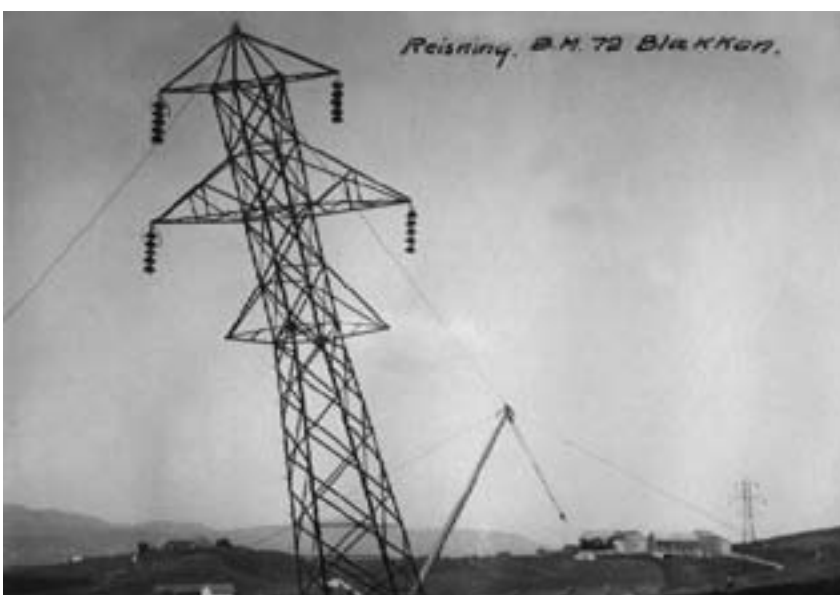
Det tekniske anlegget i Moholt transformatorstasjon består av representative elementer og løsninger. Stasjonen tok inn 60-kilovolts luftledninger og kabler, nedtransformerte spenningen til 6 kV, og førte strømmen videre i jordkabler til byen. I første omgang

ble det montert to transformatorer for transformering fra 60 til 6 kV, samt en mindre transformator for målinger til lokalisering av feil på nettet. Senere ble også en tredje større transformator installert. Verkstedet fikk montert en løpekran med 45 tonns løfteevne for å kunne håndtere de store transformatorene.

Transformatorene, som er konstruert som trefase kjernetransformatorer, befinner seg i første etasje, mens andre etasje har ledningsinntak og 60 kV-samleskinner. I kjelleretasjen var det tidligere en felles luftkanal med inntakssjakt ved enden av hovedbygningen. Fra luftkanalen blåste viftene luften opp gjennom transformatorcellene og ut gjennom åpningen for fjernledningsuttaket. I vestfløyen ble opprinnelig 6 kV-anlegget installert, med kabeluttakene i kjelleren, oljebrytere i første etasje og dobbelt sett 6 kV-samleskinner i andre etasje.

Instrumenteringen ble plassert på tavler i åpen firkant i kontrollrommet. En interessant detalj er at det opprinnelig ble bygget en liten bu inne i kontrollrommet rundt bestyrerens arbeidsplass. Bua, som i dag er revet, ble bygget på grunn av den kalde og fuktige luften inne i kontrollrommet.

I 1998 ble alle de tre transformatorene byttet ut i forbindelse med en oppgradering av de utgående ledningene fra



60-kilovolts ledningen fra Hyttefossen kraftverk til Moholt stod klar i 1926, etter at Moholt i to år hadde levert strøm til byggingen av kraftverket. Bildet viser reising av bæremast nummer 72 på Blækkan. Foto: Haakon Faanes

6 til 12 kV. Det ble da også installert nytt 12 kilovolts apparat- og kontrollanlegg. Driftsspenningen på Moholt er nå i praksis ca 63 kV på inngående kabler og luftledninger, og 11,6 kV på utgående kabler. Stasjonen har enkelte utendørs linjebrytere, men all transformering foregår fortsatt innendørs.

Arkitektur

Det har rådet noe usikkerhet omkring hvem som var hovedarkitekten bak den eldste delen av Moholt transformatorstasjon, men flertallet av kilder antyder at den ble tegnet av arkitektene Theodor Brekke og Josef Jervell Grimelund. Brekke og Grimelunds tegninger ble i utgangspunktet dimensjonert for en full utbygging av Hyttefossen kraftverk, og da dette ikke ble noe av, ble den endelige bygningen på Moholt dimensjonert noe mindre.

Bygningen består som nevnt av tre fløyer. Hele anlegget er i to etasjer, men de høye transformatorene gjør at hoved- og midtfløyen har en førsteetasje som nesten tilsvarer de to etasjene i vestfløyen. Bygningen er utført i mur, med fundamenter og kjeller i betong, og etasjeskiller i jernbetong. Murpussen ble opprinnelig malt i den rosa-terrakotta fargen som man også finner igjen i fordelingsstasjonen Paulinelund 1 (Vollan). Taket er i hovedsak valmet, med en gradvis slakking av takvinkelen ytterst mot gesimsen, noe som er med på å gjøre den ellers tunge takformen mer elegant. Verksteddelen i midtfløyen har tilnærmet flatt tak. Takgesimsen er enkel, men kraftig og markant rundt hele bygningen.

Vinduene er hovedsakelig rektangulære, og plassert helt ute i kant med ytterveggen. De høye vinduene i hovedfløyens nordfasade skiller seg imidlertid ut ved at de har et segmentformet overstykk og er satt inn i en bred forsenket omramming. I hovedfløyens sydfasade er det satt inn store porter som leder inn til transformatorene, og tilstøtende fasade på verkstedfløyen har en tilsvarende stor port. Langs sydfasaden er det også en 1,2 meter bred buegang i andre etasje



Pauserommet på Moholt har gjennom lang tid vært et sosialt samlingspunkt for arbeiderne i Trondheim Energiverk. Foto: Henning Weyergang-Nielsen, NVE

der ledningene føres inn, og over takgesimsen ser vi åtte små, trekantede arker som korresponderer med bueåpningene under.

Bygningen er ellers uten spesiell utsmykning og dekorative elementer, noe som muligens kan ha sammenheng med samtidens preg av nøkternhet og en opplevelse av elektrisiteten som et mer dagligdags fenomen enn tidligere.

Bygningens stramme linjer og enkle dekor er karakteristisk for 1920-talls-klassisismen. Samtidig peker valmtakene og den asymmetriske fløy-

inndelingen tilbake til romantikken. Innslaget med store rundbuevinduer i forsenkede felt går igjen i flere industribygninger fra samme tidsepoke, som for eksempel Olaf Nordhagens kraftstasjoner Såheim, Follafoss og Glomfjord.

I 1963–64 ble for øvrig hovedfløyen forlenget med ca 16,5 meter mot øst, etter tegning av arkitektene Arnstad og Heggenhougen. Tilbygget er tilpasset resten av fløyens stil, men er noe forenklet. I 1994 ble det lagt ny sort takstein over hele taket. Ved denne anledningen ble fasaden også malt i en mer karminrød farge.



Kontrollrommet med instrumentering på tavler i åpen firkant, slik det fremstod etter anleggets ferdigstillelse på 1920-tallet. Foto: Trondheim Energiverk



Moholt transformatorstasjon anno 2009 ligger i et område preget av rekkehus, studentboliger og store butikker. Bildet viser anlegget fra nordvest, fotografert fra Tyholtårnet. Foto: Henning Weyergang-Nielsen, NVE

Begrunnelse

Moholt transformatorstasjon var en helt avgjørende utbygging for kraftleveransene til Trondheimsområdet i en periode med stor økning i strømforbruket. Stasjonen har vært i kontinuerlig drift fra 1924 og frem til i dag, og har derfor blitt meget godt ivare tatt både materielt og estetisk.

Bygningen fremstår som monumental og et eksempel på sin tids industriarkitektur, både slik den opprinnelig ble bygget og som følge av tilbygget fra

1960-tallet. Tilbygget er for øvrig godt tilpasset den opprinnelige bygningen, samtidig som det viser kontinuitet og utvikling i arkitektonisk formspråk. Stasjonen har representative tekniske løsninger for fordeling og transformering av elektrisk energi, og enkelte tekniske installasjoner står der fortsatt. Den opprinnelige 45-tonns løpekransen står der også fortsatt som et kraftfullt teknisk element.

I tillegg til at transformatorstasjonen i seg selv har en historie som er verdt å

visе frem, har Trondheim Energi Nett også valgt å benytte seg av bygningen som en arena for formidling av sin egen historie. Blant annet er veggene i det store kontrollrommet i stor grad dekket av historiske bilder som formidler ulike sider av e-verkets aktiviteter og anlegg gjennom et drøyt århundre.

Viktige momenter:

- arkitektur – monumental bygning
- viktig for den tidlige strømforsyningen til Trondheim
- påbygg viser kontinuitet
- meget godt vedlikeholdt
- representativ teknikk
- original løpekran og originale tekniske elementer

Kilder

Litteratur:

Kvaal, Stig og Wale, Astrid (2000): *En spenningshistorie – Trondheim Energiverk gjennom et århundre*. Trondheim: Trondheim Energiverk AS.

Stav, Ivar E (1994): *Industriarkitektur i Trondhjem 1855-1925. Hovedoppgave i kunsthistorie*. Universitetet i Bergen.

Trondhjems elektrisitetsverk og Trondhjems sporvei (1927): *Trondhjems elektrisitetsverk og Trondhjems sporvei 1902-1927*. Aktietrykkeriet i Trondhjem.

Muntlige kilder:

Per Helmersen, tidl. Trondheim Energiverk
Arnfinn Kalstad, Trondheim Energi Nett AS

Børstad

Like utenfor Hamar sentrum finner vi Børstad transformatorstasjon. Anlegget har en nyklassisistisk hovedbygning fra 1920-tallet og et godt tilpasset funksjonalistisk tilbygg fra 1950-tallet, og er et godt eksempel på kontinuitet innen trafoarkitektur. Anlegget var lenge preget av forfall, men er i dag betydelig pusset opp i samarbeid med regionale kulturminnemyndigheter, og i stor grad tilbakeført til sitt opprinnelige uttrykk.

Børstad transformatorstasjon ligger sentralt plassert like sørøst for Hamar sentrum, og eies og drives i dag av Eidsiva Nett AS, som er en del av Eidsiva Energi, stiftet i juni 2000. Historien om Børstad strekker seg imidlertid atskillig lengre tilbake i tid, til tidlig på 1900-tallet da stasjonen ble bygget av Hamar, Vang og Furnes kommunale kraftselskap (HVF). Allerede i 1917 satte HVF i drift en provisorisk stasjon på Børstad, i forbindelse med ledningen Brumunddal–Hamar. I tillegg til å ta i mot kraften fra Brumunddal, førte denne utbyggingen også til at

kraftleveransene fra Elverum kunne gå direkte til Børstad, i stedet for å føres til anlegget ved HVFs gamle administrasjonsbygg, trafostasjon og lager i Vangsveien 43 på Hamar.

Det var først i 1924 at man fikk ferdigstilt og idriftsatt en full utbygging av Børstad med den hovedbygningen vi fortsatt kjenner igjen i dag. I januar 1920 vedtok HVF å innlede forhandlinger om fremtidig kraftleie fra Lillehammer, blant annet i forbindelse med nye utbyggingsprosjekter i nedslagsfeltet til elva Mesna. Lilleham-

mer stilte seg positiv til en slik avtale, men for å ta i mot kraften fra Mesna måtte Børstad bygges ut. HVF hadde sikret seg fullmakt til full utbygging av Børstad allerede da de bygget den provisoriske stasjonen i 1917, og dette arbeidet kunne nå settes i gang. Den nye stasjonen ble satt i drift i begynnelsen av august 1924, og i stillingen som bestyrer ved Børstad ansatte HVF Simen Grøtterud, en stilling han besatte helt frem til sin død i 1963.

Frem til andre verdenskrig hadde HVF produsert kraft fra relativt begrensede





Børstad transformatorstasjon kort tid etter idriftsettelsen. Foto: Eidsiva Energi AS

kraftkilder, men mot slutten av 1940-årene så det endelig ut til at en langvarig drøm om utbygging av Vinstravassdraget kunne realiseres. I samarbeid med Aker elektrisitetsverk dannet HVF interessentskapet Vinstra kraftselskap, med en kapital på 18 millioner kroner, og utbyggingen kunne settes i gang¹.

For å ta imot kraften fra Vinstra ble det også gjennomført større utvidelser ved Børstad transformatorstasjon. I 1950 ble en 43 meter lang transformatorhall bygget i forlengelse av den gamle hovedbygningen, og nytt teknisk anlegg ble installert. Det var

1) For mer informasjon om Vinstrautbyggingen: se egen beskrivelse av ledningen Nedre Vinstra-Oslo

viktig at stasjonen stod klar i det øyeblikk strømmen ble slått på i den nye dobbeltledningen på 66 kV som kom sørover til stasjonen fra Fåberg i 1953.

Stasjonen ble bygget ut på nytt i 1975. Blant annet ble det bygget nytt lager- og garasjeanlegg, noe som førte til at mesteparten av HVFs lager ble flyttet til Børstad. Dette anlegget er senere utvidet og supplert med et nytt verksted. Man fikk også plass til en moderne kantine, som senere er utvidet med en egen informasjonsavdeling. I 1975 ble det også vedtatt at Børstad skulle brukes som fremmøteplass for montørene i HVF.

I 1987 fusjonerte HVF med Ringsaker og Nes Kraftanlegg og Løten Elektrisitetsverk, og dannet Hamar-regionen

Energiverk (HrE), som igjen ble et aksjeselskap fra 1. januar 1999. Eidsiva Energi ble som nevnt til i juni 2000, etter en fusjon mellom HrE sin nett- og omsetningsvirksomhet og Lillehammer og Gausdal Energiverk AS.

Ikke lenge etter at man var kommet inn i det nye årtuseten begynte forfallet på Børstad å bli tydelig. Midt på 1980-tallet hadde stasjonen blitt malt med en maling som skulle vise seg å være altfor diffusjonstett for veggkonstruksjonen, med den konsekvensen at veggpusken nå fikk store sprekkdannelser og maling og puss begynte å skalle av. Et omfattende restaureringsarbeid ble derfor satt i gang, i nært samarbeid med kulturminneforvaltningen i Hedmark fylkeskommune. I årene 2006–2008 hogget man ned store deler av murpusken og bygget denne opp igjen, vinduene av glassbyggesten ble murt opp på nytt, kjellervinduene i treverk ble byttet, og hele bygget ble malt i opprinnelige farger. Børstad transformatorstasjon fremstår derfor i dag som et pent og meget godt vedlikeholdt anlegg.

Teknisk utførelse

Det opprinnelige tekniske anlegget i Børstad var plassert i stasjonen fra 1924. Den tok da imot 50 kV-ledningen fra Mesna og fordelte kraften ut i bynettet rundt Hamar. Senere har det tekniske anlegget blitt byttet ut og oppgradert, og mens ledningene



Anlegget slik det fremstår i dag. Foto: Henning Weyergang-Nielsen, NVE

inni stasjonen fortsatt går gjennom den gamle hovedbygningen, er det aller meste av koblingsanleggene flyttet over i tilbygget fra 1950. Transformatorcellene er også plassert i tilknytning til tilbygget. Den eldste delen av anlegget huser i dag hovedsakelig kontorer, personalrom, arkiv og kantine.

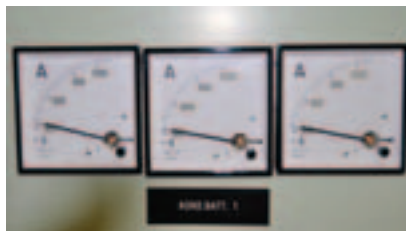
Stasjonen tar i dag inn 66 kV-ledninger fra Brumunddal og Vang, transformerer ned til fordelingsnettet på 11 kV, og fungerer som en del av forsterkingen rundt bynettet i Hamar. Koblingsanleggene er i sin helhet plassert innendørs, men transformatorene er plassert i celler utenfor bygget. Både transformatorer og koblingsanlegg har representative tekniske løsninger.

Børstad fungerte som driftssentral for HVF fra idriftsettelsen i 1924 og helt frem til 1970, da denne funksjonen ble flyttet til de nye administrasjonslokalene i Vangsveien 73 på Hamar. Der er for øvrig fortsatt hovedkontoret til Eidsiva Energi, men driftssentralfunksjonen er nå flyttet vekk fra Hamar.

Arkitektur

Hovedbygningen fra 1924 er tegnet av arkitekt Thorvald Astrup, og er en massiv bygning i tre etasjer, bygget med dobbel teglsteinsmur. Den består av to fløyer stående vinkelrett på hver-

andre, der fløyen mot sørvest har flatt tak mens østfløyen har et svakt hellende saltak. Bygningen er utvendig utført i pusset mur, med slettpuss på de øverste 2/3 av fasadene og kvaderpuss med langsgående profiler på den nederste tredjedelen.



Detalj av teknisk anlegg.
Foto: Henning Weyergang-Nielsen, NVE

Vinduene i første etasje er rektangulære med overliggende halvsirkelformede lunettevinduer, mens andre etasje kun inneholder ett rektangulært vindu plassert over det lett monumentale inngangspartiet. I åpningen der det rektangulære vinduet står i dag, var det tidligere en dør ut på en liten åpen veranda over inngangspartiet, men denne verandaen er nå borte. I den øverste etasjen er det en rekke mindre kvadratiske vinduer. Verdt å merke seg er også den tydelig markerte takgesimsen som strekker seg rundt bygningen.

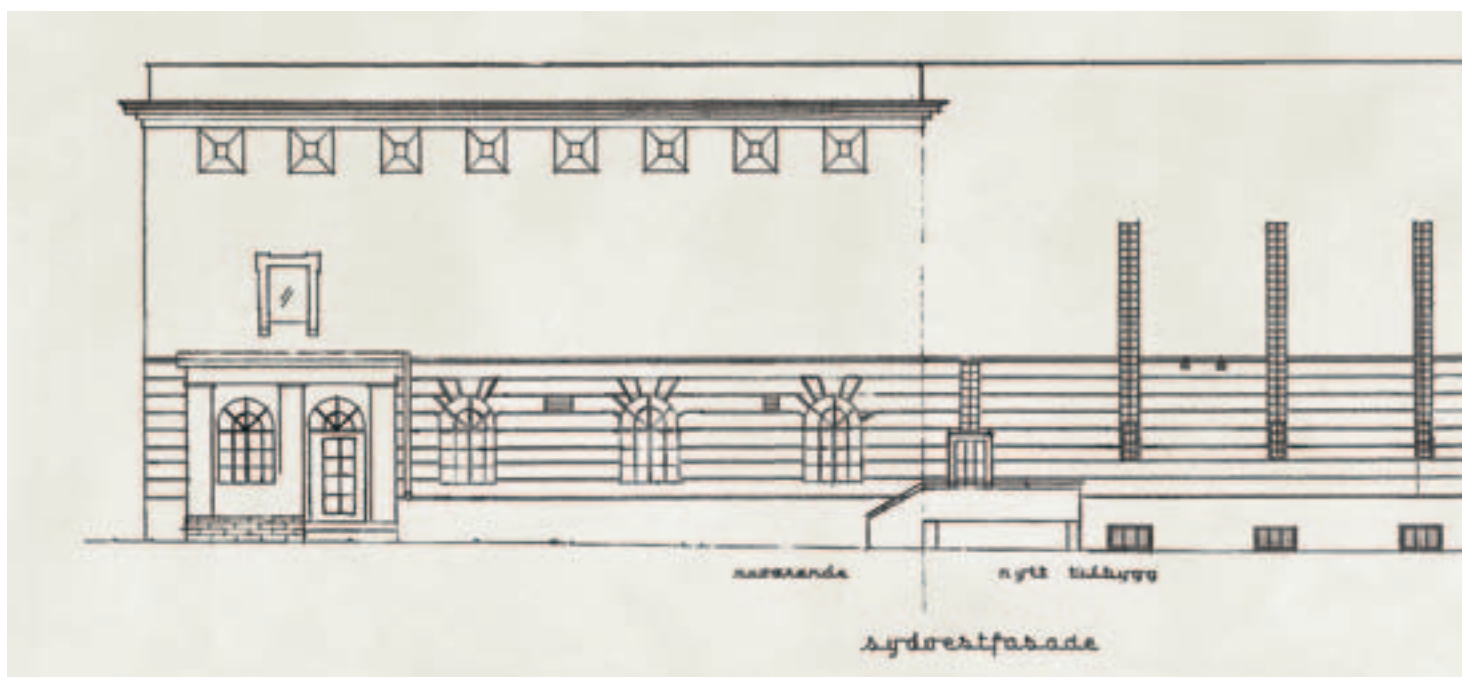
Tilbygget fra 1950 ble tegnet av arkitekt Rolf Prag fra Hamar, og bærer

preg av Prags funksjonalistiske tilnærming, samtidig som det er godt tilpasset den eldre bygningsmassen. Tilbygget ble bygget i plasstøpt betong, med faststøpt gassbetong som isolasjon. Kalksementmørtel ble påført utvendig som pusslag, i likhet med i første byggetrinn. I sydvestfasaden ble det satt inn seks meter høye vinduer utført i glassbyggesten. Hele anlegget har flatt tak tekket med asfaltpapp, og fasadene er i sin helhet malt i en lys okergul farge i tråd med den opprinnelige fargesettingen fra første byggetrinn.

Begrunnelse

I likhet med flere andre kraftverk og transformatorstasjoner fra denne perioden, ble Børstads første byggetrinn tegnet av den kjente industriarkitekten Thorvald Astrup. Bygningen er monumental og vakker, samtidig som den er representativ for sin epoke. Verdt å merke seg er særlig inngangspartiet, samt det store halvsirkelformede vinduet på østfløyen.

Arkitekt Rolf Prags mer funksjonalistiske tilbygg fremstår som et representativt eksempel på industriarkitektur fra tidlig etterkrigstid, og er samtidig på en heldig måte tilpasset Astrups nyklassisistiske hovedbygning. Når man ser Børstads visuelle uttrykk i sammenheng med dens sentrale plassering like i utkanten av Hamar sentrum, fremstår anlegget som en meget god





Thorvald Astrups originale tegning av Børstad henger i dag på veggen inne i transformatorstasjonen. Originaltegning: Thorvald Astrup
Foto: Henning Weyergang-Nielsen, NVE.

og tilgjengelig kilde til ulike epokers trafoarkitektur.

I de senere årene har det som nevnt vært gjennomført omfattende restaureringsarbeider ved Børstad. Da fasadepussen begynte å falle ned, kunne

Viktige momenter:

- arkitektur – monumental hovedbygning
- anlegg i flere generasjoner
- tilgjengelig
- tidligere driftssentral
- meget godt vedlikeholdt
- samarbeid med regionale kulturminnemyndigheter

Eidsiva Energi ha valgt å løse problemet på billigst mulige måte gjennom å påføre fasadene platekledning. Når man i stedet inngikk et samarbeid med fylkeskonservatoren i Hedmark og valgte å bruke betydelige økonomiske midler på å vedlikeholde fasadene til mest mulig opprinnelig utseende, har dette tatt vare på de kulturhistoriske verdiene ved anlegget på en meget god måte. Fasadene er murt opp med pussmørtel, fargevalget ble besluttet på bakgrunn av fargeprøver med utgangspunkt i opprinnelig farge, og vinduene av glassbygggesten har blitt murt opp på nytt. Anlegget fremstår i dag som meget pent og godt vedlikeholdt, og verdt å merke seg er det at Eidsiva Energi også har planer for videre vedlikehold.

Under: Arkitekt Rolf Prags skisse til utvidelse av anlegget. Datert 3. september 1948. Illustrasjon: Eidsiva Energi AS.

