

Kulturminner i norsk kraftproduksjon



Kulturminner i norsk kraftproduksjon

NVE-rapport – nr. 52 – 2013

ISBN digital: 978-82-410-0921-1

ISBN trykk: 978-82-410-0922-8

ISSN: 1501-2832

Redaktører: Elisabeth Bjørsvik, NVIM, Helena Nynäs, NVE & Per Einar Faugli, NVE
Revidert utgave 2013

1. utgave utgitt 2006: NVE-rapport nr. 2/2006 ISBN 82-410-0547-4 / ISSN 1501-2832)

Design og ombrekking: Daniel Lund Ellingsen, NVE

Forsidefoto:

- Kraftstasjonen Sauda III. Foto: Ingeniør Chr F Grønners Stiftelse

Baksidefoto (fra venstre mot høyre):

- Hammeren kraftstasjon anno 1900.. Foto: NVEs arkiv
- Vemork kraftverk 1911. Foto: Nork Hydros fotosamling/Norsk Industrierbeidermuseum
- Turbinen – Drammenselva. Kunstnerisk utforming: Hans Martin Øien.
Foto: Per Einar Faugli 2013/NVE
- Dam Njåvatn. Foto: Ingeniør Chr F Grønners Stiftelse
- Portalbygg Svartisen kraftverk. Foto: Sissel Riibe 2009/NVE

© Norges vassdrags- og energidirektorat, 2013

Henvendelser om denne publikasjonen rettes til: NVE

Telefon: 09575

www.nve.no

e-post: nve@nve.no

Det må ikke kopieres fra denne utgaven i strid med åndsverksloven eller andre avtaler om kopiering inngått med Kopinor for rettigheter til åndsverk.

Forord

Sluttrapporten fra prosjektet *Kulturminner i norsk kraftproduksjon* forelå i 2006 og ble publisert som bok. Prosjektet ble ledet av NVE og var et samarbeid mellom Energibedriftenes landsforening (nå Energi Norge), Statkraft Energi AS, Hydro Olje & Energi (nå Norsk Hydro ASA), Riksantikvaren og Norges vassdrags- og energidirektorat (NVE).

Interessen for sektorens kulturminner er økende og det ble for en tid siden nødvendig med nytt opplag. Dette ga anledning til å oppdatere det faglige materialet og foreta en revisjon for å fremstille stoffet mer kortfattet. Vurderingene i prosjektet står imidlertid ved lag. Utgivelsen er i hovedsak beregnet for elektronisk publisering og er tilgjengelig på www.nve.no.

Kulturminner i norsk kraftproduksjon var den første av NVEs fire temaplaner om vassdrags- og energisektorens kulturminner. Temaplanene er et ledd i oppfølgingen av Regjeringens påpeking i Stortingsmelding nr. 16 (2004-05) *Leve med kulturminner*, om at forvaltningen av de tekniske sektorenes kulturminner skal styrkes.

Arbeidet med denne utgaven er forestått av en redaksjonskomité bestående av Elisabeth Bjørsvik, Norsk Vasskraft- og Industristadmuseum, Helena Nynäs og Per Einar Faugli, begge NVE. Utgivelsen er gjort i regi av etatens Museumsordning.

Juni 2013



Per Sanderud

Vassdrags- og energidirektør

Summary

Origins and objectives

The KINK Project is an evaluation of historic environments in Norwegian hydropower production. The project gives an overview of the industry, with emphasis on buildings and installations as well as their technological importance when they were built. It is a systematic site-by-site assessment of heritage value and importance of the hydropower stations on a national level. The scope of the project has been to outline the main periods of historical, political and technological development of hydropower production in Norway from the end of the 19th century until the present day. A second goal has been to assess more than 600 sites (<1MW) in order to present a representative list of sites. Its principal aims are:

- to provide a better understanding and comprehensive reassessment of the country's historic environments at hydropower production sites, using a classification system, providing a predictable and consistent management and public appreciation of their heritage value.
- to identify and present production sites of national importance.

The urgent need to record and protect historic industrial environments has been pointed out in several official documents over the last ten years. The Ministry of Petroleum and Energy expressed in its environmental statement (1999) "that a representative selection of the sector's historic environments is to be protected and receive responsible management and maintenance". Lately the government repeated the need in a government White Paper (St.meld. nr. 16 (2004-05)). Historic environments from several different sectors are poorly recorded or little understood, as well as under-represented in national records of historical environments and on the lists of scheduled monuments and sites. This will be improved by national projects on under-recorded and poorly-understood parts of our heritage. For many sectors this means new data collation and evaluations of the conservation and management opinions for the sites. The Norwegian Water Resources and Energy Directorate (NVE) is not an owner of such facilities, but it is the responsible environmental inspectorate authority. Protecting the historical environments is one of its responsibilities. The information and understanding of historical environments related to water resources and energy are inadequate. Thus it is difficult to take the necessary protective measures. To improve the situation, NVE commissioned the KINK Project (2003-2006) in collaboration with The Directorate for Cultural Heritage (Riksantikvaren) and the industry, represented by Energy Norway (earlier named the Norwegian Electricity Industry Association (EBL), Statkraft and Norsk Hydro ASA (earlier Hydro Oil & Energy).

Methods

The KINK Project has developed a system for classifying and assessing the hydropower plants based on chronology, whether the power plant has a reservoir or not and whether the plant has underground or surface siting of the powerhouse. A set of criteria was used in the analysis of the assessments, with emphasis both on technological, architectural and non-material history. The power plants are considered as a whole, but single components such as dams, tunnels or machinery may be given special attention.

Collecting and controlling the existing records and current knowledge was time-consuming. All information was fed into an electronic registration database used in the further assessment of the sites. At this stage the owners contributed with the knowledge of their sites.

Publications

The report is divided into two parts: management and legal aspects, an historical outline and a catalogue presenting the hydropower plants of historical importance on a national level.

The first part presents a review of government consultation documents and the requests for a better protection of our historic environment, as well as a presentation of the hydropower sector. The origins and the objectives for the KINK Project are described, as are the challenges and the various relevant legislation in this area. Looking ahead, we have pointed out four steps to improve the further management of the historical environments.

In the historical outline, the relevant political and economical aspects are described. The historical context is given and the development from the first attempts at hydropower production in 1877 until the present day. The planning and development of the plants are presented from the early developments of single waterfalls providing electric power to local industry, to later and more complex hydro power plants. Topics such as water course regulations, dam construction, rock excavation, production and transmission of electricity are reviewed. The conflict of interest with the natural environment, combined with an extended licensing system due to a revision of the Water Resources Act, has resulted in a major reduction in large, new developments. At the same time there is increased interest in small scale hydropower production. Environmental impacts of hydropower generation are referred from a historical perspective.

Mechanical equipment and how it functions in a hydropower plant are described, both the classification and technological development of the turbines and the industry, both in Norway and abroad. The electrical equipment used in a hydropower plant is also described, especially the