Kilder

Litteratur:

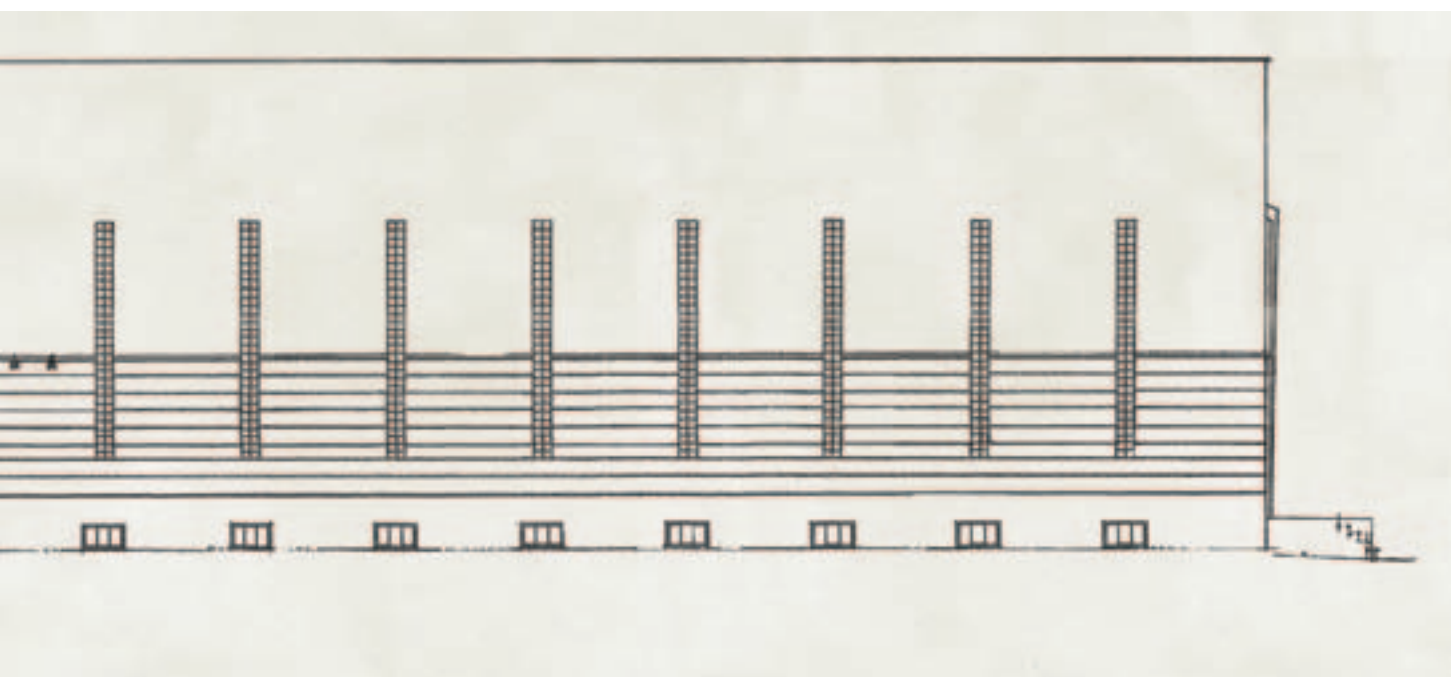
Hamar, Vang og Furnes kommunale kraftselskap (1938): 25 års beretning.

Lillevold, Eyvind (1963): *Hamar, Vang og Furnes kommunale kraftselskap 50 år*. Hamar: HVF.

Sandberg, Per-Øivind (1988): *Hamar-regionen Energiverk 1913-1988*. Hamar: HrE.

Muntlige kilder:

Thor Karlberg, Eidsiva Nett AS
Lars Mangnes, Eidsiva Nett AS
Ottar Moe, Eidsiva Nett AS



Flesaker

Flesaker transformatorstasjon ble satt i drift i 1928 i forbindelse med Noreutbyggingen. Anlegget var landets første på 132 kV, og en sentral brikke i det tidlige samkjøringssamarbeidet på Østlandet. Med sine ulike byggetrinn fremstår anlegget i dag også som en god kilde til ulike generasjoners teknikk og arkitektur i transformatorstasjoner.

I 1918 besluttet Stortinget å bygge ut de store Nore-fallene i Buskerud, som staten hadde kjøpt opp allerede i 1907. Statens ambisjoner var å forsyne hele det sentrale Østlandsområdet med kraft, og å bruke det samme kraftoverføringsystemet for å fremme omfattende samkjøring og systemintegrasjon mellom de ulike lokale elverkene i dette området. Planene omfattet bygging av et kraftverk på Rødberg i Numedal, en overføringsledning gjennom Buskerud og videre til Slagen transformatorstasjon ved Tønsberg i Vestfold, samt en ledning til Oslo med mottakerstasjon på Smestad¹.

På ledningen mot Tønsberg ble det bygget en transformatorstasjon ved Vestfossen i Buskerud, ved nordenden av Fiskumvannet. Anlegget ble plassert like ved Flesaker gård, og fikk derfor navnet Flesaker transformatorstasjon. Plasseringen var ideell, ikke minst med tanke på at toglinja passerte rett ved. Plasseringen var også slik at man kunne fase den allerede eksisterende ledningen Rjukan–Oslo innom den nye transformatorstasjonen. Planleggingen og byggingen startet i 1925–26. I 1928 var det ferdigstilt et

bygg for kontrollrom og fasekompensatorer, mens et større koblingsanlegg var oppført i friluft, noe som på denne tiden var et pionerarbeid.

Nore var på dette tidspunktet et av de større vannkraftverkene i Norge og Europa. Byggingen hadde startet allerede i 1920, og etter kun kort tid var et firesifret antall mennesker engasjert i anleggsarbeidet. På Rødberg ble det bygget provisoriske kraftverk, skoler, boliger, veier, sykehus og butikker, og jernbanen opp til Rødberg og kraftverket stod klar i 1927.

1) Se egne beskrivelser av ledningen Nore–Oslo og Smestad transformatorstasjon



Det ble vedtatt å bygge overføringsledninger fra Nore med det rekordhøye spenningsnivået 132 kV. Den 4. mars 1928 ble friluftsanlegget i Nore testet for første gang, og 13. mars samme år ble det for første gang satt prøvespenning på ledningen til Flesaker som dermed ble Norges første transformatorstasjon på 132 kV. En uke senere gjennomførte man for øvrig en tilsvarende prøveleveranse videre fra Flesaker til Slagen. Nore kraftverk, ledningen Nore–Flesaker og Flesaker transformatorstasjon ble drevet med prøvedrift i tre måneder, mellom 1. april og 1. juli, men fra 1. juli 1928 begynte de ordinære kraftleveransene.

I årene etter at Flesaker transformatorstasjon ble satt i drift, kom en periode med lavkonjunktur. Dette, sammen med forbedret samkjøring og et generelt kraftoverskudd, var avgjørende for at nye utvidelser lot vente på seg. Etter andre verdenskrig oppstod det imidlertid igjen økt behov for krafttilførsel til Østlandet, og blant annet ble en viktig ledning fra Mår og Grønvollfoss kraftverker mot Oslo-området ført via Flesaker og satt i drift i 1951. Av enda større betydning for stasjonen var det imidlertid at staten i siste halvdel av 1950-årene startet utbyggingen av de store Tokkeverkene i Telemark². Fra Tokke ble det blant annet satt i drift en kraftledning til Flesaker i 1962, og stasjonen ble derfor utvidet og spenningsoppgradert.

Utvidelsene på 1960-tallet preger fortsatt i stor grad Flesakers uttrykk. I de senere årene har det i tillegg blitt gjennomført en del tekniske oppgraderinger. Hele anlegget eies og drives i dag av Statnett SF, etter utskiftelsen fra Statkraft i 1992.

Teknisk utførelse

Ved idriftsettelsen i 1928 tok Flesaker transformatorstasjon imot 132 kV-ledningen fra Nore med videreføring mot Slagen ved Tønsberg, samt to 66 kV-ledninger fra Rjukan med videreføring mot Oslo. Det ble satt inn fasekompensator og to transformatorer, hver på 23 400 kVA. Det ble også satt i drift en dobbel ledning fra Flesaker

2) Se egen beskrivelse av ledningen Tokke – Rød



Nore kraftverk ble satt i drift i 1928, og herfra ble det bygget ledning til Flesaker. Som vi ser var ikke kravene til sikkerhet de samme som i dag. Foto: Statkraft



Koblingsanlegget i friluft ligger på en flate på vestsiden av kontrollbygget. Hovedbygningen fra 1928 til høyre i bildet og utvidelsene på 1950- og 60-tallet til venstre. Foto: Henning Weyergang-Nielsen, NVE

mot Hokksund. Koblingsanlegget ble plassert i friluft.

Lavkonjunkturen på 1930-tallet og okkupasjonstiden i første halvdel av 1940-årene førte til at ytterligere utvidelser lot vente på seg, men gjennom siste halvdel av 1940-årene ble det bygget ny ledning Nore–Flesaker–Slagen og installert en transformator på 32 500 kVA.

Utover i 1950-årene ble det gjort enkelte tekniske endringer og installert nye komponenter, men det var først på begynnelsen av 1960-tallet at anlegget på Flesaker gjennomgikk en teknisk oppgradering av virkelige store dimensjoner. I 1961 ble Tokke kraftverk satt i drift, og ledningene derfra utført med det den gang rekordhøye spenningsnivået 300 kV. En av ledningene, i drift fra januar 1962, gikk til Flesaker, der det ble bygget et koblingsanlegg for 300 kV, nytt kontrollrom, og satt inn en ny og større transformator. Måneden etter ble ledningen videre til Tegneby satt i drift med 300 kV, og like etter dette ble det satt inn en ny fasekompensator. Senere på 1960-tallet ble det også bygget 300 kV-ledninger mot blant annet Akershus og Vestfold, og det tatt inn en ny ledning fra Rjukan.

Av senere tekniske endringer kan blant annet nevnes at det ble gjennomført en del oppgraderinger av koblingsanleggene i 1984–85. En større oppgradering skjedde imidlertid i 1996, da man bygget om 60 kV-koblingsanlegget og bygget nytt kontrollanlegg for 60 kV. Dette var spesielt med tanke på at det var det første kontrollanlegget Aker Elektro bygget for Statnett. Tidligere hadde stort sett Siemens og ABB tatt seg av dette. I forbindelse med dette fasen man også ut de gamle transformatorene T1 og T2, som da hadde vært i drift helt siden 1928. I år 2000 bygget man nye kontrollanlegg på 132 og 300 kV, og i 2009 ble to nye transformatorer satt inn på Flesaker.

Arkitektur

Flesaker transformatorstasjon har i dag et langt rektangulært kontrollbygg, et resultat av i hovedsak fire ulike byggetrinn. Den eldste bygnings-



Kontrollrommet på Flesaker slik det så ut i 1929 – ett år etter anleggets idriftsettelse. Foto: Anders Beer Wilse. Fotoeier: Norsk folkemuseum

massen har blitt forlenget nordover i lengderetningen i to omganger. Også i sørenden av den eldste hovedbygningen er det ført opp et mindre, nyere tilbygg.

Den opprinnelige hovedbygningen stod klar til drift i 1928. Bygget er oppført i to etasjer pluss loft, med fasader i gulmalt, pusset mur, og med valmtak. Vinduene er kvadratiske, men med et innsunket buet felt i overkant. De stramme linjene og den enkle dekoren er karakteristisk for 1920-tallsklassisismen, samtidig som valmtaket har preg fra romantikken. Bygnings form kan i stor grad minne om Nørve transformatorstasjon³ utenfor Ålesund fra 1923, og om første byggetrinn på Moholt transformatorstasjon⁴ utenfor Trondheim fra 1924.

Det har ikke lyktes å finne tegningene for bygget, men gjennom brevkorrespondanse var arkitekt Chr. W. Heiberg i Oslo sterkt knyttet til planleggingen av både denne stasjonen og Slagen transformatorstasjon ved Tønsberg, som var endepunkt for overføringen fra Nore. Det er derfor svært sannsynlig at det var Heiberg som var arkitekt for hovedbygningen på Flesaker transformatorstasjon.

3) Se egen beskrivelse av ledningen Tafford–Nørve

4) Se egen beskrivelse av Moholt transformatorstasjon

Heiberg tegnet for øvrig på 1920-tallet også Tryland kraftstasjon og Hodnedalen transformatorstasjon ved Mandal, kun kort tid før han ble involvert på Flesaker.

Midt på 1950-tallet ble den gamle hovedbygningen forlenget mot nord, med et tilbygg av omtrent samme størrelse som den opprinnelige bygningen. Tilbygget, som inneholder



Lampe i bygningen fra 1928. Foto: Sissel Riibe, NVE



Flesaker transformatorstasjon er et godt eksempel på ulike epokers industriarkitektur. Her ser vi kontrollbyggets østvegg.
Foto: Henning Weyergang-Nielsen, NVE

kontorer, sosiale rom, kontrollrom og andre tekniske rom, ble tegnet av arkitekt Hans Grinde. Det er oppført i grå mur, med saltak, og har enkle rene linjer typisk for sin tid.

I forbindelse med innføringen av kraft fra Tokke i 1962 ble det også ført opp ytterligere et tilbygg mot nord, i forlengelse av den eksisterende



Vindu i gammel hovedbygning.
Foto: Henning Weyergang-Nielsen, NVE

bygningsmassen. Tilbygget inneholdt en stor hall for fasekompensatorer. Det er oppført i mur og malt i en rosa-terrakotta farge som vi blant annet kan kjenne igjen i det ti år eldre portalbygget ved Tronsholen transformatorstasjon⁵ i Sandnes, og i de eldre stasjonene Paulinelund 1 og Moholt i Trondheim⁶. Tilbygget ble tegnet av Hans Grinde og Helge Abrahamsen, et arkitektkontor som hadde en rekke oppdrag for NVE-Statskraftverkene på 1950-, 60- og 70-tallet.

Tidlig på 1980-tallet ble det også oppført et mindre tilbygg, i gråmalt betong og med valmtak, i sørenden av hovedbygningen fra 1928.

Begrunnelse

Nore var ved idriftsettelsen i 1928 et av de aller største kraftverkene i landet, og slike kraftmengder gjorde det også nødvendig med et høyt spenningsnivå på overføringssystemet. Inntil da hadde landets høyeste spenningsnivå vært 110 kV på ledningen fra Tafjord til Ålesund⁷, og på Østlandet hadde man ennå ikke tatt i bruk høyere spenning enn 66 kV. For Nore

5) Se egen beskrivelse av Tronsholen transformatorstasjon

6) Se egne beskrivelser av stasjonene Moholt og Paulinelund

7) Se egen beskrivelse av ledningen Tafjord-Nørve

ledningene valgte man imidlertid å gå opp til 132 kV. Den første ledningen som ble satt i drift fra Nore, gikk til Flesaker, som dermed ble Norges første transformatorstasjon med 132 kV primærspenning.

Det rekordhøye spenningsnivået krevde også at man måtte bygge koblingsanlegg av uvanlig store dimensjoner, og størrelsen medførte at man måtte tenke nytt når det gjaldt plasseringen av dette anlegget. Flesaker ble derfor en av de aller første transformatorstasjonene i landet med et stort luftisolert koblingsanlegg i friluft, noe som senere har blitt svært vanlig ved transformatorstasjoner på sentralnettsnivå.

Samkjøring har gjennom hele vår elektrisitetshistorie blitt et stadig viktigere verktøy for best mulig utnyttelse og fordeling av landets kraftressurser. Koordinert drift mellom flere kraftverk og tilhørende overføringsanlegg var, og er, avgjørende for å sikre en mest mulig pålitelig og kostnadseffektiv kraftforsyning. I vannkraftlandet Norge ble det ikke minst et sentralt poeng å samkjøre elvekraftverkene stabile grunnproduksjon med muligheten for å ta ut toppkraft fra magasinkraftverkene. Idriftsettelsen av Noreledningene og Flesaker transformatorstasjon i 1928 markerer en milepæl i denne prosen

sen. Mens de fleste elektrisitetsverkene i det sentrale Østlandsområdet tidligere bare hadde vært forholdsvis løst knyttet til hverandre, ble de nå sterkt integrert i et sammenhengende overføringssystem. Dette førte også til opprettelsen av Foreningen Samkjøringen i 1932, med driftssentral på Smestad.

Mens ledningene fra Nore var helt avgjørende for opprettelsen av den første samkjøringen på Østlandet, var utbyggingen av Tokke og ledningene derfra på begynnelsen av 1960-tallet helt avgjørende for en sterkere integrasjon mellom ulike samkjøringsområder, og for å flytte kraftmengder innenfor og mellom regionene i Sør- og Vest-Norge. Som mottaker av Tokkekraft ble anlegget på Flesaker dermed nok en gang en sentral brikke i den norske samkjøringshistorien.

Flesaker transformatorstasjon har i tillegg store arkitektoniske verdier. Hovedbygningen fra 1928 er et pent, stilrent og godt bevart eksempel på 1920-tallsklassisismen. Inne i hovedbygningen finner vi også godt bevarte detaljer og interiør, og ikke minst den originale 10-tonns løpekransen fra Drammens Jernstøperi A/S. Samtidig er tilbyggene fra 1950-, 60- og 80-årene relevante eksempler for sin tids industri- og transformatorstasjonsarkitektur. Anlegget som helhet har i dag derfor stor pedagogisk verdi, som en kilde til utviklingen innen denne sektorens arkitektur og byggeskikk gjennom det 20. århundre.



Jordfeilbryter for 66 kV. Foto: Sissel Riibe, NVE

Viktige momenter:

- størrelsen
- arkitektur – nyklassisistisk hovedbygg
- arkitektur – kontinuitet gjennom påbygg
- Norges første med 132 kV spenning
- kraft fra Nore, Rjukan og Tokke
- viktig for den tidlige samkjøringen

Kilder

Litteratur:

Aktieselskapet Hafslund (1973): *Aktieselskapet Hafslund 1948 – 1973*. Oslo.

Kristensen, Ingvar (1932): *Nore kraftanlegg*. Oslo: NVE.

Skjold, Dag Ove og Thue, Lars (2007): *Statens nett – systemutvikling i norsk elforsyning 1890-2007*. Oslo: Universitetsforlaget.

Muntlige kilder:

Åge Andersen, Statnett SF
 Erling Diesen, tidl. vassdrags- og energidirektør
 Geir Grinde, Grinde AS sivilarkitekter Mnal
 Ole Solheim, Statnett SF

Skollenborg

Omkring 5 km sør for Kongsberg i Buskerud ligger Skollenborg transformatorstasjon. Den fredete transformatorbygningen er meget godt vedlikeholdt, og et arkitektonisk vakkert eksempel på sen 1920-tallsklassisisme. Stasjonen var også en sentral brikke i den tidlige elektrifiseringen av jernbanen i Norge.

Allerede i 1892 forelå det et forslag fra Gunnar Knudsen i Stortinget om at staten skulle sikre seg vannfall med sikte på å skaffe kraft til elektrifisering av våre jernbaner. Elektrisk kraft ble ansett som overlegen kullkraften, samtidig som Norge, som et kullfattig land, ville gjøre seg mindre avhengig av kullimport. De første statlige forsøkene på dette var imidlertid resultatløse, og de første jernbanene som ble elektrifisert i landet, var privatbaner. Av disse kan nevnes Thamshavnbanen, som ble elektrifisert i 1908 og transporterte malm fra Løkken gruber til Trondheimsfjorden, samt Norsk Hydros baner Tinnosbanen og Rjukanbanen, elektrifisert i 1911.

Den 29. juli 1912 vedtok Stortinget å elektrifisere jernbanen Kristiania–Drammen. I forbindelse med dette oppstod det en rekke diskusjoner om hvordan de tekniske installasjonene skulle være, og om man skulle bygge egne kraftverk for elektrisitetsproduksjon til jernbane eller ikke.

Resultatet ble at man valgte å bygge Hakavik kraftverk for produksjon av enfasestrøm til jernbanen. Hakavik var svært velegnet som produksjonsanlegg, blant annet på grunn av de gode reguleringsmulighetene og den sentrale beliggenheten i forhold til flere jernbanestrekninger på Øst-

landet. Dette førte også til at man etter hvert, riktignok i noe langsomt tempo, kunne elektrifisere flere jernbanestrekninger i tillegg til Kristiania–Drammen, deriblant banen fra Drammen til Skollenborg og Kongsberg.

Fra produksjonsanlegget på Hakavik bygget NVE en kraftoverføringsledning, via Sundet koblingshus i nordenden av Eikeren, til Asker transformatorstasjon langs Drammensbanen¹, mens Statsbanene bygget ledningen fra Sundet koblingshus til Skollenborg og videre til Neslandsvatn. Drammensbanen ble elektrifisert i 1922, ti år etter Stortingets vedtak. Kraftoverføringen til Skollenborg transformatorstasjon ble satt i drift

1) Se beskrivelse av ledningen Hakavik–Asker





syv år senere, og dermed ble også jernbanen til Kongsberg elektrifisert.

Transformatorstasjonen på Skollenborg ble satt i drift 10. april 1929. Den ligger langs jernbanesporet, men litt for seg selv i forhold til den øvrige stasjonsbebyggelsen på Skollenborg. Skollenborg jernbanestasjon ble for øvrig åpnet allerede i 1871, i forbindelse med at banen Hokksund–Kongsberg ble åpnet som første del av den fremtidige Sørlandsbanen.

Gjennom siste halvdel av 1950-årene ble det gjort en rekke tekniske endringer på Skollenborg. I denne forbindelse ble det også oppført et enklere

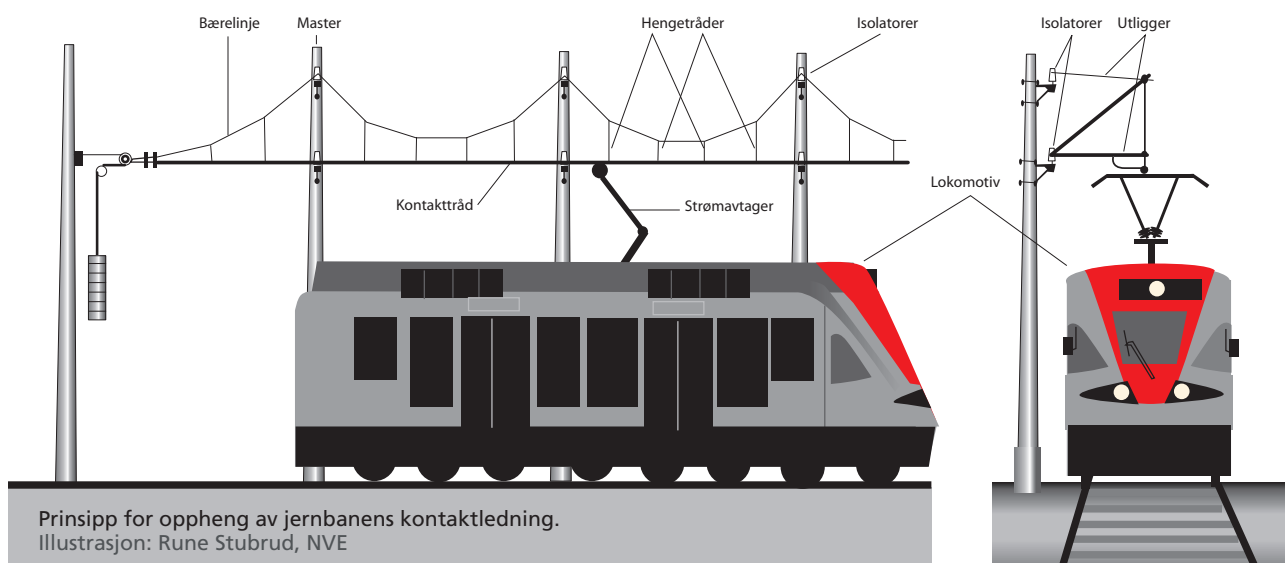
tilbygg mot nordøst. Tilbygget var ferdig i 1956, og inneholdt et nytt kontrollrom som kunne tas i bruk første gang i 1957.

Skollenborg transformatorstasjon ble bygget av NSB, og var i lang tid NSBs eiendom. Da Bane Energi ble etablert 1.1.1996, ble transformatorstasjonen imidlertid overdratt til dette selskapet. Anlegget var betjent frem til 18. desember 1959, da denne funksjonen ble flyttet til Nordagutu. Bygningen ble fredet av Riksantikvaren i 1997, og i september-oktober 2004 ble den grundig renoveret utvendig, vasket, sandblåst og malt.

Installasjon av transformator i Skollenborg transformatorstasjon sommeren 1927. Foto: Bartholomæus Rummelhoff, Fotoeier: Norsk Jernbanemuseums samling

Teknisk utførelse

Elektrifiseringen av jernbanen til Kongsberg ble, i likhet med de fleste andre jernbanene i Norge, utført med enfase vekselstrøm med 16 $\frac{2}{3}$ perioder per sekund, og en kontaktledningsspenning på ca 15 kV. Den elektriske kraften ble produsert i Hakavik, og overført over en 55 kV-ledning via Sundet koblingshus til Skollenborg. På Skollenborg ble den nedtransformert til en spenning på 15 kV, og ledet ut på jernbanenes kon-



taktledning gjennom automatiske brytere med momentanutløsning. Jernbanens kontaktledning, som gir energitilførsel til lokomotivenes trekkraft, ble lagt i en høyde som varierte mellom 4,8 og 6 meter over jernbanespolet, og jernbaneskinnene ble brukt som tilbakeledning.

Stasjonen hadde opprinnelig et arrangement med oljetrykkbrytere på taket. Dette ble beholdt frem til 1957, da man gjennomførte en større ombygging av det tekniske anlegget og fikk et utendørs koblingsanlegg med trykkluftbrytere ved kontrollbyggets vestside. Utendørsanlegget ble igjen oppdatert i perioden fra høsten 2003 til våren 2004, da man skiftet trykkluftbryterne ut med nye SF₆-brytere.

Transformatorer og høyspentrom er plassert innendørs. Høyspentrommet ble, i likhet med resten av stasjonens tekniske anlegg, bygget om i 1957. Da kom også det nye tilbygget, med nytt kontrollrom, i drift. Høyspentrommet ble bygget om på nytt i 1989, og man gikk da over til vakuumbrytere på 15 kV-anlegget.

Arkitektur

Skollenborg transformatorstasjon ble tegnet av Gudmund Hoel (1877–1956), som gjennom 34 år var leder for NSBs arkitektkontor. Han tegnet også andre transformatorstasjoner: blant andre Katterat ved Ofotbanen sammen med Eivind Gleditsch².

Bygningen på Skollenborg ble bygget i 1926-27, men satt i teknisk drift i 1929, og er oppført i pusset tegl. Den har en kvadratisk hovedfløy i to og en halv etasje med flatt pyramidetak, og en lavere sidefløy med saltak. Bygningen har en kraftig utstikkende, profilert gesims som markerer overgangen til taket.

Hovedfløyens fasade mot øst har tre høye, forholdsvis smale vinduer av empiretype i første og andre etasje. Vinduene er noe tilbaketrukket slik at partiene mellom disse får form av pilastre, det vil si flate halvsøyler som er fremspringende del av vegg. Over

² Se egen beskrivelse av Katterat transformatorstasjon.



Hakavik kraftverk ved Eikeren i Buskerud produserte fra 1922 kraft til elektrifiseringen av statens jernbaner på Østlandet. Foto: Elisabeth Høvås, NVE

vinduene er det en balkong med dør og enkelt jerngelender. Hovedfløyens fasade mot sør har to store, panelte dører i første etasje, seks inntrukne, buede partier i andre etasje, og fem små kvadratiske vinduer i mesaninetasjen. Fasaden mot nord har to vinduer av empiretype i første etasje, tre mindre vinduer med buer over i andre etasje, og fem små kvadratiske vinduer i mesaninetasjen. Mot nord fantes også den opprinnelige inngangsdøren, der det i dag er gjennomgang til et nyere tilbygg. Rundt hele fasaden løper et markert, langsgående bånd i andre etasje.

Den lavere sidefløyen avsluttes av en klassisistisk tempelgavl (fronton) på den ellers enkle fasaden mot vest. Vestfasaden har også en mindre dør. Mot sør opptas det meste av fasaden av to store porter, flankert av pilastre og med overliggende vinduer. Både portenes lysåpninger og vinduene over er dekket av sprosseverk i skråstilt nettingmønster. Fasaden mot nord preges av tre vinduer i empirestil med overliggende buer.

Bygningen fremstår som et stilrent og vakkert eksempel på sen 1920-talls-klassisisme. Vi kan se tydelige eksempler på dekor og stildannende elementer hentet fra den klassiske greske og romerske arkitekturen. Samtidig kan vi også se enkelte trekk av de stramme

byggningsformene som skulle komme til å prege de senere tiårenes byggeskikk. Bygningen er jevnt over meget godt vedlikeholdt.

Tilbygget fra 1956 er bygget i én etasje med flatt tak, og fremstår som representativ etterkrigsmodernisme. Tilbygget har en noe enklere utforming enn hovedbygget, men er samtidig tilpasset dette, blant annet gjennom et horisontalt profilbånd og gjennom bruk av samme type vinduer.

Begrunnelse

Frem til tidlig på 1900-tallet hadde den norske jernbanen blitt drevet på kullkraft, men man gikk da etter hvert over til bruk av "det hvite kull" – vannkraften – som jernbanens viktigste energikilde. For Norge, som var fattig på kull men rik på vannkraft, var det av svært stor betydning å gjøre seg uavhengig av kullimport fra utlandet. Ertertiden har også vist at elektrifiseringen ga en meget stor gevinst, både økonomisk og for videre utvikling av transport og samferdsel. Helt sentralt i denne tidlige elektrifiseringen av jernbanen finner vi Skollenborg transformatorstasjon.

Skollenborg må sees som en del av det systemet som sørget for den første elektrifiseringen av de statlige jernbanene på Østlandet. Skollenborg har direkte tilknytning til flere viktige



tekniske kulturminner. Viktigst er kanskje Hakavik kraftverk, som produserte jernbanestrømmen, og som fremstår med et meget monumentalt stasjonsbygg tegnet av arkitekt Sigmund Brønne. Kraftverket etablerte et helt lite lokalsamfunn på vestsiden av innsjøen Eikeren, og står der fortsatt med originale aggregater i drift. Videre må nevnes Sundet koblingshus – med pyramidetak og spesielle inntrukne lineinnføringer –, og ikke minst kraftledningen, med en stor andel av originalt teknisk materiell fra 1920-tallet fortsatt i bruk.

Skollenborg må kunne sies å være blant landets absolutt flotteste transformatorstasjoner rent arkitektonisk. Den er et meget stilrent og pent eksempel på 1920-tallets nyklassisisme, og fremstår, med unntak av det lille tilbygget ved nordfasaden, mer eller mindre i sin opprinnelige form. Bygningen er også vedlikeholdt på en forbillig måte.

Skollenborg transformatorstasjon ble i 1997 vedtaksfredet av Riksantikvaren, etter kulturminneloven § 15. Riksantikvaren begrunner fredningen ut fra både de arkitektoniske og kulturhistoriske verdiene til bygningen. Det er beskrevet hvordan bygningen utgjør et sjeldent godt eksempel på et stilrent, klassisistisk industribygg fra sin periode, samt hvordan

Skollenborg transformatorstasjon slik den fremstår i 2010. Hovedbygningen ble satt i drift i 1929 og det lavere tilbygget til høyre i bildet i 1956.

Foto: Henning Weyergang-Nielsen, NVE

stasjonen har betydning som et eksempel på hvordan jernbanen bygget for å imøtekomme sine tekniske og funksjonelle behov, og for å gi status til sin virksomhet. At bygningen er fredet, gir et meget godt grunnlag for fremtidig vedlikehold og forvaltning, noe som også er med på å sikre anleggets formidlingsverdi.

Viktige momenter:

- kraftforsyning til jernbane
- arkitektur: 1920-tallsklassisisme
- fredet etter kml § 15
- meget godt ivarettatt
- høy grad av autentisitet
- Hakavik kraftverk
- overføringsledningen

Kilder

Litteratur:

NVE (2006): *Kulturminner i norsk kraftproduksjon*.

Oslo: Norges vassdrags- og energidirektorat, rapport nr. 2/2006.

Riksantikvaren (1997): *Vedtak om fredning – Skollenborg transformatorstasjon*. Riksantikvaren: 31/10-1997.

Sveaas, H (1951): *Elektrifisering av jernbaner i Norge*. i Sandberg, J. (1951): *Trekk fra elektrisitetsforsyningens utvikling – Del 2. Utviklingen i vårt land 1901-195*, s. 452-478. Oslo: Norske Elektrisitetsverkers Forening.

Muntlige kilder:

Jon Ragnar Lundborg, Bane Energi

Magne Tveit, Bane Energi

Tronsholen

Tronsholen transformatorstasjon i Sandnes var helt avgjørende for etterkrigstidens kraftforsyning til Sør-Rogaland. Anlegget ble av sikkerhetsgrunner sprengt ut i store fjellhaller, men det omfatter også et pent utformet portalbygg.

Like etter andre verdenskrig gikk Stavanger Elektrisitetsverk og Maudal Kraftlag sammen om å stifte selskapet Lyse Kraftverk. Målet for selskapet var en storstilt kraftverksutbygging i Lysebotn innerst i Lysefjorden, en sidearm av Høgsfjorden. Sammen med byggingen av kraftverket ble det også bygget en 64 km lang kraftoverføring¹ til en ny sekundærstasjon på Høyland i Sandnes. Den fikk navnet Tronsholen transformatorstasjonen. Lyse Kraftverk, som altså bygget stasjonen, har senere fått en rekke flere eiere, og selskapet – som senere har fått navnet Lyse Energi AS – eies nå av til sammen 16 kommuner i Sør-Rogaland.

1) Se egen beskrivelse av ledningen Lysebotn–Tronsholen

Ettersom transformatorstasjonen leverte kraft til viktige sivile og militære anlegg, ble transformatorhallene, med kontrollrom og apparatanlegg, plassert i en hall utsprengt i fjellet. Betongbygg A/S stod for bygningsarbeidet. Bygging i fjell medførte så betydelige ekstraomkostninger at Kraftforsynings sivilforsvarsnemnd fant å kunne gå inn for et tilskudd på 400 000 kroner. Stasjonen fikk i tillegg montasjehall plassert i portalbygg inn mot fjellhallene. Portalbygget ble ferdigstilt i 1952. Det første byggetrinnet av Tronsholen transformatorstasjon hadde en samlet kostnad på 13 millioner kroner.

Byggingen av stasjonen forløp ikke helt uten problemer: Utendørsanlegget

ble bygget på en myr, som ble delvis fjernet og så fylt opp med sprengstein fra fjellanlegget på Tronsholen og andre fjellanlegg nord for Sandnes. På grunn av dette fikk Lyse en del problemer med setninger, slik at de fleste fundamentene måtte forhøyes ved påstøpning flere ganger.

5. januar 1953 ble det imidlertid satt prøvedrift på transformatorstasjonen, og denne var vellykket. Lysebotn kraftverk, overføringsledningen og Tronsholen transformatorstasjon kunne dermed settes i ordinær drift 8. januar 1953.

Allerede sommeren 1955 ble det påbegynt installasjon av nye aggregater i Lysebotn kraftverk, og samtidig



med disse ble det også satt i drift nye overføringsledninger til Tronsholen i 1957 og 1963. De økte kraftmengdene som nå etter hvert ble produsert og overført, gjorde det også nødvendig med en utvidelse av installasjonene på Tronsholen. Det ble derfor satt inn nye transformatorer. I enden av fjellanlegget mot øst ble det også sprengt ut en kommandosentral som hadde nødutgang videre østover. Lyse Kraftverk hadde i tillegg i lang tid sin driftssentral inne i fjellhallene på Tronsholen, men denne er senere flyttet til et annet sted. Et nytt muffehus ble for øvrig oppført i 1964.

Like ved transformatorstasjonen har Lyse Kraftverk i mange år hatt drifts-avdeling med egne velferdsrom, samt kjøkken som til daglig kan fungere som kantine. I samme bygning finnes hybler til overnatting for mannskapet på Tronsholen og i forbindelse med eventuelle permisjoner i Lysebotn. I 1982 fikk selskapet også sitt nye kontorbygg plassert i kort avstand fra transformatorstasjonen.

Teknisk utførelse

Første byggetrinn ved Tronsholen transformatorstasjon stod ferdig i 1953. Stasjonen tok da i mot 132 kV-ledningen fra Lysebotn, transformerte spenningen ned til 50 kV, og sendte den videre ut på et nett av 110 km fjernledninger til sekundærstasjoner i mottakerkommunene.

Transformatorhallen som ble sprengt inn i fjellet, er 10,5 m bred, 96,8 m lang og 8,1 m høy. Det ble til sammen plass til tre transformatorer, alle på 38 000 kVA, plassert i nisjer utsprengt mellom apparthallen og transportgangen. Transformatorene ble bestilt hos A/S National Industri og apparat-anlegget hos NEBB.

Koblingsanlegget i friluft ved Tronsholen er – i likhet med tilsvarende anlegg ved kraftverket i Lysebotn – bygget av avbardunerte, galvaniserte stålmaster. Denne løsningen er representativ for anlegg av denne typen også ellers i landet.

Tronsholen tar inn en overføring med tre parallelle 132 kV-linjer fra Lysebotn



Tronsholen transformatorstasjon er sprengt ut i store fjellhaller utenfor Sandnes.
Foto: Henning Weyergang-Nielsen, NVE



Transformatorene ble levert av A/S National Industri i Drammen og står fortsatt i drift.
Foto: Henning Weyergang-Nielsen, NVE

kraftverk og transformerer kraften ned til 50 kV for viderefordeling mot Jæren og Skeiane. Ledningene fra Maudal kraftverk er sløffet inn og ut av stasjonen, og inn til Tronsholen kommer også strømmen fra Flørli, Oltedal og Oltesvik kraftverker.

Arkitektur

Som nevnt, er alle de viktigste tekniske funksjonene innendørs på Tronsholen-anlegget sprengt ut i fjellhaller,

men stasjonen har også et pent utformet portalbygg. Portalbygget fungerer som inngang til fjellhallene, og inneholder i tillegg en montasjehall med blant annet en kraftig løpekran med løfteevne på 80 tonn. Bygningen ble tegnet i 1949 av Tor Johannessen, som på denne tiden var ansatt som ingeniør i Lyse Kraftverk. Bygget stod klart i 1952. Muffehuset, der kablene fra fjellanlegget føres ut i friluft, stod klart i 1964 og ble tegnet av Bjørn Skjold.



Portalbygget er oppført i betong og er et tidstypisk, men samtidig forseggjort eksempel på tidlig etterkrigsmodernisme. Det har i form og fargesetting en del trekk som minner om mer kubistiske transformatorstasjoner fra 1950-tallet, men har samtidig andre elementer – blant annet den markerte gesimsen – som avviker fra dette. Et sammenlignbart eksempel, til en viss grad, kan være gamle Leiret transformatorstasjon på Elverum fra 1939. Portalbygningen har også enkelte trekk – blant annet det tilnærmet flate taket – som peker fremover i tid mot 1960-tallets funksjonalisme.

Det flate taket er et karakteristisk element. Verdt å merke seg med bygget er også fargesettingen, samt den fine proporsjoneringen av den asymmetriske fasadekomposisjonen og bruken av smale, vertikale vindusflater.

Begrunnelse

Tronsholen transformatorstasjon var, sammen med Lysebotn kraftverk og overføringsledningen derfra, en viktig del av Lyse Kraftverks første utbygging og etablering innen kraftfor-

syning. Utbyggingen var på en rekke måter spesiell og svært utfordrende. Kraftverket var ved idriftsettelsen et av de største i landet, og det var også et av våre aller første kraftverk i fjell. Overføringsledningen fra Lysebotn til Tronsholen ble bygget gjennom et kupert terreng, og inneholder blant annet to svært lange spenn over Lysefjorden og Høgsfjorden.



I tillegg til forsyning av de sivile forbrukerne, leverte Tronsholen transformatorstasjon strøm til viktige militære anlegg i det som var en vanskelig forsvars- og sikkerhetspolitisk periode i årene etter andre verdenskrig. Dette var også hovedårsaken til at stasjonen ble bygget i fjell og at den tidligere

I montasjehallen ble det satt inn en løpekran med løftekapasitet på hele 80 tonn. Foto: Henning Weyergang-Nielsen, NVE

Kraftforsyningens sivilforsvarsnemnd valgte å bidra økonomisk til utbyggingen.

Å bygge transformatorstasjoner i fjell hadde tidligere ikke vært særlig vanlig, og dette ga Tronsholen-anlegget et visst preg av å være et pionerprosjekt. Vanskelige utfordringer måtte overvinnes innen alt fra finansiering til fjellsprengningsteknikk. I årene etter Tronsholens idriftsettelse ble imidlertid transformatoranlegg i fjell mer vanlig, og i denne sammenheng kan blant annet nevnes utvidelsen av anleggene på Hauen² i Grenland i 1955 og på Nørve utenfor Ålesund i 1959.

Inngangen til fjellanlegget er utformet som et portalbygg i betong tegnet av Tor Johannessen. Bygget er på mange måter representativt for sin periode, men det har også elementer som gjør at det fremstår som forseggjort og med egenart. Ikke minst er det spesielt hvordan fasadene er komponert, og hvilken plassering vinduene har fått.

Tronsholen transformatorstasjon hadde i mange år den viktige funksjonen som driftssentral for Lyse-selskapene. Kraftforsyningen i et stort og meget folkerikt område på Sør-Vestlandet ble dermed styrt og kontrollert fra anleggets fjellhall. Senere har driftssentralfunksjonen blitt tatt ut fra Tronsholen og flyttet til et annet anlegg.

2) Se egen beskrivelse av Hauen transformatorstasjon

Viktige momenter:

- gjennombruddet for Lyse-selskapene
- stasjon i fjellet
- arkitektur i portalbygg
- kraftlevering til militæranlegg
- tidligere driftssentral
- ledningen Lysebotn–Tronsholen



Det er viktig å legge til rette for et trivelig arbeidsmiljø, også inne i fjellhallene. Innerst inne i den lange transportgangen er det opprettet et lite blomsterbed. Foto: Sissel Riibe, NVE

Kilder

Litteratur:

Lorentzen, Schmidt, Strand, de Lange & Jakobsen (1978): *Lysekraft i 25 år*. Oslo: Lyse Kraftverk.

Nerheim, Gunnar, Ramskjær, Liv & Øye Gjerde, Kristin (1997): *Ingen skal fryse med kraft ifra Lyse*. Sandnes: Lyse Kraft.

Stangeland, Jon (1995): *Med kraft og spenning gjennom 90 år, elektrisitetsproduksjon og -forsyning i Dalane 1905-1995*. Dalane Elverk.

Muntlige kilder:

Marianne Eskeland, Lyse Energi
 Arvid Ohma, Lyse Energi
 Tryggve Paulsen, Lyse Energi
 Kåre Todnem, Lyse Energi
 Rolf A. Waldow, Lyse Energi

Heggen

I mars 1960 kom den etterlengtede statskraften fra Innset i Midt-Troms frem til Harstad. Den nye Heggen transformatorstasjon stod da klar til å ta imot og sende strømmen ut på fordelingsnettet. Bygningen er fint plassert i det bratte terrenget og har en arkitektur som kjennetegnes av etterkrigstidens enkle modernisme.

Harstad er Nord-Norges tredje største by, et viktig trafikknutepunkt og administrasjons- og skolesenter i Sør-Troms. Byen ligger mot Vågsfjorden nordøst på Hinnøya, Norges største øy. Beliggenheten i et rikt jordbruks- og fiskeridistrikt er, sammen med den sentrale plasseringen i forhold til samferdselsmønstret opp gjennom tidene, bakgrunnen for at Harstad utviklet seg til en by. Harstad fikk bystatus i 1904, og i 1964 ble byen slått sammen med landkommunene Trondenes og Sandtorg til bykommunen Harstad. Kommunen har i dag litt over 23 000 innbyggere.

Etter at Harstad ble etablert som by i 1904, var elektrisitetutbygging en

av kommunens første store oppgaver. Harstad Elektrisitetsverk ble opprettet i 1909, og året etter fikk byen strøm fra et vannkraftverk i Gausvik ved Tjeldsundet et par mil sør for byen. Nabokommunene var også interessert i å få del i dette nye godet, og i 1918 gikk Trondenes, Kvæfjord og Harstad sammen om å danne Vågsfjord Kraftselskap, som ble Nord-Norges første interkommunale elektrisitetsverk. Samarbeidet førte til at byen fikk nok elektrisk kraft, og til at landkommunene fikk strøm flere tiår før dette ble vanlig på landsbygda i Nord-Norge.

Etter andre verdenskrig økte folks levestandard, og etterspørselen etter elektrisk kraft steg. Forsyningen til

Harstad-området ble forbedret da Niingen kraftverk i Bogen i Ofoten stod ferdig og overføringsledninger derfra til Nordre Nordland og Sør-Troms ble satt i drift i 1954. Det var det nye interkommunale selskapet Niingen Kraftlag A/S som sto for denne utbyggingen¹.

Men selv med kraft fra Niingen var strømsituasjonen i Harstadområdet ikke sikret for så lang tid fremover. Strømforbruket økte stadig, og redningen kom da man fikk tilgang til kraft fra statens nybygde kraftverk i Innset i midtre Troms.

1) Om Niingen-utbyggingen: Se beskrivelsen av ledningen Bogen-Sortlandsund.



Innset-fallene i Øvre Barduelv ble bygget ut med tanke på å forsyne blant annet Sør-Troms og Nordre Nordland med elektrisk kraft². Fra Innset ble kraften ført sørover på 132 kV-ledninger som NVE bygget frem til sin nye transformatorstasjon i Kanstadbotn. Kraften til Harstad-området ble viderefordelt fra Kanstadbotn over Niingen Kraftlags 66 kV-nett til Tjeldsund transformatorstasjon. Derfra hadde Vågsfjord Kraftselskap tidligere bygget en 33 kV-ledning nordover til Harstad, Trondenes og Kvæfjord. For å kunne ta imot kraften fra Innset ble det nå bygget en ny 66 kV-ledning til Harstad.

I Harstad var det nødvendig å sette opp en ny transformatorstasjon for å kunne transformere ned fra 66 kV til fordelingsverkenes spenningsnivå. Den 6. mars 1960 nådde Innset-kraften byen, og samme dag ble den nye Heggen transformator satt i drift. Strømforsyningskapasiteten til byen var med dette doblet, og man antok at dette skulle holde i lang tid fremover.

For å forsterke overføringskapasiteten vestover til Sør-Troms og Vesterålen, bygget NVE på 1970-tallet nye 132 kV-ledninger som ble en del av samkjøringsnettet i området. Senere ble kraftleveransene til Harstad-området styrket ved at Sør-Troms Elforsyning AS bygget et 132 kV-nett på Hinnøya i en ring som gikk fra NVEs transformatorstasjon i Kilbotn sør for Harstad, via flere transformatorstasjoner, og ned til Kilbotn igjen. Ringen inkluderte også Heggen, som ble bygget om for å ta imot kraft med 132 kV spenning. Utbyggingen på Hinnøya startet i 1976, og i 1986 var ringen sluttet. I dag inngår Heggen transformatorstasjon i regionalnettet i Sør-Troms og Nordre Nordland, og forsyner Harstad by med elektrisk kraft.

Heggen transformatorstasjon ble bygget av det interkommunale elektrisitetverket Vågsfjord Kraftselskap. I 1975 gikk selskapet inn i Sør-Troms Elforsyning A/S, som ble stiftet i 1970 som en sammenslutning av flere lokale elverk. I 1997 fusjonerte Sør-Troms Elforsyning AS med Ofoten Kraftlag AS til Hålogaland Kraft AS. Dette eies i dag av åtte kommuner i Sør-Troms og



Heggen transformatorstasjon noen år etter driftsettelsen. Foto: Vågsfjord Kraftselskap

Nordre Nordland. Hålogaland Kraft AS eier i dag Heggen transformatorstasjon.

Teknisk utførelse

Da Heggen transformatorstasjon ble satt i drift i 1960, hadde den inngående ledninger med 66 og 33 kV spenning. I tillegg til den nye 66 kV-ledningen som var strukket fra Tjeldsund transformatorstasjon, ble den gamle 33 kV-ledningen fra Kilbotn opprettholdt. Heggen skulle levere strøm til både Trondenes Kraftverk og Harstad Elektrisitetsverk, og for å betjene de ulike inngående og utgående spenningsnivåer, var det til å begynne med installert transformatorer for både 66/33, 66/17, 66/11 og 33/5 kV. Det

2) Om Innset-utbyggingen: Se beskrivelsen av ledningen Innset-Kanstadbotn.

ble etter hvert færre spenningsnivåer, blant annet ble byens 5 kV-kabelnett på 1960-tallet endret til 11 kV.

For å kunne ta imot og nedtransformere kraft fra den nye 132 kV-ringen på Hinnøya, måtte det tekniske anlegget i Heggen bygges om fra 66 kV. Det var en meget vanskelig oppgave å bygge om samtidig som det ikke måtte bli avbrudd i strømforsyningen til byen, men i november 1981 var oppgaven løst. De gamle transformatorene ble erstattet med to nye for 132/11 kV. I den forbindelsen ble også apparatanlegget for mellomspenning skiftet ut og oppgradert til et 11 kilovolts SF₆-dobbeltskinneanlegg. Under denne ombyggingen ble i tillegg kontrollanlegget fra 1960 byttet ut. Fra stasjonen går det nå 11 kV-kabler ut til byens transformatorkiosker.



I dag går det kabler inn til og ut fra stasjonen, men reserveledningen for 132 kV har innstrekke over tak. Foto: Sissel Riibe, NVE



Transformatorstasjonen er fint plassert i det bratte terrenget. Høsten 2009 så stasjonen slik ut. Utvendig er den lite endret siden 1960. Foto: Sissel Riibe, NVE

132 kV-ringen ble bygget med en avgreining til Heggen. Ved avgreiningen noen hundre meter ovenfor stasjonen ble det bygget et 132 kV-koblingsanlegg i friluft. Derfra ble det lagt doble 132 kV-kabler ned til stasjonen. Etter et kabelhavari ble det i tillegg strukket en 132 kV-luftledning ned til

stasjonen som en ekstra reserve, men denne er normalt frakoblet.

Arkitektur

Transformatorstasjonen er bygget i en bratt skråning ovenfor Harstad sentrum. Byggearbeidet ble utført av entreprenørfirmaet Kr. Strøm AS.



Fra transformatorstasjonen går det ut 11 kV-kabler til byens transformatorkiosker. Her krysses kabelkjelleren. Foto: Sissel Riibe, NVE

Det er usikkert hvem som har tegnet bygningen. Den er oppført i plasstøpt betong, og har to hoveddeler med forskjellige takhøyder og skrånende takflater. I ytterveggen oppunder gsimsen på den høyeste delen var det tidligere innstrek for luftledningene, slik nåværende reserveledning også har.

Transformatorcellene ligger i bakkant, i den laveste bygningsdelen. De har utgang til en transportgang som er avgrenset av en lang forstøtningsmur inn mot berget. Den høyeste bygningsdelen inneholder apparatrom og kabelkjeller. Foran denne er kontrollrommet skilt ut i et mindre utbygg, som i tillegg inneholder et fint trapperom. På endeveggen mot øst er det et lite utbygg for stasjonstransformatoren.

I forbindelse med oppgraderingen av stasjonen til 132 kV ble det foretatt noen innvendige ombygginger i apparatrommene. Det ble fjernet noen vegger, og nye vegger ble satt opp. Transformatorcellene ble beholdt, og selve kontrollrommet ble også be-

vart med glassvegg mot apparatrommene, men med nye tavler. Utvendig er stasjonsbygningen stort sett bevart slik den var i 1960. Hele bygningen er malt lys gul.

Stasjonens arkitektur kjennetegnes av etterkrigstidens modernisme. Bygningen har en enkel utforming, men er samtidig bearbeidet ved at den er delt opp i flere bygningsdeler og takflater. Bygningen er godt plassert i det bratte terrenget. Hovedfasaden er gitt et enkelt dekorelement ved kvadratiske felt som er vekselvis glattpusset og upusset med synlige avtrykk av forskalingsbord.

Begrunnelse

Heggen transformatorstasjon ble bygget for å ta imot den etterlengtede statskraften fra Innset, som nådde Harstad i mars 1960. Stasjonen var den gang eiet av Vågsfjord Kraftselskap, Nord-Norges første interkommunale elektrisitetsverk da det ble etablert i 1918.

Viktige momenter:

- viktig transformatorstasjon i Harstad
- Vågsfjord Kraftselskap
- interkommunalt elektrisitetsverk fra 1918
- statskraft fra Innset kraftverk
- Samkjøringen Nord-Norge fra 1960
- arkitektur - etterkrigsmodernisme

Da staten bygget ut Innsetfallene i Bardu og tilhørende overføringsledninger, ble det etablert et samkjøringsnett fra Nordre Nordland til Lyngen i Troms. I denne forbindelse ble Samkjøringen Nord-Norge stiftet i 1960, og Heggen transformatorstasjon ble – gjennom sin eier Vågsfjord Kraftselskap – knyttet til denne organisasjonen.

I de 50 årene som har gått siden idriftsettelsen, har stasjonen hele tiden hatt en viktig rolle i forsyningen av den voksende byen. Det tekniske anlegget er blitt oppgradert i takt med økende strømforbruk, men fra utsiden ser bygningen nesten ut som den gjorde i 1960. Bygningen er fint plassert i det bratte terrenget ovenfor byens sentrum, og med sin enkle, men også bearbejdede utforming, er den et fint eksempel på etterkrigstidens industriarkitektur.



Trapperommet. Foto: Sissel Riibe, NVE

Kilder

Litteratur:

Dahl, Herleiv (1980): *Niingen Kraftlag A/S 1980 - 30 år*. Sortland: K. Nordahls Trykkeri.

Markussen, Konrad (1995): *Der sør og nord møtes. Glimt fra 100 års utvikling av elforsyningen i Sør-Troms ved STE´s 25 års jubileum*. Harstad: Sør-Troms Elforsyning.

Sør-Troms Elforsyning A/S (1990): *Sør-Troms Elforsyning A/S 20 år: 1970-1990. Et gammelt elforsyningsområde i ny drakt*. Kanebogen: STE.

Svendsen, Oddvar (1998): *Et felles gode – Kraft og samfunn i Troms gjennom hundre år 1898-1998*. Tromsø: Troms Kraft AS.

Vollan, Fridtjof (1970): *Vågsfjord Kraftselskap 50 år: 1920-1970*. Narvik: Hvarings Grafiske.

Muntlige kilder:

Arthur Balteskard, Hålogaland Kraft AS

Roar Eriksen, Hålogaland Kraft AS

Geir Jenssen, Hålogaland Kraft AS

Oddvar Svendsen, Troms fylkeskommune

Hasle

Da Hasle ble satt i drift i 1963, var dette den overlegent største transformatorstasjonen som NVE-Statskraftverkene hadde bygget til da. Spenningsnivået var rekordhøyt, og fra stasjonen ble det etablert kraftforbindelser med Sverige.

Spørsmålet om en kraftoverføring mellom Østfold og Sverige ble grundig diskutert allerede på 1950-tallet, og ulike forslag ble lansert både fra norsk og svensk side. Alle de tidligste forslagene ble i tur og orden skrinlagt, men saken ble tatt opp igjen tidlig på 1960-tallet i forbindelse med Tokkeutbyggingen¹ og de mulighetene disse kraftverkene hadde for magasinering av sommerkraft og levering av vinter-toppkraft. Samtaler mellom Statskraftverkene og Kungliga Vattenfallsstyrelsen i Sverige kom i gang, og det ble startet nettmodellmålinger

1) For nærmere omtale av Tokkeutbyggingen: se egen beskrivelse av ledningen Tokke-Rød

2) Se egen beskrivelse av ledningen Hasle-Borgvik

for å undersøke stabilitetsforhold og valg av spenning på overføringen. Det foregikk også en viktig diskusjon om potensielle endepunkter i begge land. Utsikter til gode lånemuligheter i Verdensbanken gjorde finansieringen enklere.

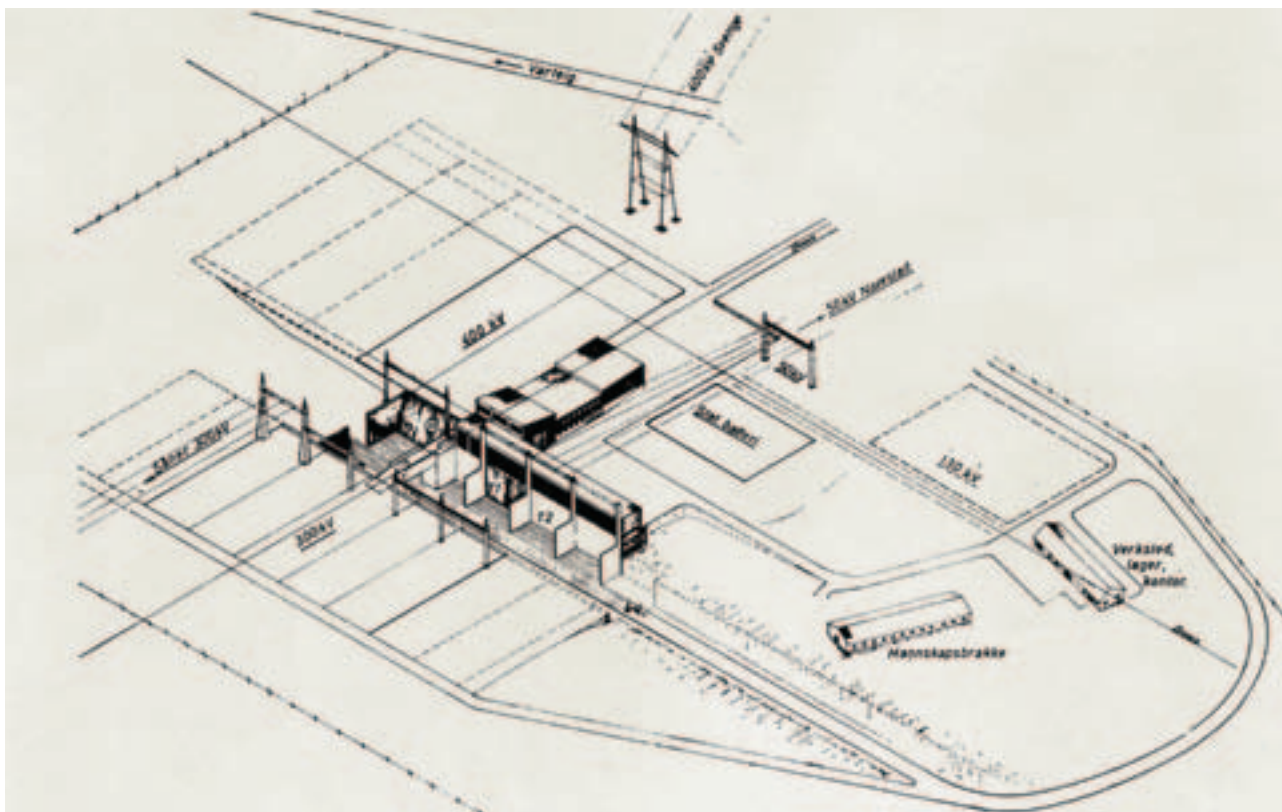
Når det gjaldt endepunktet på norsk side, hadde A/S Hafslund allerede planer om en 300 kV-ledning fra Tegneby i Akershus til Navestad ved Skjeberg i Østfold, og en 300-kilovolts transformatorstasjon på Navestad. I forbindelse med planene om en overføring til Sverige ble saken tatt opp på nytt, og i samarbeid med Hafslund ble plasseringen av stasjonen flyttet fra Navestad til Hasle for å få både en

dre trasé for ledningen til Sverige og bedre plass på selve stasjonstomten. Tomten var også ideell ettersom den hadde et naturlig søkk i terrenget der transformatorene kunne plasseres, og store flater til koblingsanlegg på hver side av søkket.

Staten overtok finansiering og bygging av hele transformatorstasjonen, mens Hafslund bygget 300 kV-ledningen Tegneby-Hasle for statens regning, og en 45 kV-forbindelse mellom Hasle og Navestad for egen regning. Det svenske endepunktet for ledningen fra Hasle ble lagt til Borgvik i Värmland².

På dette tidspunktet hadde Sverige et samkjøringsnett på 420 kV, mens





Norge var i ferd med å bygge ut sitt 300 kV-nett. Spørsmålet ble derfor om man skulle bygge ledningen for 300 eller 420 kV, og dermed også på hvilken side av grensen transformeringen mellom disse spenningsnivåene skulle foregå. Statskraftverkene og Vattenfall ble enige om å dele utgiftene knyttet til selve transformeringen, slik at man kunne treffe avgjørelsen om spenningsnivå på overføringen kun ut fra tekniske synspunkter. Saken endte dermed med at man valgte 420 kV som spenning på ledningen, med transformering på Hasle. Hasle ble med dette Norges første transformatorstasjon på dette spenningsnivået.

Ettersom utgiftene til transformering skulle deles, skjøt Vattenfall inn fem millioner norske kroner i Hasle transformatorstasjon. Finansieringen ble ellers ordnet gjennom to lån i Verdensbanken, det første i sammenheng med Verdensbanklånet til kraftverkene i Øvre Namsen og stamledningen mellom Trøndelag og Østlandet, og det andre i forbindelse med Verdensbanklånet til del to av Tokkeutbyggingen. Etableringen og byggingen av Hasle i årene 1961–63 hadde en kostnadsramme på

i underkant av 30 millioner kroner. Stasjonen ble satt i drift 20. august 1963.

I perioden mellom 1963 og en større ombygging som begynte i 2008, har det skjedd relativt få endringer på Hasle. Når det gjelder bemanning, hadde man ved idriftsettelsen i 1963 kontinuerlig døgnvakt på stasjonen. Senere gikk man over til å ha hjemmevakt for arbeiderne som bodde i Statskraftverkens bolig like ved stasjonen.

Teknisk utførelse

Ved idriftsettelsen av Hasle transformatorstasjon i 1963, gikk det ledninger derfra til Tegneby i Akershus (300 kV) og Borgvik i Sverige (420 kV), og stasjonen stod for transformering mellom disse. Transformatoren som ble satt inn for denne transformeringen ble kalt Hasle T6. Den ble levert av A/S Per Kure, og var med god margin Norges største og tyngste. Hasle T6 har for øvrig gjennomgått flere oppgraderinger gjennom årenes løp, og var en periode også lånt ut til andre av Statnetts stasjoner, men er i dag tilbake på Hasle. Det ble bygget store koblingsanlegg for 300 og 420 kV, og kort tid etter åpningen ble det også

Stasjonstomta skissert slik den fremstod ved idriftsettelsen i 1963.

Illustrasjon: NVE–Statskraftverkene

bygget to 45 kV-ledninger og satt inn to nye transformatorer.

Det omfattende innendørs kontrollanlegget ble også levert av A/S Per Kure. Kontrollanlegget fjernstyrer alle effektbrytere og skillebrytere, samt utendørs jordkniver. Det styrer også start og stopp av fasekompensatorer og kjølevannspumper. Kontrollanlegget bestod opprinnelig av i alt 69 tavlefelt. I dag arbeides det med å bygge et helt nytt kontrollanlegg på Hasle.

Fra Hasle ble det på 1970-tallet bygget nye ledninger mot Raa og Hafslund, og det ble satt inn nye transformatorer i forbindelse med dette. Omtrent på samme tid ble også overføringen mot Tegneby og Sylling utvidet med en ekstra ledning. I 1978–79 ble det bygget en ny overføring til Sverige fra Hasle via Halden til Skogsäter. Denne ledningen er spesiell ettersom det var den første triplex-ledningen i Norge, altså med tre ledere per fase. Det har i senere tid også vært noe ledningsbygging ut fra Hasle, både på sentralnettsnivå og regionalnettsnivå. Stasjonen har ellers blitt jevnlig oppgradert



420-kilovolts koblingsanlegget på Hasle var Norges første på dette spenningsnivået. I perioden 2008-2011 erstattes dette av et nytt og større anlegg.

Foto: Henning Weyergang-Nielsen, NVE

etter de til enhver tid gjeldende retningslinjer med tanke på vern, brytere og transformatorkapasitet.

I 1981 ble et kompenseringssystem med thyristorkontrollerte reaktorer (TCR-anlegg) installert for blant annet å beskytte overføringskapasiteten på kablene over Oslofjorden. SVC-kompenseringssystem (Static Var Compensator) inneholder vanligvis kondensatorbatterier og thyristorkontrollerte reaktorer som regulerer spenningsnivået i kraftnettet. I Hasles tilfelle består dette anlegget imidlertid kun av reaktorer og ikke av kondensatorbatterier, og det har derfor blitt vanlig å kalle det Hasle TCR (Thyristor Controlled Reactors). De thyristorkontrollerte reaktorene sørger for å regulere spenningen i stasjonen til ønsket nivå ved å konsumere reaktiv effekt (MVar). Dette skjer automatisk og svært hurtig til et forhåndsinnstilt spennings-

nivå. Hasle TCR, som opprinnelig kan sees på som et pionerarbeid i både norsk og internasjonal sammenheng, ble etter 27 år i drift rehabilitert i 2008. Dette har gitt TCR-anlegget en fornyet levetid på om lag 30 år.

I perioden 2008–2011 gjøres det store utskiftninger i Hasles tekniske anlegg. I tillegg til det nevnte kontrollrommet, rives de nåværende 300- og 420 kV-koblingsanleggene, og disse vil bli erstattet av et nytt og større anlegg.

Arkitektur

Stasjonen er hovedsakelig omgitt av landbruks-, nærings- og boligområder. Den er planlagt, prosjektert og bygget i NVE-Statskraftverkens regi i perioden 1961–63. Det store kontrollbygget er imidlertid utformet av arkitektene Helge Abrahamsen og Hans Grinde,

som på 1950- og 60-tallet utførte en rekke prosjekter for NVE-Statskraftverkene, og i tillegg utmerket seg med arbeider innen ulike felt som blant annet kirkebygg, ferdighus og stasjoner for kollektivtrafikk.

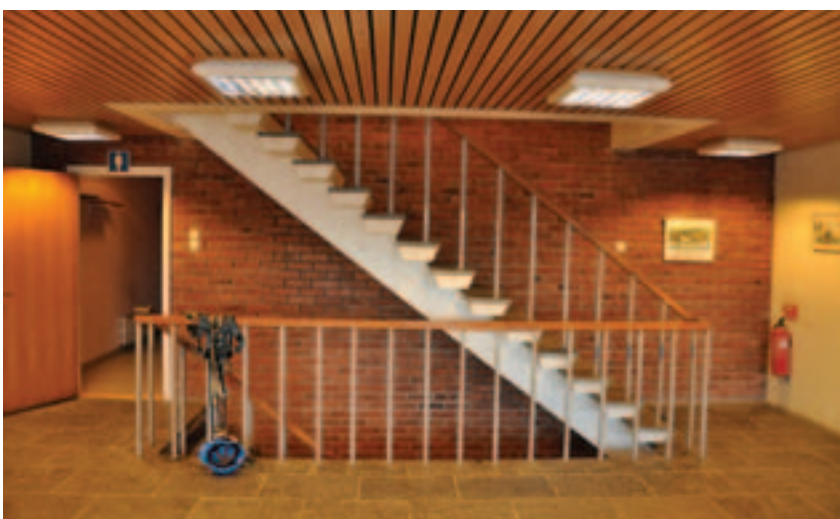
Kontrollbygget er hovedsakelig oppført i betong og rød teglstein, og er et pent eksempel på etterkrigstidens industriarkitektur. Det er representativt for sin periode, samtidig som det fremstår som noe mer påkostet enn den mer brutale betongarkitekturen som ellers preget mange av etterkrigstidens store transformatorstasjoner.

Ved inngangspartiet er bygningen oppført i to etasjer, men mot både øst- og vestfasaden er det bygget en tredje etasje som gradvis forhøyes i konsentrisk retning ut mot koblingsanleggene på hver side av bygningen. På denne måten er bygget på en god måte tilpasset det nord/sørgående søkket som krysser anleggsområdet. Bygningens midterste del, samt den sørligste og ytterste delen av vestfasaden, har flatt tak. Etter hvert ble det også ført opp et tilbygg i kontrollhusets sørøstlige hjørne. Dette er tilpasset resten av bygningsmassen både i form og materialbruk.

Begrunnelse

Hasle transformatorstasjon har gjennom hele sin tid i drift vært i sentrum for den tekniske og teknologiske utviklingen innen norsk kraftoverføring. På dette området forbindes stasjonen derfor med en rekke milepæler. Stasjonen var Norges første med 420 kV primærspenning, og den var endepunkt for vår første 420 kV-ledning. De erfaringene man gjorde på Hasle var også helt avgjørende for at man kunne utrede tanken om videre utbygging av et 420-kilovolts kraftoverføringsnett i Norge. I 1979 ble Hasle i tillegg endepunkt for landets første triplexledning, altså en ledning med tre ledere per fase.

TCR-anlegget var, ved idriftsettelsen i 1981, et av verdens første med tilkobling mot et spenningsnivå på 420 kV. Det var også såpass særegent at det verdenskjente tidsskriftet *Electrical Review*, i en artikkel samme høst,



Kontrollbyggets trapperom er utformet i tidstypisk 1960-tallsmodernisme.

Foto: Henning Weyergang-Nielsen, NVE

hadde Hasle TCR med i sin oversikt over anlegg som i de siste 15 årene hadde vært med på å flytte grenser i elektrisitetsforsynings utvikling i internasjonal sammenheng. I Norge finnes det i dag også enkelte andre SVC-anlegg med kondensatorbatterier og reaktorer, men Hasle TCR er unikt i den forstand at det er det eneste SVC-anlegget med bare reaktorer.

”T6 på Hasle” har blitt et begrep innenfor det norske kraftoverføringsmiljøet. Denne transformatoren, som ble satt inn i 1963 for å transformere mellom kraften fra Sverige og kraften fra Norge, var i lang tid Norges største, tyngste og eneste på 420 kV. Den situasjonen at den på denne tiden var den eneste transformatoren mellom det svenske 420 kV-nettet og det norske 300 kV-nettet, gjorde også at den fikk spesielt mye oppmerksomhet som den avgjørende flaskehalsen i denne kraftutvekslingen. T6 har senere blitt bygget om ved flere anledninger, og i dag finnes det flere transformatorer av tilsvarende dimensjoner rundt omkring i landet. Likevel eksisterer fortsatt begrepet ”T6 på Hasle” som uttrykk for en unikt dimensjonert komponent i vår moderne kraftoverføringshistorie.

Med sammenkoblingen av kraftsystemene i Sverige og Norge gjennom siste halvdel av 1900-tallet, har forsynings-sikkerheten blitt betydelig styrket. Dette var også den første åpningen for Norge inn i et internasjonalt system for utveksling av elektrisitet. Hasle har, med sine overføringer mot Sverige, vært et sentralt anlegg i denne

Viktige momenter:

- størrelsen
- Norges første på 420 kV
- forlengelse av Tokke-utbyggingen
- kraftutveksling med Sverige
- Hasle T6
- TCR kompenseringanlegg
- arkitektur
- finansieringen



Hasle transformatorstasjon anno 2009. Bildet viser kontrollbyggets fasade mot øst.
Foto: Henning Weyergang-Nielsen, NVE



T6 på Hasle. Foto: Henning Weyergang-Nielsen, NVE

prosessen. Ledningen Hasle–Borgvik var i sin tid også Østlandets første forbindelse med det svenske kraftnettet.

Kilder

Litteratur:

Aktieselskapet Hafslund (1973): *Aktieselskapet Hafslund 1948 – 1973*. Oslo.

Hauge, Ommund (1963): Hasle transformatorstasjon. En oversikt. I særtrykk av *Elektroteknisk tidsskrift* nr. 32/1963: 1-10.

Meringdal, Per (1980): Hasle transformatorstasjon 360 Mvar Shunt kompenseringanlegg, - kalt TCR – et pionerprosjekt. I *Fossekallen* Nr. 10/1980: 3-5.

NVE (1981): NVE i internasjonal sammenheng. I *Fossekallen* Nr. 10/1981: 21.

NVE-Statskraftverkene (1969) *Hva skjedde ved Statskraftverkene 1963-1968*. Oslo: Norges vassdrags- og elektrisitetsvesen.

Thue, Lars og Rinde, Harald (2001): *Samarbeidets kraft*. Oslo: Energi Forlag AS.

Muntlige kilder:

Vidar Amundsen, Statnett SF
Magne Meisingset, Statnett SF
Nils Sirnes, Statnett SF
Trygve Vittersø, tidl. Statnett SF

Hammerfest

Midt på 1960-tallet ble Vest-Finnmark knyttet sammen i ett samkjøringsnett, og den nye transformatorstasjonen i Hammerfest ble et viktig knutepunkt for strømforsyningen av byen og distriktet rundt. Beliggenheten ved Storvatnet trekker tråder tilbake til både pioneråret 1891 og gjenreisningen av byens elektrisitetsforsyning etter krigen.

Hammerfest by ble på slutten av andre verdenskrig jevnet med jorden under tyskernes tilbaketrekking fra Finnmark. Også kraftanlegg og ledningsnett som forsynte byen og distriktet rundt med strøm, ble ødelagt. Etter frigjøringen i 1945 måtte man dermed starte helt fra grunnen av med å gjenopprette elektrisitetsforsyningen.

Mellom 1946 og 1948 ble kraftstasjonene i Hammerfest og Porsa¹, samt ledningsnettet, gjenoppbygd og satt i drift igjen. Dette var imidlertid ikke nok til å gi en stabil og tilstrekkelig tilgang til strøm. Løsningen ble vi-

1) Om Porsa-anlegget: Se beskrivelse av ledningen Porsa–Hammerfest.

dere utbygging av Porsa, og i 1962 var vassdraget fullt utbygd med kraftstasjonene Øvre og Nedre Porsa. I årene 1957–1959 ble det bygget overføringsledninger for 66 kV på strekningene Porsa–Kvalsund, Kvalsund–Hammerfest og Kvalsund–Skaidi–Smørfjord. Dette var starten på det som i dag defineres som regionalnettet i Vest-Finnmark.

Utviklingen i Hammerfest og distriktet rundt i 1950- og 1960-årene skjedde raskere enn noen hadde forestilt seg. Særlig fikk etableringen av Findus i 1952, med produksjon av dypfrost fiskefilet, store ringvirkninger i Hammerfest. I toppåret 1967 var så mange som 1300 mennesker sysselsatt i fabrikk,

som da var blitt Norges største fiskeindustribedrift. Midt på 1960-tallet var innbyggertallet i byen fordoblet sammenlignet med før krigen, og Hammerfest var blitt et travelt og moderne bysamfunn.

Med den sterke veksten ville det ikke ta lang tid før det kom til å bli kraftmangel igjen, og det var nødvendig å finne nye løsninger så snart som mulig. Redningen denne gangen var utenfor fylkesgrensen. Utbyggingen av Kvænangsvassdraget² i Nord-Troms i første halvdel av 1960-årene kom blant annet i gang for å sikre tilførsel

2) Om Kvænangen-utbyggingen: Se beskrivelse av ledningen Alta–Kvænangen–Nordreisa.





Kraften fra Kvænangen ble fra 1965 levert over regionalnettet fra Skaidi. Nettet ble senere forsterket, og i dag går det to parallelle 132 kV-ledninger over Kvaløya til transformatorstasjonen i Hammerfest. Foto: Henning Weyerang-Nielsen, NVE

av kraft til underskuddsfylket Finnmark.

Leveransene fra Kvænangen startet i 1965 over en såkalt stamledning på 132 kV mellom Kvænangsbotn og Alta, og derfra over en 66 kV-ledning fra Alta til Skaidi. I Skaidi var det tilknytning til regionalnettet som var etablert i forbindelse med Porsautbyggingen. Med dette var omtrent hele Vest-Finnmark knyttet sammen til ett samkjøringsnett.

Hammerfest fikk store kraftmengder fra Kvænangen som skulle tas imot og fordeles, og det var nødvendig å forsterke ledningsnettet og bygge et større apparatanlegg. Frem til nå hadde kraften fra Porsa blitt tatt imot og nedtransformert ved Hammerfest kraftstasjon, som var blitt gjenoppbygd ved Storvatnet etter krigen. Kraftstasjonen egnet seg imidlertid ikke for ytterligere utvidelser, og det ble derfor satt opp en ny transformatorstasjon rett ved kraftstasjonen. Alt av overvåkings-, apparat- og fordelingsanlegg ble flyttet over til den nye transformatorstasjonen, og våren 1967 kunne den kobles til 66 kV-nettet.

Fra 1961 til 1987 ble strømforbruket i forsyningsområdet til Hammerfest Elektrisitetsverk syvdoblet. Strømforsyningen til Hammerfest var lenge veldig sårbar med bare én 66 kV-ledning fra Skaidi via Kvalsund, og i 1980 ble det derfor bygget enda en 66 kV-ledning fra Skaidi. For å sikre kraftforsyningen i Vest-Finnmark ble også ledningsnettet på andre sentrale strekninger bygget ytterligere ut og forsterket på 1970- og 1980-tallet.

I 2003 startet en ny æra i Hammerfest: Det året vedtok Stortinget å bygge verdens nordligste – og Europas første – eksportanlegg for flytende gass (LNG – Liquefied Natural Gas) på Melkøya like utenfor Hammerfest. I august 2007 ble den første naturgassen fra Snøhvitfeltet ute i Barentshavet ført i en lang rørledning frem til Melkøya. Der har operatøren Statoil bygget et anlegg som kjøler ned naturgassen til flytende gass før den skipes ut til eksportmarkedet.

For å mestre det økte strømforbruket som utbyggingen på Melkøya ville medføre, ble det gjort store endringer

og forsterkninger på regionalnettet til og i Hammerfest by. Den hittil største utvidelsen av transformatorstasjonen i Hammerfest ble gjennomført i 2003–2004, da den skulle ta i mot en ny 132 kV-ledning som erstattet den ene 66 kV-ledningen fra Skaidi som ble revet. Samtidig ble den andre 66 kV-ledningen fra Skaidi også oppgradert til 132 kV.

Snøhvit har gitt store ringvirkninger for Hammerfest, og byen og regionen har en spennende tid foran seg. Dersom de store planene for petroleumsindustrien i Finnmark blir realisert, vil kraftforbruket øke sterkt. For å sikre den fremtidige strømforsyningen i Finnmark, har Statnett søkt om konsesjon for en ny, 37 mil lang 420 kV-ledning fra Balsfjord i Troms til Hammerfest. Som del av dette prosjektet inngår en ny transformatorstasjon utenfor byen. Dersom denne utbyggingen blir gjennomført, vil transformatorstasjonen i Hammerfest fortsatt bestå, men den vil da i hovedsak forsyne byen og tilhørende områder.

Hammerfest transformatorstasjon eies av Hammerfest Energi Nett AS, som



Den nye transformatorstasjonen i Hammerfest ble satt i drift våren 1967. Slik så den ut da den var ny. Foto: Hammerfest Energi AS

igjen i sin helhet eies av Hammerfest Energi AS. Selskapet har sin opprinnelse i det kommunale Hammerfest Elektrisitetsverk, som ble etablert i 1891. I 1956 ble elektrisitetsverket omdannet til et interkommunalt selskap. Hammerfest Energi AS eies i dag av kommunene Hammerfest (80 prosent), Hasvik (10) og Kvalsund (10).

Teknisk utførelse

Da transformatorstasjonen i Hammerfest ble satt i drift i 1967, ble den koblet til 66 kV-ledningen fra Kvalsund som overførte kraft fra Porsa og Kvæningen. Til å begynne med var det installert teknisk anlegg for 66, 22 og 5,5 kV i bygget. Rundt 1980 ble 5,5 kV-anlegget bygget om til 11 kV. I 2003–

2004 ble det tekniske anlegget bygget om og utvidet i forbindelse med at det ble strukket ledninger med 132 kV spenning inn til stasjonen. For å kunne fordele og nedtransformere fra det nye spenningsnivået, ble det blant annet installert to nye transformatorer og nytt apparatanlegg isolert med SF₆-gass.



Apparatanlegg isolert med SF₆-gass. Foto: Sissel Riibe, NVE

I dag forsynes stasjonen av to 132 kV-ledninger, og det går ut en 132 kV-ledning til Melkøya. Det går også ut en 66 kV-ledning som forsyner bydelen Fuglenes. Videre er det 22 kV-ledninger ut til distriktet, samt kabler for 22 og 11 kV til Hammerfest by. Luftledningene føres ned i jordkabel et stykke fra stasjonen og kommer inn i kabelkjelleren. En 22 kV-ledning har fortsatt innstrek rett i stasjonsveggen.

Stasjonen har i dag apparatanlegg for henholdsvis 132, 66, 22 og 11 kV, og den har to hovedtransformatorer. Den ene transformerer ned fra 132 til 66 og 22 kV, den andre fra 132 til 66 og 11 kV. Både transformatorer og apparatanlegg er plassert innendørs.



Arkitektur

Transformatorstasjonen er bygget inn i morenebakken rett ved kraftstasjonen ved Storvatnet. Stasjonen ble oppført i 1967, bygget av betong i en enkel, fint bearbeidet utforming. Tegningene er signert "Finnmark Fylkes Elektrisitetsforsyning, Vadsø". Bygningen besto opprinnelig av tre hovedvolumer med forskjellige høyder og flate tak. Den største delen var høyest fordi 66 kV-ledningen hadde innstrekking på taket. Den var seksjonert med kraftige betongrammer som også kom til syne på fasadene. I tillegg til det tekniske anlegget, inneholdt stasjonen verksted, lager, garasjer og bomberom med tilhørende sanitærrom.

Ved utvidelsen i 2003–2004 ble det oppført et stort tilbygg med samme høyde som den høyeste bygningsdelen, og hele anlegget består nå av fire hovedvolumer. Både tilbygget og den opprinnelige bygningen er i senere tid kledd utvendig med store "steniplater", som er fasadeplater av glassfiberarmert komposittmateriale. Fasadene har grå hovedfarge som er brutt opp av partier med gule plater lagt i et dekorativt mønster.

I 2003-2004 ble stasjonen bygget ut, og fasadene ble kledd med "steniplater" lagt i et dekorativt mønster. Foto: Sissel Riibe, NVE

Kraftstasjonen fra 1947 ved siden av har fått samme type platekledning, men her med gult som hovedfarge og grått som sekundærfarge. Fasadeutformingen er designet av Spor Design i Hammerfest.

Begrunnelse

Transformatorstasjonen i Hammerfest ble bygget for å ta imot de store kraftmengdene fra Kvænangen i Nord-Troms som Vest-Finnmark fikk tilgang til fra og med 1965, da første ledd i stamledningen mellom Troms og Finnmark ble satt i drift. Stasjonen har fra 1967 og frem til i dag vært et viktig knutepunkt for elektrisitetsforsyningen av Hammerfest by og distriktet rundt. Den har forsynt store aktører og viktige arbeidsplasser i Hammerfest, som den nå nedlagte fiskeindustribedriften Findus og Statoils nye LNG-anlegg på Melkøya.

I løpet av de årene transformatorstasjonen har vært i drift, har det skjedd store endringer i Hammerfest-området. Befolkningsvekst og industriableringer har, sammen med generell velstandsøkning, ført til at

kraftforbruket har økt mye. Både det tekniske anlegget og bygningen er blitt utvidet og modernisert for å møte denne utviklingen, og stasjonen betjener i dag mange spenningsnivåer i både regional- og distribusjonsnettet.

Beliggenheten ved Storvatnet, like utenfor byens sentrum, trekker linjer tilbake til både pioneråret 1891 og gjenreisningen av byens elektrisitetsforsyning etter krigen. Hammerfest hadde landets første kommunale elektrisitetsverk da det ble etablert i 1891, og byens første vannkraftverk ble anlagt i elva som renner ut i Storvatnet, like ved dagens transformatorstasjon. Da byen samme år fikk elektrisk gatebelysning fra vannkraft, var dette som den første i Nord-Europa. Fra kraftverket ble strømmen overført til byen på en 1,8 km lang høyspentledning med et spenningsnivå på 1 kV. Den gang var dette også verdens nordligste kraftledning.

Under gjenreisningen etter andre verdenskrig ble det bygget en ny kraftstasjon på samme sted som den første. Den nye stod klar til bruk i 1947, og er



Transformatorstasjonen ligger i et krafthistorisk miljø ved Storvatnet. Den grønne kraftstasjonen til høyre ble bygget under gjenreisningen etter andre verdenskrig og satt i drift i 1947. På samme sted lå den første kraftstasjonen som fra februar 1891 leverte strøm til Hammerfest by. Dette bildet er tatt for mange år siden, og kraftstasjonen fra 1947 har i dag samme fasadekledning som transformatorstasjonen. Foto: Hammerfest Energi AS

fortsatt i drift med den horisontale Francis-turbinen som ble installert den gang. I denne bygningen finner vi også besøks- og opplevelsessentret

Energihuset, der man kan oppleve teknologi for produksjon av ulike energiformer som vindkraft, vannkraft, tidevannskraft og LNG/gasskraft.

Viktige momenter:

- viktig for forsyningen av Hammerfest-distriktet
- knyttet til samkjøringsnettet i Vest-Finnmark
- kraft fra Kvænangen og Porsa
- strøm til Findus og Melkøya
- betjener mange spenningsnivåer
- krafthistorisk miljø ved Storvatnet
- Energihuset besøks- og opplevelsessenter

Kilder

Litteratur:

Dancke, Trond M. E. (1986): *Opp av ruinene. Gjenreisningen av Finnmark 1945–1960*. Oslo: Gyldendal Norsk Forlag A/S.

Iversen, Klaus (1990): *100 år med lys og varme. Hammerfest Elektrisitetsverk 1891–1991*. Alta: Bjørkmanns trykkeri.

NOU 1994:21: Kapittel 12. *Kraftverk, i Bruk av land og vann i Finnmark i et historisk perspektiv. Bakgrunnsmateriale for samerettsutvalget*. Oslo: Statens forvaltningstjeneste.

Reutz, Anders (1987): *25 år med Kvænangen Kraftverk*. Tromsø: Lundblad Trykkeri A/S.

Muntlige kilder:

Roger T. Hansen, Hammerfest Energi Nett AS
Øyvind Hansen, Hammerfest Energi Nett AS

Sengjanes

Sengjanes transformatorstasjon i Tyssedal ble satt i drift i 1967, samtidig med kraftverket Tyso II. Den orientalskinspirerte bygningen, tegnet av betongmodernisten Geir Grung, troner ubeskjedent oppe på berget bak den fredete kraftstasjonen Tyso I nede ved Sørfjorden.

I 1908 ble Aktieselskapet Tyssefaldenes første kraftstasjon – Tyso I – satt i drift i Tyssedal¹. Dette var stasjonens første byggetrinn av en utbygging som pågikk frem til 1918. Senere er det etablert flere kraftverk som utnytter vannressursene fra den sørvestre delen av Hardangervidda. Ett av disse er Tyso II, og i den forbindelse ble også Sengjanes transformatorstasjon bygget.

Allerede i 1928 fikk Tyssefaldene konsesjon for å bygge ut den øvre delen av Tysovasdraget, men det skulle

gå nesten 40 år før kraftverket Tyso II ble satt i drift. Under andre verdenskrig gjorde tyskerne et mislykket forsøk på å bygge ut, og på 1960-tallet ble utbyggingen omsider gjennomført av Tyssefaldene.

Kraftverket samler vann fra et stort nedbørfelt som ligger 1300-1400 meter over havet, og utbyggingen medførte omfattende dam- og tunnelarbeider. Selve kraftstasjonen ligger 450 meter inne i fjellet i Skjeggedal. Med Tyso II ble Tyssefaldenes kraftproduksjon doblet, men det førte også til at tvillingfallene Tyssestrengene og den mektige Ringedalsfossen gikk tapt.

Samtidig med denne utbyggingen ble det strukket en 300 kilovolts kraftledning fra Skjeggedal til Røldal. Denne forbindelsen knyttet Tyssefaldene – og dermed Odda-samfunnet – til det som den gang het samkjøringsnettet. Tyso II og tilknytningen til samkjøringsnettet var viktig for fabrikkene i området, som nå fikk muligheter til å ekspandere. Tyssefaldenes eiere var på den tiden de tre store bedriftene i Tyssedal og Odda: DNN Aluminium, Det Norske Zinkkompani og Odda Smelteverk, som alle drev kraftkrevende industri.

Med samkjøringsforbindelsen kunne kraft fra Tyssefaldene for første gang

1) Om kraftverket Tyso I: Se beskrivelsen av ledningen Tyso I–Odda Smelteverk.





også føres ut av regionen, for øvrig 50 år etter at Tyssefaldenes generaldirektør Ragnvald Blakstad foreslo å føre kraft over Hardangevidda fra vest til øst gjennom en "elektrisk hovedvei".

Fra Tysso II ble det strukket en 66 kV-ledning til en ny transformatorstasjon på Sengjanes ved den gamle kraftstasjonen nede i Tyssedal. Dette var en del av Tyssefaldenes 66 kV-nett (dagens regionalnett), som ble bygget ut på 1960-tallet. Stasjonen erstattet Mågeli transformatorstasjon som lå i nærheten, bygget i forbindelse med Mågeli kraftstasjon fra 1956. Da Tysso II og Sengjanes transformatorstasjon ble satt i drift, kunne Odda-samfunnet endelig gå over fra strøm med 25 til 50 perioder (hertz), og det ble slutt på at lyset blinket.

Teknisk utførelse

Sengjanes transformatorstasjon ble satt i drift i 1967, og tok imot 50-perioders strøm med en spenning på 66 kV fra kraftstasjonen Tysso II. Til å

Transformatorstasjonen på Sengjanes troner over den gamle kraftstasjonen Tysso I. Foto: Sissel Riibe, NVE

begynne med ble det levert strøm til DNN Aluminium i Tyssedal (nedlagt i 1981, i dag Eramet) og til allmenn forsyning lokalt i Tyssedal og Odda.

Selv om Odda-samfunnet gikk over til 50-perioders strøm i 1967, var det fortsatt fabrikkene som trengte 25-perioders strøm, og den ble levert fra den gamle kraftstasjonen. Etter et rørbrudd i 1980 var kun ett av de fem rørene ned til Tysso I i bruk, og for å produsere nok 25-perioders strøm, ble det montert to omformere i Tysso I. De omformet 50-perioders strøm som ble levert fra Sengjanes transformatorstasjon til 25-perioders, som så ble sendt ut til fabrikkene. Dette fortsatte også etter at kraftproduksjonen ved Tysso I stanset for godt i 1989. Tyssefaldene leverte 25-perioders strøm til Det Norske Zinkkompanis fabrikk (i dag Boliden) på Eitrheim frem til 1989, og til Odda Smelteverk frem til 1996.

Sengjanes transformatorstasjon har i dag forbindelser i flere retninger gjennom luftledning og kabel. Det er 66 kV-forbindelser direkte til kraftstasjonene Mågeli og Oksla, og til Stanavegen transformatorstasjon like ved. Videre er det 66-, 22- og 12 kV-forbindelser, enten direkte eller via andre transformatorstasjoner, til fabrikkene i Tyssedal og Odda. Det leveres også strøm til allmenn forsyning.

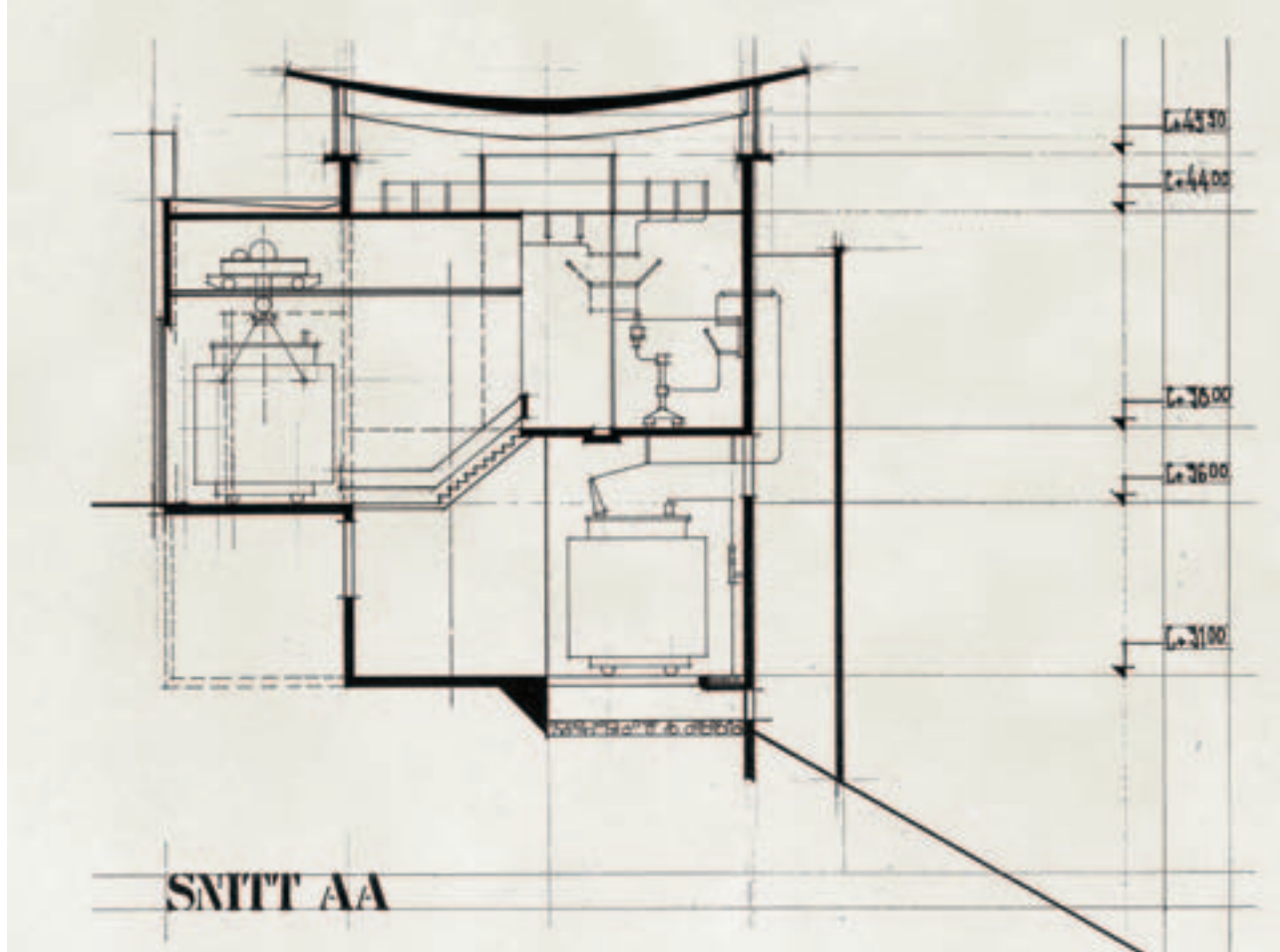
Stasjonen har fire transformatorer; to for 66/12 kV, én for 66/22/12 kV, og en mindre for 22/12 kV. Det er bryteranlegg for 66, 22 og 12 kV. Frem til 1989 ble stasjonen styrt fra kontrollrommet inne i den gamle kraftstasjonen, og deretter fra Tyssefaldenes nye driftssentral, som ble innredet i de øverste etasjene i Tysso I.

På bygningens nordside er det et tilbygg som ble satt opp i forbindelse med at NVE Statskraftverkene satte i drift Oksla kraftverk i 1980. Det inneholder et muffehus (overgang mellom kabel og luftledning) som knytter Oksla til 300 kV-nettet i området. Dette anlegget eies i dag av Statkraft, og det har ingen funksjonell forbindelse med Tyssefaldenes anlegg vegg i vegg.

Arkitektur

Transformatorstasjonen på Sengjanes er tegnet av arkitekt Geir Grung, mens ingeniør Chr. Fr. Grøner stod for konstruksjonstegningene. På 1960- og 1970-tallet fikk Grung flere oppdrag for kraftprodusenter på Vestlandet, blant annet Tyssefaldene og Norsk Hydro. På den tiden drev Grung arkitektkontor sammen med Georg Greve, som blant annet hadde flere oppdrag for Oslo Lysverker. Grung og Greve jobbet visstnok helt adskilt med sine prosjekter.

På slutten av 1950-tallet hadde Geir Grung vært på studietur i Asia, deriblant i Japan, og transformatorstasjonen på Sengjanes er tydelig inspirert av den kraftfulle, japanske betongarkitekturen som utviklet seg der i etterkrigstiden. Mye av det formale grunnlaget var hentet fra den tradisjonelle japanske trearkitekturen, men betong som bygningsmateriale åpnet for større dimensjoner og dynamiske konstruksjoner.



Transformatorstasjonen er plassert oppe på berget bak den gamle kraftstasjonen ved Sørfjorden. Bygningen har en lukket form, og er satt sammen av klare og enkle volumer og flater. I Statkrafts tilbygg på nordsiden av stasjonen er dette formspråket videreført. Bygningen er oppført i plasstøpt betong med spor etter forskalingsbord i de kremfargede ytterveggene. På bygningens fasade front mot fjorden "svever" en stor, vertikal betongskive, og hovedvolumet krones av et spennstyg konkavt tak som krager ut over vegglivet. Dette "pagodetaket" var ett av de første som ble bygget i Norge. Hele bygningen har et kraftfullt uttrykk, noe som også blir forsterket av den ubeskjedne plasseringen over den gamle kraftstasjonen tegnet av Thorvald Astrup og Victor Nordan.

Grung fikk, som nevnt, flere oppdrag for Tyssefaldene. Han tegnet også portalbygget til kraftstasjonen Tyso II, som ligger langt inne i fjell i Skjeggedal. Portalbygget har kraftige dobbeltsøyler og dragere av ubehandlet betong, og vokser nærmest ut av den bratte bergveggen.

Stanavegen transformatorstasjon fra 1986 nede i Tyssedal er også Grungs

Denne skissen fra forprosjektet viser et snitt gjennom bygningen med det konkave taket og den svevende betongskiven i fasaden mot Sørfjorden. Illustrasjon: Georg Greve og Geir Grung Arkitekter MNAL. Fra AS Tyssefaldenes arkiv

verk. Den er, i likhet med Sengjaner, orientalsk inspirert, men har en mer småskala og differensiert utforming. Omtrent samtidig med dette tegnet han Tyssefaldenes nye kontorlokaler og driftssentral i den gamle kraftstasjonen. Grung har også satt sitt preg på Tyssefaldenes eget hotell i jugend-

stil. Det er opprinnelig fra 1913, og Grung medvirket til moderniseringen fra slutten av 1960-tallet.

Begrunnelse

Geir Grungs oppdrag for Tyssefaldene og Norsk Hydro på 1960- og 1970-tallet resulterte i flere verk med impulser fra



Portalbygget til kraftstasjonen Tyso II i Skjeggedal er også signert Geir Grung. Foto: Jan-Erik Haugli, AS Tyssefaldene



den japanske betongarkitekturen som utviklet seg i etterkrigstiden. Grungs arkitektur karakteriseres ofte av storlinjede bygg med spenstige former og bygningsledd, og detaljer i kraftige dimensjoner. Sengjanes transformatorstasjon er med sin "svevende" fasade og konkave "pagodetak" et godt eksempel på Grungs kraftfulle arkitektur.

Stasjonen ligger i et område med flere særpregede og representative bygninger knyttet til produksjon og distribusjon av elektrisk kraft fra flere epoker. Her finner vi Stanavegen transformatorstasjon tegnet av Grung, Astrup/ Nordans kraftstasjon Tysso I med Grungs nye inngangstårn til Tyssefaldenes kontorlokaler, Eyvind Moestues transformatorstasjon fra 1949, portalbygget til Oksla kraftstasjon fra 1980,

Viktige momenter:

- arkitektur – Geir Grung
- kraft- og industrihistorisk miljø
- arkitekturhistorie i Tysedal
- kraftutbyggingen Tysso II
- Tyssefaldenes regionalnett
- tilknyttet samkjøringsnett
- fra 25- til 50-perioders strøm

og til slutt en liten transformatorstasjon som representerer de mer anonyme bygningene innen feltet.

Sengjanes transformatorstasjon var en del av Tysso II-utbyggingen, som var viktig for strømforsyningen til Odda-samfunnet. Det var i forbindelse med denne utbyggingen at Tyssefaldene ble tilknyttet samkjøringsnett, og Odda-samfunnets elektriske isolasjon var over. Ikke minst var overgangen fra 25- til 50-perioders strøm i 1967 en milepæl.

Her ser vi Grungs to transformatorstasjoner, Sengjanes og den nyere Stanavegen, fra veien bak Tysso I. Begge bygningene er orientalskinspirerte, men likevel ganske ulike.

Foto: Sissel Riibe, NVE

Kilder

Litteratur:

- Bøe, Alf (2001): *Geir Grung. Arkitekten og hans verk*. Oslo: Arkitekturforlaget.
- Gravdal, Jan og Våde, Vidar (2006): *Tyssefaldene. Krafttak i 100 år. 1906–2006*. Tysedal/ Bergen: AS Tyssefaldene / Nord 4 Bokverksted AS.
- NVE (2006): *Kulturminner i norsk kraftproduksjon*. Oslo: Norges vassdrags- og energidirektorat. Rapport nr. 2/2006.
- Stange, Espen (2008): Tange i vest. I *Arkitektur i Norge. Årbok 2008*. s. 90–101. Oslo: Nasjonalmuseet for kunst, arkitektur og design.

Muntlige kilder:

- Jan-Erik Haugli, AS Tyssefaldene
Harald Karlsen, AS Tyssefaldene
Knut Seim, AS Tyssefaldene

Kristiansand

Kristiansand transformatorstasjon ble bygget som en del av det omfattende systemet som la grunnlaget for direkte kraftutveksling mellom Norge og Danmark. Stasjonen, som ligger pent plassert i landskapet, ble norsk endepunkt for en sjøkabelforbindelse verden aldri tidligere hadde sett maken til.

Ideen om en samkjøringsforbindelse over Skagerrak var ikke ny. Allerede under et møte om interskandinavisk kraftoverføring i Oslo i 1918 ble dette spørsmålet diskutert, men et utvalg som ble satt til å vurdere muligheten kom i 1921 til at ideen ikke var teknologisk realiserbar. På 1950-tallet ble tankene om en slik overføring imidlertid tatt opp på nytt, og i september 1973 undertegnet endelig NVE og det danske samkjøringsorganet ELSAM en avtale om bygging og drift av to 250-kilovolts likestrømskabler, med overføringsevne på til sammen 500 MW, mellom Lild Strand på Jylland og Kvarenes ved Kvåsefjorden øst for Kristiansand.

Avtalen ble undertegnet etter omfattende testing med sjøkabellegging i Hardangerfjorden, omtrent på samme dyp som de man måtte passere mellom Sør-Norge og Jylland. Oppdrag om leveranser til både disse testene og selve kabelproduksjonen gikk til Standard Telefon- og Kabelfabrikk (STK). STK skulle utvikle og levere en likestrømskabel for høyere spenning, større dyp og større lengder enn det noen tidligere hadde utført. Samtidig bygget også NVE-Statskraftverkene kabelskipet C/S Skagerrak i Kristiansand.

Skagerrakkabel 1 ble lagt ut sommeren 1976. Kabelen har en diameter på ca 12 cm, veier nesten 50 kg per meter,

er omkring 130 km lang – og den måtte legges ut i full lengde for å unngå skjøting under utlegging. På sitt dypeste går den omkring 550 meter under havoverflaten. Dette var et enestående teknologisk pionerprosjekt, og elektrosjef Ommund Hauge i NVE-Statskraftverkene uttalte i forbindelse med planleggingen at: "Det er aldri tidligere i verden blitt lagt kabel på så stort dyp og med så store dimensjoner og vektorer som vi her har forutsatt"¹.

Søndag 13.juni 1976 kl. 13.00 begynte C/S Skagerrak, trukket av fire kraftige

1) Hauge, i Fossekallen nr 2/1972: 5





slepebåter, sin langsomme ferd fra Jylland til den norske Sørlandskysten. Fra kabelskipet gled sjøkabelen sakte men sikkert ned i vannet, og den dastyrte navigasjonen gjorde sitt til at posisjonene ikke noe sted under overfarten til Norge avvek mer enn noen få meter fra den planlagte traseen. Etter 67 timer kunne C/S Skagerrak legge seg til ro ved tilknytningsstedet i Kvarenesbukta ved Kristiansand. I muffeanlegget på Kvarenes ble sjøkabelen koblet til en allerede klargjort likestrøms luftledning. Et suksessfullt



Tverrsnitt av Skagerrakkabel 3. Kabelen er av typen $1 \times 1400 \text{ mm}^2$ Cu, bygget for overføring av 350 kV likestrøm, og levert av Alcatel Kabel Norge AS. Foto: Henning Weyerang-Nielsen, NVE

stykke arbeid var dermed et faktum. Samtidig med den første Skagerrakkabelen ble Kristiansand transformatorstasjon bygget i skogheiene ved Stølen i Vennesla, et stykke nord for Kristiansand. Stasjonen skulle sørge for at likestrøm fra Skagerrakkablene kunne omformes til vekselstrøm og bli ført ut på det norske nettet, og at norsk vekselstrøm kunne omformes til likestrøm for overføring over Skagerrakkablene. I tillegg skulle stasjonen bidra til den generelle kraftforsyningen i vår sørligste landsdel.

Allerede mot slutten av 1972 begynte man arbeidet med å stikke ut veier og stasjonstomt, og året etter startet det praktiske anleggsarbeidet. En utfordring var at området der stasjonen skulle plasseres i all hovedsak bestod av bløt myr, noe som medførte betydelige gravearbeider for å få planert ut området og fundamentert anlegget i fjell. Det måtte også utføres omfattende sprengningsarbeid. Entreprenør Astrup & Aubert var ansvarlig for grunnarbeidet, mens sprengning og massetransport ble utført av deres underentreprenør G. R. Senning fra Telemark.

De store ventilhallene, der omformingen mellom likestrøm og vekselstrøm skulle foregå, ble prosjektert av kraft-

NVE-Statskraftverkernes spesialskip C/S Skagerrak er ferdig bygget og klargjort for oppgaven med å legge ut sjøkabelen mellom Norge og Danmark. Foto: NVE

ledningsavdelingen i Statskraftverkene og bygget av Astrup & Aubert. På stasjonstomten førte NVE-Statskraftverkene i tillegg opp et større kontor- og kontrollbygg, og det ble også gjennomført et svært omfattende arbeid med beplantning og naturtilpasning.

Stasjonen ble satt i drift sommeren 1976. Det ble i denne sammenhengen også bygget nye, store transformatorstasjoner i Arendal og Porsgrunn, samt overføringsledninger mellom disse. Ved idriftsettelsen hadde det omkring 200 mål store stasjonsanlegget ved Kristiansand fått en samlet prislapp på 222 millioner kroner, og ble med det den største transformatorstasjonen i landet målt i areal så vel som i kostnad. Kristiansand tjener både som transformatorstasjon på det norske kraftoverføringsnettet og som utgangspunkt for forbindelsen med Danmark over Skagerrak.

I juni 1977, nøyaktig ett år etter den første Skagerrakkabelen, ble Skagerrakkabel 2 lagt ut. Også denne operasjonen var en suksess, og i denne forbindelse fortsatte man utbyggingen av transformatorstasjonen. Etter som de to første Skagerrakkablene

ble lagt ut så tett som med kun et års mellomrom, ble utvidelsene av stasjonen et ledd til i en nærmest kontinuerlig etableringsprosess. Den første Skagerrakforbindelsen ble for øvrig drevet som monopol i ett år, det vil si at returstrømmen gikk gjennom jord/sjø. F.o.m. idriftsettelsen av kabel nr 2 i 1977 ble imidlertid begge kablene drevet på +/- 250 kV.

I årene etter at tilknytningen til Skagerrakkabel 2 ble fullført, har stasjonen gjennomgått ytterligere utvidelser av både bygningsmasse og tekniske anlegg. En viktig milepæl ble nådd i 1993, da en tredje Skagerrakkabel ble lagt ut mellom Jylland og Norge og ført inn til Kristiansand. I denne perioden ble også Statnett skilt ut som eget statsforetak, og det overtok da eierskap og driftsansvar for både Skagerrakkablene og Kristiansand transformatorstasjon.

Utnyttelsen av Skagerrakkablene ble reforhandlet i en ny og viktig avtale mellom Statkraft og ELSAM i juli 1995, og Statnett undertegnet deretter – som eier av kablene – en driftsavtale med ELSAM. De nye avtalene er adskillig bedre tilpasset det deregulerte kraftmarkedet som oppstod i kjølvannet av energiloven av 1990. Kraftutvekslingen over Skagerrak har vært både lønnsom og svært nyttig, og det utredes nå muligheter for en fjerde kabelforbindelse mellom Jylland og Kristiansand transformatorstasjon.

Teknisk utførelse

Da Kristiansand transformatorstasjon stod klar i 1976, tok den imot den første likestrømsforbindelsen fra Danmark via Kvarernes. Det ble bygget ventilhus med anlegg (pol 1) for likeretting/vekselretting mellom 300 kV vekselstrøm og +/- 250 kV likestrøm, og satt inn en roterende fasekompensator med egen transformator 300/17 kV.

Til ventilhuset leverte ASEA en avansert strømretter, bestående av 12 ventiler med til sammen 144 tyristorer i hver ventil. Tyristorer er bygget opp av halvleder materiale, det vil si at de ikke leder strøm like godt som en leder, men heller ikke stenger ledestrømmen på samme måte som

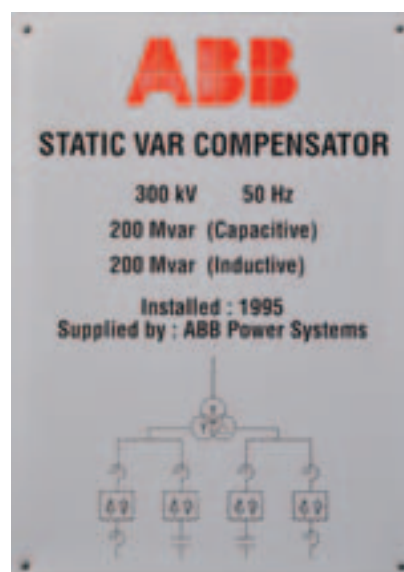


Midt på 1990-tallet fikk Kristiansand transformatorstasjon installert et spenningsregulerende SVC-anlegg, levert av ABB. Foto: Henning Weyerang-Nielsen, NVE

en isolator. Det ble videre bygget et stort 300-kilovolts koblingsanlegg, for transformering mellom 300 og 132 kV, og satt i drift utgående ledninger på 132 kV. I koblingsanlegget ble det også satt inn filtre for å ta bort høyfrekvente strømmer.

Året etter ble likestrømsforbindelsen fra Skagerrakkabel 2 ført inn til Kristiansand. Det ble i denne forbindelse bygget nok et ventilhus med strømretteranlegg (pol 2), av tilsvarende utførelse som pol 1. Da den tredje Skagerrakforbindelsen ble ført inn til Kristiansand i 1993, kunne man benytte seg av noe oppdatert strømretterteknologi fra ABB, og pol 3 ble derfor bygget med 12 ventiler med 60 tyristorer i hver ventil. Strømrettingen foregikk mellom 300 kV vekselstrøm og +/- 350 kV likestrøm. I denne perioden ble også alle filtrene oppgradert.

I 1994–1995 ble det installert et spenningsregulerende SVC-anlegg fra ABB, med reaktorer og kondensatorbatterier, på stasjonen, og i 1999 ble koblingsanlegget på 300 kV utvidet i forbindelse med idriftsettelsen av ledningen fra Kristiansand til Skåreheia. Denne ledningen ble for øvrig bygget videre med 420 kV gjennom Setesdal til Holen i 2009, og fra da av ble også strekningen til Kristiansand drevet på dette spenningsnivået. På transfor-



matorstasjonen ble det installert nytt 420-kilovolts koblingsanlegg, to nye transformatorer og én ny spole.

Arkitektur

Kontrollbygget ved Kristiansand transformatorstasjon er plassert vest på anleggsområdet, og stod klart ved idriftsettelsen i 1976. Det ble tegnet av arkitektkontoret Helge Abrahamson, Hans Grinde og René Philipp i Oslo, et arkitektkontor som hadde en rekke oppdrag for NVE-Statskraftverkene på 1950-, 60- og 70-tallet. Den rektangulære bygningen i to etasjer fremstår som forholdsvis nøktern, med en sokkeletasje i gulmalt betong og en hovedetasje med prefabrikkerte fasadeelementer.

Rundt midten av 1980-tallet ble kontrollbygget bygget på i lengderetning



gen mot nord. Tilbygget, som også ble tegnet av Abrahamsen, Grinde og Philipp, er stilmessig mer eller mindre identisk med resten av bygningsmassen, med det lille unntaket at sokkeletasjen ikke har malt betong. Den eldste bygningsdelen inneholder kontrollrom, kontorer og personalrom, mens tilbygget inneholder lager, verksted og garasjer. De to byggetrinnene knyttes sammen av et trapperom, med rekkverk i aluminium og stort vindu mot sør.

Opprinnelig hadde hele bygningen flatt tak, men denne løsningen førte til en del komplikasjoner med vann som ble liggende på taket og frøs til is om vinteren. I 2001 ble det derfor lagt nytt saltak. Mot kortveggene ble det partiet som nå fremstår som en loftsetasje, kledd med liggende, brunbeiset panel. Slik kontrollbygget fremstår i dag, er det et representativt eksempel på de siste 30 års trafoarkitektur, der man har gått bort fra den mer brutale betongarkitekturen som preget den tidlige etterkrigstiden, og over til et noe mildere uttrykk som i større grad etterligner arkitekturen i hytter og bolighus.

Begrunnelse

Med idriftsettelsen av Kristiansand transformatorstasjon ble det mulig å samkjøre norsk vannkraft med dansk varmekraft, noe som gir en rekke fordeler. Dette skyldes at vannkraftsystemet kan lagre vann og regulere produksjonen raskt opp og ned, mens

Kontrollbygget på Kristiansand, tegnet av arkitektene Abrahamsen, Grinde og Philipp. Foto: Henning Weyerang-Nielsen, NVE

med varmekraftverk er det kostbart å endre produksjonen, og stabilitet gir mest effektiv drift.

Norge kan dermed importere kraft fra varmekraftsystemene når forbruket er lavt, og samtidig spare vann. Norge kan videre oppnå økonomiske gevinster ved å eksportere kraft til relativt høye priser under forbrukstoppene på dagtid, og importere kraft til relativt lave priser på natten og i helgene når produksjonen er høyere enn forbruket i Danmark. Denne samkjøringen vil også redusere behovet for nye kraftverk og virke som tørråssikring for Norge. Også for Danmark blir importen fra Norge gunstig ved at behovet for ny produksjon blir redusert, og de mer effektive driftsforholdene gir lavere utslipp til luft per produsert enhet energi.

Før denne utvekslingen og markedsmuligheten kom i gang, kunne Norge bare eksportere overskuddskraft til Sverige, som ofte solgte den videre til Danmark for en høyere pris. Med Skagerrakkablene og Kristiansand transformatorstasjon kan Norge også selge kraft direkte til Danmark og selv få den fortjenesten som dette markedet skaper.

Kristiansand transformatorstasjon er her valgt ut som enkeltanlegg, som ett viktig ledd i en omfattende utbygging – med flere særegne anlegg – av stor betydning for både kraftsystemet

og markedet. Skagerrakkablene var et internasjonalt oppsiktsvekkende pionerprosjekt. Da den første kabelen ble lagt på plass, var dette verdens lengste og tyngste. Spenningen (250 kV likespenning) og overføringsevnen (250 000 kW) var også av oppsiktsvekkende dimensjoner. Nevnes må også overføringen mellom Kvarenes og Kristiansand, som er Norges eneste likestrøms luftledning. I tillegg ble det bygget muffeanlegg for kablene på Kvarenes, to nye transformatorstasjoner på sentralnettsnivå, ett større koblingsanlegg og en rekke ledninger mellom disse anleggene.

Kristiansand transformatorstasjon er et anlegg som utmerker seg teknologihistorisk på flere måter. Her kan blant annet nevnes det spenningsregulerende SVC-anlegget, de store koblingsanleggene og filtrene som reduserer høyfrekvente strømmer. Det som likevel kanskje utmerker seg aller mest, er de tre polene for like- og vekselretting av kraften som utveksles over Skagerrakkablene. Konvertering mellom like- og vekselstrøm var riktignok ikke noe nytt fenomen da Kristiansand transformatorstasjon ble satt i drift, men et strømretteranlegg av disse dimensjonene var unikt i både norsk og internasjonal sammenheng. De likeretteranleggene som ASEA leverte i 1976 og 1977 (pol 1 og 2), var i tillegg blant de aller første tyristor-likeretterne i verden.



Tidlig i etterkrigstiden ble de fleste av Statskraftverkernes transformatorstasjoners kontrollbygg utformet som en enkel betongkasse, først og fremst satt opp som et skall rundt nødvendige tekniske installasjoner. Utover 1970- og 1980-tallet fikk estetiske hensyn større gjennomslag, og man begynte å utforme stasjonenes kontrollbygg mer i tråd med byggeskikken i vanlige bolighus. Abrahamsen, Grinde og Philipps kontrollbygg ved Kristiansand er representativt for denne utviklingen.



300/132 kV transformator.
Foto: Henning Weyergang-Nielsen, NVE

Viktige momenter:

- størrelsen
- landskapstilpasning
- representativ arkitektur
- bygget for kraftutveksling mot Europa
- like-/vekselretteranlegg
- SVC-anlegg
- del av en omfattende utbygging
- Skagerrakkablene
- likestrøms luftledning Kvarenes–Kristiansand

Enda viktigere enn utformingen av selve kontrollbygget, var nok det arbeidet som ble gjennomført med terreng- og landskapstilpasning. Store mengder myr måtte graves opp fra stasjonstomten, og massene ble tippet ned i en nærliggende skråning der de ble til utmerket matjord. Dette var også første gang NVE–Statskraftverkene tok i bruk digitale masseberegninger. Det ble i tillegg brukt store ressurser på beplantningsplaner, samt på å utrede mest mulig gjennomarbeidede forslag til plassering av bygninger og anlegg. I dag fremstår anlegget som pent og skånsomt tilpasset det omkringliggende skoglandskapet.

Stasjonsanlegget ligger pent plassert i terrenget. Midt i bildet ser vi de store ventilhallene for Skagerrakkabel 1 og 2, og til høyre ser vi deler av 300 kV-koblingsanlegget (ventilanlegget for Skagerrak 3 og 420 kV koblingsanlegget var ennå ikke bygget da bildet ble tatt).
Foto: Kjell Eidet, Statnett

Anleggets størrelse var særlig avgjørende for at landskapstilpasningen fikk stor betydning: Med et så stort anlegg ville det ha fremstått som skjæmmende om ikke naturhensyn ble ivare tatt. Da Kristiansand ble satt i drift, var dette ikke bare den største transformatorstasjonen i landet, den var også blant de aller største i Europa.

Kilder

Litteratur:

Bjørhovde, Bjørn (1990): *Litt av en historie*. Alcatel – STK A/S.

Diesen, Erling (2001): *Krafthandel over landegrensene*. I Rønningsbakk, Kjell (red.): *Balansekunst – Statnett 10 år*, s. 119-127. Oslo: Statnett.

Hauge, Ommund (1981): *Skagerakoverføringen*. Fossekalen, Nr. 2, 1972: 4-7.

Holtet, Einar Kr. og Tonstad, Bård (red.) (ikke datert): *Et kabeleventyr – Skagerrakkablene og Kristiansand Transformatorstasjon*. Oslo/Kristiansand: Statnett SF.

Johnsen, Rolf (1976): *Kraftoverføringsnettet som gjør likestrømsforbindelsen Norge-Danmark mulig*. I *Fossekalen* Nr. 3/1976: 8-10.

Muntlige kilder:

Øystein Aasheim, Statnett SF
Sveinung Ajer, Statnett SF
Roald Haugedal, Statnett SF
Kåre Heskestad, Statnett SF
Vidar Johannessen, Statnett SF

Sautso

I 1987 ble Alta kraftverk satt i drift ved Sautso i Altavassdraget. I skogsiden ovenfor kraftverket ble det bygget et muffehus for å føre energien fra kraftverket ut på sentralnettet gjennom Finnmark. Muffehuset har senere blitt utbyggt til transformatorstasjon. Stasjonen er arkitektonisk pent utformet og et godt eksempel på bevisst landskapstilpasning.

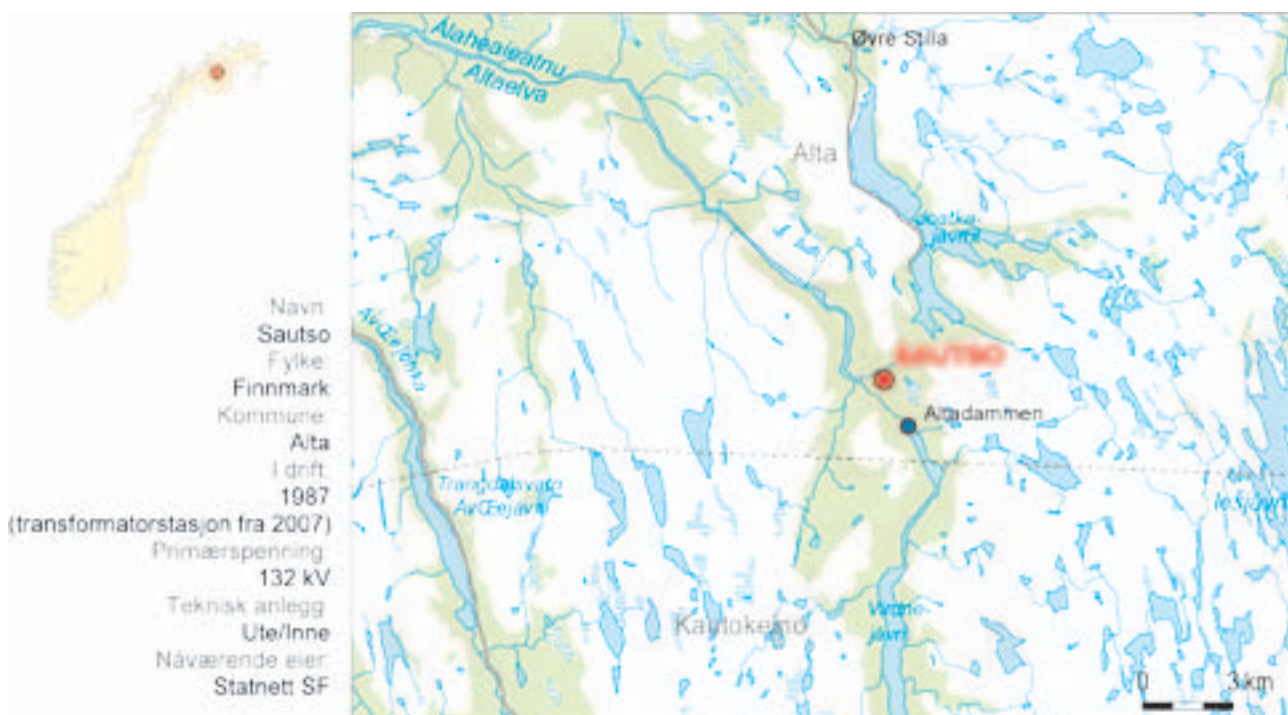
I 1970 kunngjorde NVEs hovedstyre planene om et mulig kraftverk ved Sautso i Altavassdraget. Den smale og dype elvedalen, nedenfor den lange innsjøen Vird'nejäv'ri ville være et ideelt sted for dambygging, og søknad om utbygging ble sendt i 1974. Altautbyggingen ble vedtatt i Stortinget 30. november 1978, og nærmere vilkår for utbyggingen ble gitt i kongelig resolusjon av 15. juni 1979. Utbyggingsplanen som til slutt ble vedtatt, var vesentlig endret og redusert i forhold til de opprinnelige planene. Disse hadde blant annet omfattet vannmagasiner og neddemming av samebygda Masi. Alta ble til slutt et rent elvekraftverk.

Utbyggingen av Alta er den kraftutbyggingen i Norge som har fått størst oppmerksomhet i det politiske miljøet og den alminnelige debatten. Det ble fremsatt strenge krav til grad av inngrep i natur, landskap og miljø, og særlig var det debatt rundt virkningene på reinbeitet, laksebestand og laksefiske, lokale bosetninger, samisk kultur og samiske rettigheter.

Storstilt mobilisering til demonstrasjoner og aksjoner gjorde anleggsarbeidet vanskelig, og det ble på det meste satt inn nesten 600 politifolk for å flytte om lag 1000 demonstranter. Utbyggingen ble også betydelig

utsatt på grunn av behandlingen av sakens juridiske sider, som kulminerte i en høyesterettsdom 26. februar 1982. Høyesterettsdommen var først og fremst en stadfesting av legaliteten i Altautbyggingen, men saken har samtidig hatt meget stor betydning for senere forvaltning og ivaretagelse av samiske rettigheter, deriblant etableringen av samerettsutvalget.

Alta kraftverk ble satt i drift i mai 1987, og hadde offisiell markering 3. september samme år. Maskinhallen og alle andre tekniske funksjoner ble bygget inn i fjellet. For å føre den elektriske kraften ut på sentralnettet gjen-





Sautso transformatorstasjon ligger pent plassert i de bjørkeskogkleddede åsene ved Sautso sør for Alta. Foto: Henning Weyergang-Nielsen, NVE

nom Finnmark, ble det samtidig satt i drift et muffehus i skråningen ovenfor kraftverket. Det ble gitt tre viktige retningslinjer for byggingen av muffehuset: Det måtte ha en utforming som satte det i en visuell sammenheng med resten av kraftverket; det måtte samtidig ikke komme i konflikt med dammen; og til sist måtte det bygges slik at mulighetene var til stede for en eventuell senere utvidelse.

I muffehuset ble kablene fra Altaverkets generatorer koblet over på luftledningen mellom Alta og Lakselv. Ledningen Alta-Lakselv hadde blitt satt i drift allerede i 1973, men NVE-Statskraftverkene hadde vært forutseende nok til å legge traseen rett forbi det området der man regnet med at det senere kunne bli bygget et kraftverk. På denne måten trengte man kun å bygge en kort ledningssløyfe innom det nye muffehuset.

Muffehuset ved Sautso stod mer eller mindre uendret i form og funksjon gjennom sine 20 første driftsår, men på begynnelsen av 2000-tallet ble det klart at Nord Troms Kraftlag skulle bygge en ny 66 kV-ledning fra Alta kraftverk til Kautokeino. I forbindelse med dette ble det også nødvendig å sette transformatorer inn i muffe-

huset, samt å utføre en mindre påbygging av dette. Det nye anlegget stod klart i 2007 og har nå navnet Sautso transformatorstasjon.

Teknisk utførelse

Sautso transformatorstasjon ble som nevnt opprinnelig bygget som et muffehus, der kablene fra kraftverket i Alta ble koblet inn på luftledningen mellom Alta og Lakselv transformatorstasjoner. Fra turbinene i kraftverket ble det lagt kabler opp gjennom en 300 meter lang tunnel (kabelsjakten), i 45 graders stigning til muffehuset.

Fra anlegget går 132 kV-luftledningen ut på tremaster med ståltravers. På de første fem mastepunktene går ledningen på felles mast, før den deler seg i retning av henholdsvis Alta og Lakselv. Linene er av type FeAl 185-26/7.

I 2007 ble muffehuset bygget om til transformatorstasjon, i forbindelse med at overføringen fra Alta kraftverk til Kautokeino ble satt i drift. Denne ledningen ble bygget for 66 kV, og spenningen måtte da transformeres ned til dette nivået. Under ombyg-

gingen ble også en 22 kV-ledning til Masi, som tidligere hadde gått direkte ut fra kraftverket, ført ut fra den nye transformatorstasjonen. En transformator med omsetning 132/66/22 kV ble satt inn i Sautso, og man bygget i denne forbindelse også et utendørs koblingsanlegg.

Selv om hele anlegget i dag kalles Sautso transformatorstasjon, er nok i praksis den rent tekniske funksjonen slik at det opprinnelige muffehuset fortsatt fungerer som et rent muffehus, mens tilbygget og koblingsanlegget fra 2007 fungerer som transformatorstasjon.

Arkitektur

Under planleggingen og byggingen av Alta kraftverk var det et overordnet mål at dette skulle fremtre som en viktig del av et levende fremtidig kulturlandskap. Anlegget skulle innpasses i landskapet på en diskret måte. Det skulle ikke kamoufleres, men heller ikke provosere. Disse retningslinjene var også gjeldende for utformingen av det muffehuset som nå er Sautso transformatorstasjon.



Tårnet i bygningens sørlige ende, utformet av hensyn til Kraftforsyningens Siviltforsvarsnemnds krav om muligheter for vakt hold over anlegget i forsvarshensyn.

Foto: Henning Weyergang-Nielsen, NVE

Muffehuset ble, i likhet med portalbygningene inn til kraftverket og damkronen i Alta, tegnet av arkitekt Egil Sorteberg. Sorteberg hadde på 1970- og 80-tallet en rekke oppdrag for Statskraftverkene/Statkraft, og vi kan derfor kjenne igjen enkelte trekk fra bygninger tilknyttet andre kraftverk. Av Sortebergs øvrige arbeider kan blant annet nevnes kraftverkene Løpet (1971), Kongsvinger (1975), Braskeridfoss (1978) og Strandfossen (1979) i Glommavassdraget, Hylen kraftverk i Suldal og utvidelsen av Nedre Vinstra kraftverk på 1980-tallet, samt maskinsalen i Svartisen kraftverk omkring 1990.

Bygningen er støpt i mørk gråfarget betong, og fremstår som nøktern modernisme. Den er utformet i én etasje langs vestfasaden, og skrår derfra oppover, med pulttak, til en høyere østfasade, slik at den i stor grad er tilpasset det omkringliggende landskapets naturlige skrånende form. Mot østfasaden er bygget også forhøyet med en ekstra etasje for ledningsuttak. I hovedbygningens sørøstre hjørne reiser det seg et to etasjer høyt tårn. Tårnet er et visuelt spennende brudd med resten av anleggets form, men det har også en praktisk funksjon. Utformingen av tårnet er preget av den tidligere Kraftforsyningens siviltforsvars-

nemnds krav om muligheter for vakt hold over anlegget i forsvarshensyn.

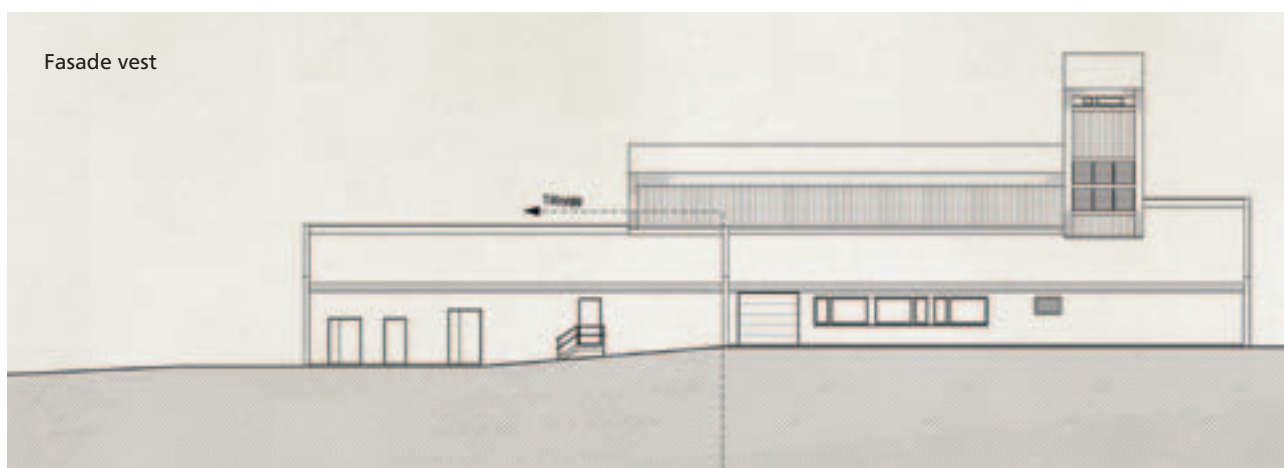
I forbindelse med ombyggingen til transformatorstasjon i 2007 ble anlegget utvidet med en seksjon mot nord, i forlengelse av den tidligere bygningsmassen. Statkraft fastslo i en høringsuttalelse rundt utvidelsen at det var lagt stor vekt på å tilpasse det opprinnelige muffehuset til landskapet omkring, og poengterte viktigheten av å videreføre denne tilnærmingen. Tilbygget, som ble tegnet av Archus arkitekter AS i Oslo, er tilpasset den opprinnelige bygningsmassen og bryter ikke i nevneverdig grad med Sortebergs uttrykk.

Begrunnelse

Allerede da den første skisseplan for et kraftverk i Altavassdraget forelå i 1922, mente man at en slik utbygging kunne forsyne hele Finnmark med kraft i all fremtid. Slike beregninger har senere blitt kraftig moderert, men ordet "Altautbygging" har likevel blitt brukt som et begrep for målestokk innen kraftutbygging. Dette skyldes nok i stor grad den voldsomme oppmerksomheten som utbyggingen og striden rundt denne fikk både i det politiske miljøet, i media og i befolkningen og samfunnsdebatten generelt. Noen stikkord knyttet til utbyggingen er demonstrasjoner i Alta og foran Stortinget, okkupasjon av statsministerens kontor, sultestreiker, politiaksjoner, sprenging av en bro, høyesterettsdom, samesak, reindrift, laks og laksefiske, miljø, landskaps- og vassdragsvern. Dette er uten tvil en av de utbyggingssakene som har vært mest omstridt og skapt størst administrativt engasjement i Norge noen sinne.

Alta kraftverk er imidlertid ikke bare til stede i vår bevissthet som et eksempel på debatt og diskusjon knyttet til miljø og lokalbefolkning. Kraftverket er også et viktig teknisk kulturminne, og særlig er betongdammen imponerende. Den massive hvelvdammen består av omkring 130 000 kubikkmeter betong, og den er, med sine 125 meter fra damfot til damkrona, Norges høyeste i sitt slag.

Konfliktene rundt utbyggingen til tross: Alta kraftverk og Sautso trans-



Archus arkitekters tegninger i forbindelse med anleggets utvidelse og ombygging til transformatorstasjon.
Illustrasjoner: Archus arkitekter. Illustrasjonseier: Statnett SF

formatorstasjon har vært med på å gi befolkningen i området viktig og stabil elektrisitetsforsyning. Ved åpningen av nye Sautso transformatorstasjon og ledningen til Kautokeino i 2007 poengterte også Kautokeinos ordfører Klemet Erland Hætta at *"dette er en merkedag for den samiske befolkningen at strømforsyningen til Kautokeino og Masi nå er knyttet til Sautso transformatorstasjon og Alta kraftverk"*¹.

Transformatorstasjonen, opprinnelig tegnet som muffehus av arkitekt Egil Sorteberg, er pent utformet og tilpasset det omkringliggende landskapet. Anlegget er ikke forsøkt gjemt bort, men det er heller ikke dominerende i sine omgivelser. Bygningen er støpt i gråfarget betong, og fremstår som representativ for byggeskikk og mate-
.....
1) Hætta 2007

rialbruk ved offentlige bygg i Norge på slutten av det 20. århundre.

Sautso transformatorstasjon er godt tilpasset landskapet – i likhet med den landskapstilpasningen som ble gjennomført for hele Altautbyggingen. På dette tidspunktet var riktignok strenge standarder for landskapstilpasning allerede innarbeidet som norm ved norske kraftutbygginger,



Altautbyggingen var kontroversiell, men samtidig svært viktig og fremstår i dag som et betydelig teknisk kulturminne. Her fra byggingen av den imponerende betongdammen. Foto: Knut Ove Hillestad, NVE

men med den oppmerksomheten som denne tematikken fikk ved Altautbyggingen, ble ikke fokuset noe mindre. Form og materialbruk i bygningsmassen, i kombinasjon med plassering og forming av tunnelstein, vegetasjons-etablering og generell landskapspleie, har vært med på å gjøre området rundt Sautso til et levende kulturlandskap. Under konsesjonsbehand-

lingen av utvidelsen til transformatorstasjon i 2007 konstaterte også NVE at området er unikt selv med de naturinngrep som er foretatt i forbindelse med kraftutbyggingen.

Fra Sautso transformatorstasjon går den elektriske kraften ut på ledningen mellom Alta og Lakselv. Allerede da denne ledningen ble satt i drift i 1973, valgte man å legge traseen forbi det området der man senere regnet med at det kunne komme et kraftverk. Idriftsettelsen av Alta-Lakselv må sees i sammenheng med idriftsettelsen av ledningen videre fra Lakselv

til Adamselv året etter, og sammen var det disse to ledningene som endelig etablerte et sammenhengende samkjøringsnett gjennom Finnmark.

Viktige momenter:

- arkitektur
- landskapstilpasning
- en del av Altautbyggingen
- Alta kraftverk
- ledningen Alta-Lakselv



Ledningen Alta – Lakselv fra 1973. Da Alta kraftverk ble satt i drift i 1987 kunne man føre kraften via Sautso muffehus og inn på denne ledningen. Foto: Henning Weyerang-Nielsen, NVE

Kilder

Litteratur:

Hillestad, Knut Ove (1993): *Alta kraftverk i landskapet*, i Kraft og miljø, nr. 20. Oslo: NVE.

NVE (2006): *Kulturminner i norsk kraftproduksjon*. Oslo: Norges vassdrags- og energidirektorat, rapport nr. 2/2006.

Muntlige kilder:

Klemet Erland Hætta, ordfører i Kautokeino
Arve Maalø, Statnett SF
Egil Sorteberg, arkitekt Alta kraftverk
Knut Stabell, Statnett SF
Arvid Suhr, Statnett SF
Ivar Sæveraas, NVE

Hillevåg

Transformatorstasjonen i Hillevåg er et eksempel på nyere industriarkitektur med god kvalitet, bygget i et moderne, nordisk formspråk. Like ved finner vi "Tårnet i Hillevåg", et minne fra strømforsyningen til den tyske Kvalebergleiren under andre verdenskrig.

Rundt midten av 1960-årene tok Stavanger de første stegene i retning av å bli landets oljehovedstad. Byen utvidet sine grenser, og har siden hatt en formidabel vekst. Stavanger er i dag Norges fjerde største by og kommune med 125 000 innbyggere.

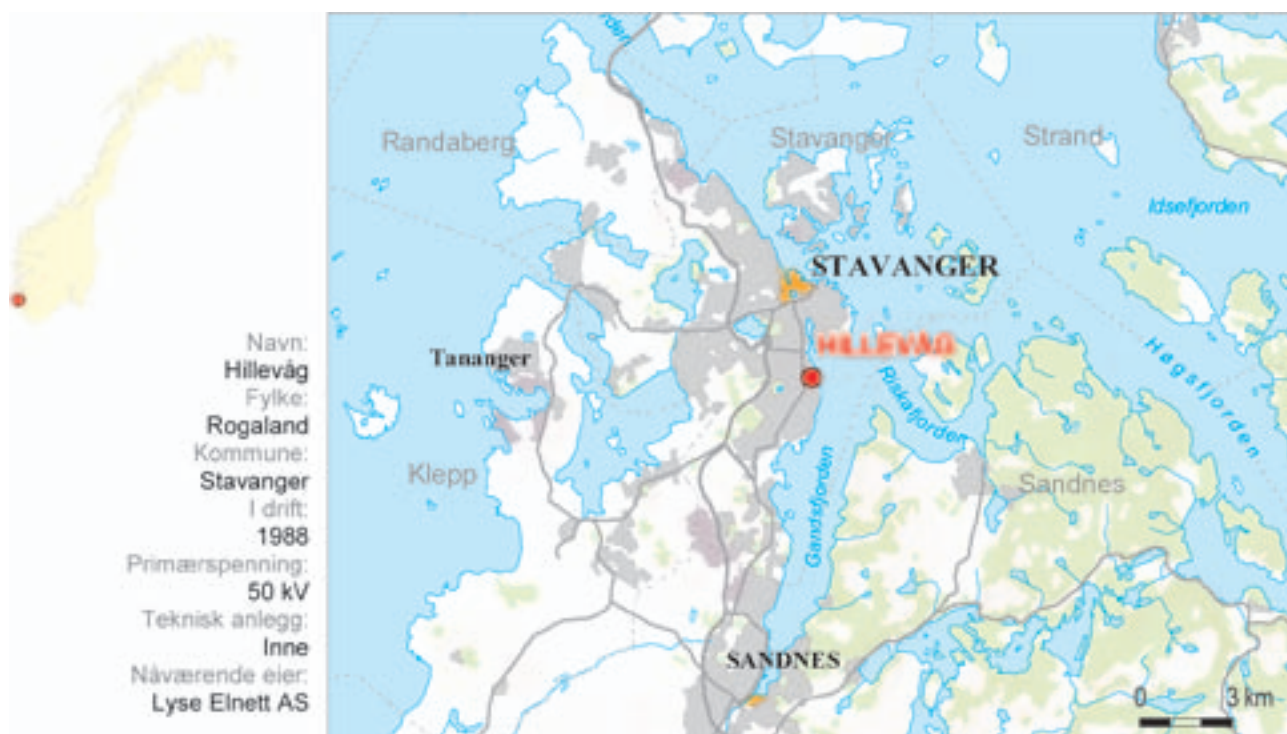
Den sterke veksten og en generell velstandsøkning førte til økende kraftforbruk, og som følge av det, gjennomførte elektrisitetsverket i Stavanger på 1980-tallet en opprustning av ledningsnettet i byen. Som del av denne opprustningen, ble det bygget nye transformatorstasjoner på Buøy og i Hillevåg. Disse inngår i en ring av transformatorstasjoner som reduse-

rer spenningen fra 50 til 10 kV før strømmen videreføres til de mange transformatorstasjonene i bydelene.

Før disse to stasjonene ble bygget, hadde elektrisitetsverket i Stavanger gått inn for at transformatorstasjoner skulle utformes i samarbeid med arkitekt. Dette skjedde etter at det hadde kommet klager på utseendet til en transformatorstasjon som ble bygget rundt 1980. Klagen fikk følger for utformingen av de neste transformatorstasjonene til Stavanger Energi, deriblant Hillevåg og Buøy. I dette prosjektet har vi valgt å presentere transformatorstasjonen i Hillevåg, men omtaler også stasjonen på Buøy.

Transformatorstasjonen i Hillevåg, sør for Stavanger sentrum, ble satt i drift i 1988. I dette området lå tidligere Kvalebergleiren, en stor militærleir som tyskerne anla i 1940. Etter krigen ble leiområdet gradvis overtatt for sivile formål, og det benyttes nå i første rekke til næringsvirksomhet. Stasjonen grenser opp til en grusbane som var militærleirens ekserserplass. Den har senere vært i bruk som idrettsplass og fotballbane, som fikk sitt garderobe- og dusjanlegg innpasset i den nye transformatorstasjonen da den ble satt opp.

Ved grusbanen står en særpregert bygning som blir kalt "Tårnet i Hillevåg".





Dette var et vakttårn som tyskerne satte opp omtrent midt i Kvalebergleiren. Bygningen var i tillegg transformatorkiosk som forsynte leiren med strøm. Den er oppført i mur over tre etasjer, og har en plattform/terrasse på toppen av den inntrukne toppetasjen. Etter krigen var bygningen en periode i bruk som magasin for arkivet til daværende Hetland kommune, som Hillevåg hørte under frem til 1965. Tårnet gikk ut av bruk som transformatorkiosk da den nye stasjonen på Hillevåg ble bygget i 1988.

Elektrisitetsverket i Stavanger ble i 1998 en del av det nye energikonsernet Lyse Energi AS, som i dag eies av 16 kommuner i Sør-Rogaland. Stasjonen

Transformatorstasjonen er en vakker bygning med en variert brukt av teglstein og åpninger i de ganske lukkede fasadene. Foto: Sissel Riibe, NVE

eies i dag av Lyse Elnett AS, et av Lyse Energis heleide datterselskaper for henholdsvis produksjon, gass, handel, nett, tele og marked.

Teknisk utførelse

Transformatorstasjonen har inngående 50 kV-kabler fra transformatorstasjonene Ullandhaug og Haugesundsgata i Stavanger. Her transformeres spenningen ned fra 50 til 10 kV for viderefordeling i kabel rundt til de mange transformatorkioskene i bydelene. Det tekniske anlegget består av to store transformatorer, bryteranlegg for 50 og 10 kV, samt kontrollrom.

Arkitektur

Transformatorstasjonene i Hillevåg og på Buøy er begge tegnet av Stavangerkontoret Hoem-Kloster-Jacobsen. Konsulenter for bygg var sivilingeniørene Boye og Waage & Co AS, og for elektro ingeniørene Høie og Kristiansen A/S. De to bygningene inneholder stort sett de samme funksjonene, men ulike tomtesituasjoner har gitt dem høyst forskjellige plandisposisjoner og formuttrykk. På Buøy, en av øyene nord for Stavanger sentrum, ligger stasjonen nede ved sjøen innerst i Galleivågen, og den langstrakte bygningen krummer seg etter terrenget rundt en utsiktshaug.

Stasjonen i Hillevåg ligger innpasset i et sammensatt gatemiljø av større lager- og industribygg. Den urbane situasjonen har gitt en mer kompakt og sluttet form. Dette er et toetasjers bygg, der bryteranlegget for 50 kV er plassert i rommet over 10 kV-anlegget. Transformatorcellene er inkorporert i bygningskroppen, skilt ut fra teglfasaden med kraftige bjelkestengsler i betong, og med lette buete ståltak som hever seg opp over det flate betongtaket. Hovedfasade og hovedinngang er mot sør, der verksted, garderobe og spiserom er plassert.

I sin presentasjon av prosjektet i tidskriftet Byggekunst nr 5/1989, skriver



Foto: Sissel Riibe, NVE

arkitektkontoret at de relativt store og enkle funksjonene som ikke krever dagslys, gjør formingsoppgavene til en skulptural utfordring. Denne oppgaven må man kunne si at de har lykkes godt med i Hillevåg transformatorstasjon. Hovedform og variert bruk av teglstein har gitt en vakker bygning. Stasjonen kan gi assosiasjoner til en borg, med runde og buede åpninger i teglfasadene der vindusflater, porter, lufteventiler og "skyteskår" er trukket inn i vegglivet. Den gamle transformator kiosken ved siden av skal – med sin faste form – ha vært en inspirasjonskilde for arkitektene da de tegnet stasjonen. Uteområdet rundt bygningen er for øvrig fint parkmessig opparbeidet med steinmurer, plener, busker og trær.

Arkitektene Knut Hoem, Louis Kloster og Nils Jacobsen, og deres medarbeidere, leverte fra rundt 1960 og i tiårene etter en betydelig innsats innen både planlegging og arkitektur i Stavanger og omegn. De arbeidet innenfor et modernistisk, nordisk formspråk, og dyrket materialenes egenverdi. I en artikkel om arkitektkontoret i *Byggekunst* nr 8/1985 skriver redaktør Ulf Grønvold at Hoem, Kloster og Jacobsen har stått for slitesterke kvaliteter i dynamiske Stavanger.



Over: I den tidligere Kvalebergleiren satte tyskerne under andre verdenskrig opp dette tårnet. Det var både vakttårn og transformatorkiosk. Foto: Sissel Riibe, NVE



Transformatorcellene har lette buete ståltak. Foto: Sissel Riibe, NVE



Begrunnelse

Transformatorstasjonen i Hillevåg ble bygget i forbindelse med at ledningsnett i byen ble opprustet for å møte det økende kraftforbruket i den ekspanderende oljehovedstaden. På et vis kan man dermed si at stasjonen er et resultat av "oljå".

Dette er en av de stasjonene som ble oppført etter at elektrisitetsverket i Stavanger på 1980-tallet gikk inn for at transformatorstasjoner skulle utformes i samarbeid med arkitekt. Her har det gitt et vellykket resultat. Bygningen er et godt eksempel på gjennomført industriarkitektur i et moderne, nordisk formspråk. Den er godt integrert i gatemiljøet, og garderobene for idrettsplassen ved siden av viser at også en transformatorstasjon kan ha rom for flerbruk.

Ved siden av stasjonen står transformator kiosken "Tårnet i Hillevåg", et

Viktige momenter:

- økende kraftforbruk i oljebyen
- utformet av arkitekter
- arkitektur - nordisk modernisme
- integrert i gatemiljø
- "Tårnet i Hillevåg" og Kvalebergleiren
- bynær beliggenhet

minne fra strømforsyningen til Kvalebergleiren og tyskernes tilstedeværelse under andre verdenskrig. Tårnet er vurdert som verneverdig av Stavanger kommune. Sammen dokumenterer de to bygningene strømforsyning fra ulike epoker og til både militære og

Bygningen kan minne om en middelalderborg. Foto: Sissel Riibe, NVE

allmenntillegget formål. Den bynære beliggenheten gjør i tillegg området egnet til formidling om både elektrisitetsforsyning og krigshistorie.

Kilder

Litteratur:

Gjerde, Jan (2008): Kvalebergleiren - under og etter krigen. I *Stavangeren* nr 3/2008, s 4-10. Stavanger: Byhistorisk forening.

Grønvold, Ulf (1985): Stillheten i stormens øye. I *Byggekunst* nr 8/1985, s 433-437. Norsk Arkitekturforlag.

Grønvold, Ulf, Solvang, Terje og Westberg, Åse (1990): Trafostasjonene Buøy og Hillevåg: Katalog til utstillingen Norsk samtidsarkitektur 1985-1990, i *Byggekunst* nr 5-6/1990, s. 275. Norsk Arkitekturforlag.

Hoem Kloster Jacobsen Arkitekter MNAL (1989): Trafostasjonene Buøy og Hillevåg/Stavanger. I *Byggekunst* nr 5/1989, s. 346-347. Norsk Arkitekturforlag.

Nerheim, Gunnar og Øye Gjerde, Kristin (1998): *Energiske linjer. Stavanger Energi gjennom 100 år. 1898-1998*. Stavanger: Stavanger Energi AS.

Pilskog, Geir Martin (1997): *Estetikk vs. teknikk? Profesjongrensene mellom arkitekter og ingeniører*. Stockholm: Kungliga Tekniska Högskolan. Oppgave ved nordisk kurs "Industriminne i Norden" 1996-1997.

Stavanger kommune (2010): *Kommunedelplan for kulturminner 2010-2025* (høringsutkast). Stavanger kommune: Kultur og byutvikling.

Muntlige kilder:

Rolf A. Waldow, Lyse Energi AS
Ole Johannessen, Lyse Elnett AS



Blå time i Tyssedal. Foto: Statkraft

“Slutningsbemerkning

Vi har i det foregående søgt i den enklest mulige form at forklare elektricitetens forskjellige ytringsformer, dens vigtigste anvendelser, samt de mange fordele, som den byder publikum i industri, i forretninger, i hus og hjem.

Vor hensigt er opnaaet, hvis vi har formaaet at vække interessen for og i nogen grad at sprede det hemmelighetsfulde mørke, som endnu synes at hvile over den elektrotekniske virksomhed. Ingen bør læn- gere være sig bekjendt at staa helt fremmed overfor dette vigtige middel til fremme af civilisation og kultur. Et middel hvis mægtighet maa virke imponerende og som med rette betegner vor tid som

elektricitetens tidsalder.”¹

¹ I 1908 ga Norske Elektricitetsværkers Forening ut heftet *Elektricitetens praktiske anvendelse*, der dette sitatet er hentet fra. Dette var samme år som den første kraftstasjon i Tyssedal i Hordaland ble satt i drift for å levere strøm over en sju kilometer lang kraftledning til nye, store fabrikker inne i Odda. I 1918 var kraftstasjonen ferdig utbygget. Senere har den fått selskap av Geir Grungs to orientalskinspirerte transformatorstasjoner, Sengjanen og Stanavegen, som vi ser på berget bak.

Begrepsforklaring

Måleenheter

Energi

evne til å utføre arbeid, det vil si produktet av effekt og tid.

Effekt

energi (forbruk eller produsert) på et gitt tidspunkt.

Spenning

mål for "kraften" som driver elektrisiteten gjennom en ledning.

Volt (V)

enhet for elektrisk spenning. 1000 V = 1 kilovolt (kV).

Ampere (A)

enhet for elektrisk strømstyrke.

Watt (W)

enhet for effekt. 1000 W = 1 kilowatt (kW). 1000 kW = 1 Megawatt (MW).

Kilowatttime (kWh)

enhet for energi. Antall kW produsert eller brukt i løpet av en time. 1000 kWh = 1 Megawatttime (MWh). 1 million kWh = 1 Gigawatttime (1 GWh). 1 milliard kWh = 1 Terawatttime (TWh).

Joule (J)

felles enhet for energi. 1 J = 1 wattsekund, det vil si at 1 kWh tilsvarer 3,6 millioner J.

Ohm

enhet for elektrisk motstand.

Hertz (Hz)

perioder per sekund.

Kraftoverføring

Høyspenning

elektrisk energi med spenning høyere enn 1000 V (1 kV) vekselstrøm og 1500 V (1,5 kV) likestrøm.

Likestrøm

elektrisk strøm som flyter i én retning og med praktisk talt konstant styrke.

Vekselstrøm

elektrisk strøm som skifter retning periodisk, slik at det går like mye strøm i begge retninger langs en leder. Vanlig frekvens er 50 perioder per sekund.

Fase

en enkelt strøm i et vekselstrømsystem. Vanlig i Norge er strømproduksjon med trefasegeneratorene, noe som også gir kraftoverføringer med tre faser. Hver fase består av en eller flere ledere med metalltråd med lav motstand.

Kurs

en strømkurs = alle fasene.

Overføringskapasitet

den effektbelastningen som tillates på en ledning med hensyn til varmeutvikling, stabilitet og spenningsfall.

Effektbalanse

momentan balanse mellom produksjon og forbruk.

Overføringssystemet

Sentralnett

kan beskrives som riksveiene i det norske kraftnettet. Spenningsnivået er vanligvis 420 kV, 300 kV, 220 kV eller 132 kV.

Regionalnett

hovedfordelingsnett til større områder, industri og jernbane. Spenningsnivået er vanligvis 132 kV eller 66 kV.

Distribusjonsnett

fordelingsnett av kraft til forbrukerne. Høyspent fordelingsnett opp til 22 kV, lavspent fordelingsnett ned til forbruksspenning på 230 V.

Samkjøring

samordnet drift av flere kraftverk og overføringsnett for best mulig total utnyttelse.

Stamlinje/stamledning

tidligere betegnelse på kraftledninger som knyttet sammen de regionale samkjøringsområdene.

TSO (Transmission System Operator)

systemansvarlig for den overordnede driften av en spesiell del av kraftoverføringsnettet. For eksempel er Statnett TSO for sentralnettet i Norge.

Nettselskap

selskap som driver nettvirksomhet innen sentral-, regional- og/eller distribusjonsnett.

Driftssentral

sentral for overvåking, styring og samkjøring av kraftverk og overføringsnett.

Konsesjon

tillatelse fra offentlig myndighet til blant annet å bygge og drive anlegg for kraftproduksjon, kraftoverføring, osv.

Kraftledning

Kraftledning

hele det fysiske anlegget som frakter elektrisk strøm fra et sted til et annet. Dvs. fundamenter, master, liner, isolatorer, jordliner, etc.

Luftledning

kraftledning strukket i luften.

Kabel

ledning lagt ned i jorden eller sjøen.

Mast

konstruksjon som bærer liner og andre komponenter i en luftledning. Vanlige typer er forankringsmast, bæremast, vinkelmast og endemast. De vanligste materialene er tre og stål, men også betong og limtre forekommer.

Strømførende line

metalltråd som leder strømmen. I større kraftledninger brukes som regel aluminiumstråd med ståljerne (FeAl). I mindre ledninger brukes ofte kobber (Cu).

Toppline

jordleder (lynaveleder) som henger høyere enn de strømførende linene på kraftledningen.

Isolator

komponent som skiller strømførende liner fra masten. Lages av stoff med høy elektrisk motstand.

Trasé

det landarealet som er nødvendig for fremføring av en kraftledning.

Transformator-/koblingsstasjon

Transformatorstasjon

anlegg for transformering og kobling av elektrisk strøm.

Koblingsstasjon

anlegg for kobling og distribusjon av elektrisk strøm, men uten at spenningen endres.

Nettstasjon

transformatoranlegg i distribusjonsnett.

Transformatoriosk

nettstasjon der alt elektrisk utstyr er plassert innelukket i en værbestandig og beskyttende konstruksjon.

Stolpetransformator

nettstasjon i distribusjonsnett der transformatoren er montert oppe i en mast.

Sekundærstasjon

ble tidligere brukt om transformatorstasjon (stasjonen etter kraftstasjonen).

Understasjon

ble tidligere brukt om transformatorstasjon.

Omformer

maskin som omformer elektrisk energi av en art til elektrisk energi av en annen art, for eksempel vekselstrøm med 50 Hz til "jernbanestrøm" på 16 $\frac{2}{3}$ Hz.

Kontrollanlegg

overvåker transformator- og koblingsanlegget. Inneholder apparater og utstyr for styring, vern og kommunikasjon.

Koblingsanlegg

distribuerer kraften til ulike områder og kobler ledninger, transformatorer, generatorer og kompenseringanlegg inn og ut. Hovedelementene er samleskinner og bryterfelt.

Samleskinne

knutepunkt i koblingsanleggene, der flere ledninger samles i én eller flere strømførende skinner.

Transformator

komponent som transformerer spenningen opp eller ned.

Kompenseringanlegg

produserer og consumerer reaktiv effekt i kraftsystemet. Består av reaktorer som forbruker reaktiv effekt og/eller kondensatorer som produserer reaktiv effekt.

Strømretteranlegg

konverterer strøm fra vekselstrøm til likestrøm, og motsatt.

Effektbryter

bryter og slutter strøm.

Skillebryter

skiller anleggsdeler fysisk fra hverandre.

Jordkniv

jorder anleggsdeler, for å beskytte mennesker, dyr og komponenter.

Strømtransformator

måler strøm for avregning og vern.

Spenningstransformator

måler spenning for avregning og vern.

Overspenningsavleder

beskytter anleggsdeler mot overspenning.

Kraftproduksjon

Kraftverk

anlegg for produksjon av elektrisk energi.

Magasin

en naturlig innsjø eller et kunstig basseng der man samler vann for bruk i produksjonsanleggene. Kalles også reguleringsmagasin.

Magasinkapasitet

den totale mengden vann som det er plass til i et reguleringsmagasin mellom høyeste og laveste regulerte vannstand.

Dam

byggverk som demmer opp vannet i et vassdrag og muliggjør magasinering og regulering.

Rørgate/trykksjakt

fører vannet fra magasin/tunnelsystem til turbinen i kraftverket.

Turbin

roterende anleggsdel som omsetter kraften fra en energikilde til mekanisk energi. I vannkraftverk er turbinen utformet som et hjul – med skovler – som er festet til en akse som roterer.

Generator

maskin som omdanner mekanisk energi fra turbinen til elektrisk energi.

Aggregat

enhet for omdanning av mekanisk energi til elektrisk energi. Består av en turbin og en generator.

Avløpstunnel

tunnel som fører vannet fra kraftverket ut i et vassdrag eller i sjøen.

Fallhøyde

den loddrette avstanden mellom vannivået i inntaket og avløpet til et vannkraftverk.

Arkitektur

Base/basis

fotstykket på en søyle eller pilaster.

Béton brut

(fransk) rå betong. Uttrykk introdusert av arkitekt Le Corbusier om betong som står ubehandlet og ubearbeidet etter at forskalingen er fjernet.

Fasade

tidligere oftest brukt om bygningens forside, hovedfasade, i dag også brukt på alle yttervegger rundt en bygning.

Frise

her: sammenhengende, horisontal rad av små buer som veggornament.

Gavl

tvrrvegg på enden av et hus, eller kun øverste del av veggen under taket. På hus med saltak er veggen under taket en trekantgavl. Gavl med bueform kalles gjerne segmentgavl.

Gesims

fremspringende, horisontalt ledd på en fasade. En takgesims markerer overgangen mellom fasaden og taket, en båndgesims inndeler fasaden.

Girlander

dekorasjonsmotiv, sammenbundet ranke av blomster eller kvister som henger i bue.

Kapitel

(uttales kapitél) søylehode, øvre avslutning på en søyle. Kan ha mange ulike utforminger, alt etter tid og stil.

Karnapp

mindre utbygg med tak og vinduer utenfor det egentlige fasadeliv til en bygning. Et karnapp er en utvidelse av rommet innenfor.

Konsoll

fremspring på vegg for å bære for eksempel en balkong, søyle eller statue.

Krenelering

murkrone med oppragende partier, slik at mellomrommene danner skyteskår.

Lisene

(uttales liséne) vertikalt, forsterkende ledd på vegg, uten kapitel og base.

Loggia

her: inntrukket parti i fasade, der ytterveggen er erstattet med søyler eller pilastre.

Lunettevindu

halvsirkel- eller segmentformet vindu. (Lunette er liten måne på fransk).

Mansardtak

todelt, skrå takflate. Takflaten består av et øvre, slakere saltak, som knekker over i et brattere nedre tak.

Møne

takrygg.

Pilaster

vertikalt bygningsledd som støtter og/eller dekorerer veggen, med kapitel og base. Murt sammen med veggen, men springer ut fra den.

Pulttak

tak med fall bare til én side, form som en pult.

Pusskvader

imitasjon av firkantet utformet naturstein, utført i murpuss. Gjerner til hjørnemarkering og dørromramming.

Rundbue

danner en halvsirkel, også kalt halvsirkelbue.

Rustisering

her: imitasjon av gjennomgående fugeflater i naturstein, utført i murpuss.

Saltak

takform hvor to motstilte skråtakflater møtes øverst i et møne som går fra gavl til gavl.

Segmentbue

bueform mindre enn en halvsirkel. Kalles også stikkbue eller flat bue.

Sluttstein

den øverste, siste murte stein i murt bue eller hvelv. Kan ofte være ornamentalt behandlet.

Stikkbue

bueform mindre enn en halvsirkel. Kalles også segmentbue eller flat bue.

Takhvelv

bueformet overdekking av rom, med en mer eller mindre komplisert sammenstilling av buer.

Takrytter

tårnaktig oppbygg som «rir» tvers over mønekammen.

Tempelgavl

her: trekantgavl som på greske og romerske templer.

Valmtak

takform hvor takflatene fra alle fire sider skråner jevnt oppover mot et møne. På halvvalmtak går kortveggene lenger opp, slik at takflatene over kortveggene blir mindre.

Veggliv

ytterflaten av en vegg.

Vulst

opphøyd, rund kant på listverk, puss eller huggen stein.

Illustrasjonsliste

Agder Energi Nett
118

Anders Beer Wilse (Fotoeier: Norsk Folkemuseum)
330

Anders Gylland
97

Anton Helmo, Statnett SF
226

Arbeiderbevegelsens arkiv og bibliotek
40, 45, 99, 144, 148, 149, 151, 230

Archus arkitekter (Fotoeier: Statnett)
366

Are Isaksen, Vesterålskraft Nett AS
223

Arne Vegard Langmo, Hafslund Nett
167, 168

AS Tyssefaldene
147, 170, 172, 173

Bartholomæus Rummelhoff (Fotoeier: Norsk Jernbanemuseum)
334

Bergen byarkiv
113 (originaltegning Einar Oscar Schou)

Dag Endre Opedal, Norsk Vasskraft- og Industristadmuseum
178

Egil Asbøll, TrønderEnergi
275

Eidsiva Energi AS
325, 326-327 (originaltegning Rolf Prag)

Elisabeth Høvås, NVE
298, 335

E. Solberg (Fotoeier: Norsk Jernbanemuseum)
317

G. Bøthun (Fotoeier: Oslo Lysverker / Oslo byarkiv)
146

Geir W. Aga, Lyse Energi
140

Georg Greve og Geir Grung Arkitekter MNAL
(Illustrasjonseier: AS Tyssefaldene)
356

Georg Greve og Geir Grung Arkitekter MNAL
(Illustrasjonseier: Oslo kommune, plan- og bygningsetaten)
131

Gro Agnethe Stokke, Tromsø kommune
137

Haakon Faanes
321

Hallgrim Berg, Statnett SF
87, 257

Hammerfest Energi
29, 202, 351, 353

Helena Nynäs, NVE
83

Henning Weyergang-Nielsen, NVE
33, 36, 38, 44, 54, 56, 64, 70, 75, 77, 79, 81, 83, 84, 86, 87, 108, 109, 112, 114, 115, 119, 120, 122, 124, 131, 137, 138, 139, 156-157, 165, 166, 167, 177, 178, 180, 182, 183, 191, 192, 194, 196, 199, 205, 212, 213, 216, 218, 236, 238, 240, 241, 242, 258, 265, 267, 275, 279, 281, 282, 296, 297, 300, 301, 302, 303, 304, 306, 322, 323, 325, 326, 327 (originaltegning Thorvald Astrup), 329, 331, 336, 338, 339, 347, 348, 350, 359, 360, 361, 362, 364, 365, 367, baksidedfoto

Idar Maurseth, Statnett SF
86, 212

I. Davies (Fotoeier: Oslo Lysverker / Oslo byarkiv)
288

Ivar E. Stav
71, 114, 116, 121, 123, 124, 126, 128, 129, 130, 132, 133, 134, 135, 137, 138, 139, 140, baksidedfoto

- Ivar Sæveraas, NVE**
252
- Jan-Erik Haugli, AS Tyssefaldene**
356
- Johan Wildhagen**
217
- Kari Stensgaard**
96
- Kjell Arne Kjeldsberg, Statnett SF**
261, 262
- Kjell Eidet, Statnett SF**
362
- K. Knudsen & Co. (Fotoeier: Statkraft)**
171
- Knut Ove Hillestad, NVE**
367
- Knut Stabell**
103
- Nord-Trøndelag Elektrisitetsverk**
311
- Lyse Energi AS**
292
- Norleiv Haugvaldstad, Lyse Energi**
140
- NVE**
31, 41, 101, 256, 257, 359
- NVE – Elektrisitetsdirektoratet**
155
- NVE – Statskraftverkene**
104, 346
- Ole Berg, Statnett SF**
258
- Oslo Lysverker / Oslo byarkiv**
29, 59, 62, 68, 91, 114, 115, 145, 148, 153, 165, 285, 309
- Oslo Museum**
286
- P. O. Breifjell (Fotoeier: Oslo Lysverker / Oslo byarkiv)**
46, 92
- P. O. Breifjell / G. Herføl (Fotoeier: Oslo Lysverker / Oslo byarkiv)**
287
- Per Johnny Thoresen, Kragerø Energi AS**
137, baksidefoto
- Posten Norge AS**
11
- Rune Aasgaard**
94, 122, 138
- Rune Stubrud, NVE**
73, 77 (grunnlag Statnett), 78, 78 (grunnlag Trondheim Energi), 82, 83, 84, 85, 93, 181 (grunnlag Jon Ragnar Lundborg, Bane Energi), 334
- Sissel Riibe, NVE**
forsidefoto, 8-9, 14, 22-23, 25, 26, 34, 38, 45, 47, 53, 58, 61, 66, 76, 78, 79, 80, 83, 84, 86, 87, 98, 99, 100, 106, 110, 113, 117, 119, 127, 130, 135, 136, 137, 138, 139, 140, 172, 174, 185, 186, 187, 188, 203, 204, 207, 208, 210, 220, 221, 222, 229, 230, 231, 232, 244, 245, 246, 247, 250, 252, 253, 254, 277, 287, 289, 292, 293, 307, 312, 313, 330, 332, 340, 342, 343, 344, 351, 352, 355, 357, 369, 370, 371, baksidefoto
- Statkraft**
27, 31, 32, 35, 41, 43, 48, 52, 56, 65, 90, 101, 149, 177, 197, 198, 235, 269, 272, 329, 372
- Statnett SF**
28, 42, 48, 71, 89, 105, 150, 151, 212, 214, 225, 227, 236, 270, 306, 307
- Steinar Johansen (for Nord-Trøndelag Elektrisitetsverk)**
314
- Steinar Rosseland, Statnett SF**
136
- Ståle Enge, Statnett SF**
52, 278, 280
- Svein Olav Arnesen, NVE**
209
- Svenn Erik Hagen, NVE**
271
- Tafjord Kraftnett**
154, 191, 193
- Trondheim Energi / Trondheim Energiverk**
37, 76, 120, 321, 322
- Trond Isaksen (Fotoeier: Statnett SF)**
55, 102

TrønderEnergi

266, 274

Voss Energi

42, 95

Vågsfjord Kraftselskap

342

Yngvar Hansen (Fotoeier: Norsk Jernbanemuseum)

316

Øivind Bernhard Andersen, NVE

Samtlige kart i Del 3 – utvalgte anlegg

Øyvind Ellingsen, Stavanger Aftenblad

294

Åge Andersen

125

Åsmund Wie, Jernbaneverket

316, 317, 318

Anleggsregister

for utvalgte anlegg i prosjektet

A

Alta 43, 100, 104, 141, 163, 249-254, 275, 349-350, 363-367
Asker 31, 33, 39, 122, 163, 179-183, 316, 333

B

Bogen 163, 219-223, 229, 231, 341
Borgvik 46-47, 63, 163, 239-242, 345-346, 348
Boris Gleb 46, 48, 163, 260-263
Børstad 38, 120, 283, 324-327

D

Dagali 101, 104, 161, 163, 268-272

F

Fardal 41, 43, 163, 255-259
Flesaker 36-37, 53, 76, 122, 180-181, 195-196, 198, 235-236,
283, 305, 328-332
Follafoss 38, 111, 118, 163, 184-188, 243, 303, 310-314, 322

G

Glomfjord 27, 33, 52, 111, 141, 149, 163, 175-178, 277-278,
280, 303, 312, 322
Grana 100, 163, 254, 273-275

H

Hakavik 31, 163, 179-183, 316, 333-336
Hammeren 29-31, 53, 97, 104, 112, 145, 163-168, 284
Hammerfest 4, 28-29, 43, 53, 141, 163, 201-205, 283,
349-353
Hasle 46-47, 53, 131-132, 163, 239-242, 283, 345-348
Hauen 38-39, 114, 117, 283, 299-304, 312, 340
Heggen 128, 283, 341-344
Hillevåg 135, 283, 368-371
Hol 19, 41-42, 45, 53, 76, 91, 98, 128, 153, 163, 206-211, 214,
237

I

Innset 4, 43, 45, 47, 128, 151, 163, 219-221, 228-233, 249,
341-342, 344

J

Järpstrømmen 46, 49, 55, 150, 163, 224-227, 239, 241

K

Kanstadbotn 4, 43, 47, 148, 163, 220-223, 228-233, 249, 342
Katterat 122, 283, 315-319, 335
Kirkenes 46, 48, 163, 260-263
Kristiansand 49, 55, 70, 77, 81, 156-157, 282-283, 358-362
Kvænanngen/Kvænangsbøtn 58, 100, 163, 249-254, 275,
349-353

L

Lysebotn 42, 163, 215-218, 291, 337-340

M

Moholt 37, 76, 120, 283, 296, 298, 320-323, 330-331
Mosvatnet 31, 113, 283, 290-294

N

Namsos 38, 118, 185, 187-188, 283, 303, 310-314
Nea 46, 49, 55, 150, 163, 224-227, 239-241
Nordreisa 163, 249-254, 275, 349
Nore 35-37, 39-40, 51, 53, 56, 65, 69, 76, 88, 97, 122, 143,
145, 149, 163, 195-200, 206, 237, 270-271, 305-309,
328-332
Nørve 37, 53, 121, 163, 190-194, 330-331, 340

O

Odda 33, 163, 169-174, 354-355, 357, 372
Orkdal 100, 163, 254, 264-267, 273-275
Oslo 18, 25, 35-37, 39, 41-43, 53, 56, 65, 68, 79, 89, 97-98,
104-105, 112, 115-120, 122-123, 126-128, 130, 132,
135-136, 145, 151, 163-168, 195-200, 206-214, 224, 235,
237, 239, 284, 286-288, 298, 305, 307, 309, 325, 328-330

P

Paulinelund 31, 37, 115, 121, 283, 295-298, 322, 331
Porsa 4, 43, 99, 163, 201-205, 349-351, 353

R

Refsdal 41, 43, 163, 255-259
Rød 46, 53, 131, 163, 208, 214, 234-238, 240-241, 302, 329,
345

S

Salten 51-52, 54, 63, 163, 230, 233, 251, 270, 276-280
Sautso 283, 363-367
Sengjanes 130, 172, 283, 354-357, 372
Sima 20, 51, 101, 104, 161, 163, 268-272
Skollenborg 33, 122, 180-182, 283, 308, 318, 333-336
Smestad 37, 39, 41, 65, 68, 71, 105, 122, 132, 195, 198-200,
206, 283, 288, 305-309, 328, 332
Snillfjord 163, 264-267
Sortlandsund 163, 219-223, 229, 341
Strinda 163, 243-248
Svartisen 52, 54, 60, 63, 135, 163, 176-177, 270, 276-280, 365

T

Tafjord 36-37, 44, 53, 154, 163, 190-194, 330-331

Tokke 33, 45-48, 53, 65, 73, 88, 145, 147, 163, 208, 214,
234-242, 302, 329-332, 345-346, 348

Tonsen 31, 112, 125, 165, 283-289, 307

Tronsholen 42, 128, 163, 215-218, 283, 291-292, 331,
337-340

Tunnsjødal 163, 243-248

Tysso 33, 56, 130, 163, 169-174, 354-357

V

Vinstra / Nedre Vinstra 41-42, 45, 89, 144, 148-149, 151, 163,
209, 211-214, 237, 325, 365

Kraftoverføringens kulturminner

Prosjektet *Kraftoverføringens kulturminner* tar for seg en viktig del av elektrifiseringen av Norge – oppbyggingen av det overføringssystemet som er bindeleddet mellom kraftstasjonene og forbrukerne. Fra pionertiden sist på 1800-tallet og frem til vår tid er det her skapt en rekke verdifulle og interessante kulturminner.

I denne boka, som er prosjektets sluttrapport, presenteres et utvalg overføringsanlegg av nasjonal kulturhistorisk verdi. Utvalget gjenspeiler utviklingen og mangfoldet av slike anlegg i Norge. I seks artikler beskriver vi også ulike sider ved utviklingen av norsk kraftoverføring og elektrisitetsforsyning. Til sammen dokumenterer dette norsk kraftoverførings historie både generelt og med eksempler på ulike anlegg og installasjoner.

Prosjektet er et samarbeid mellom Statnett SF, Energi Norge, Riksantikvaren og Norges vassdrags- og energidirektorat. Med dette prosjektet – og denne boka – ønsker vi å bidra til å øke kunnskapen om kraftoverføringens historie, og om den betydning elektrisiteten har hatt for utviklingen av det norske velferdssamfunnet. Vi håper at dette vil gi økt forståelse og interesse for bevaring og forvaltning av denne typen kulturminner.



ISBN 978-82-410-0728-6

Norges vassdrags- og energidirektorat
2010

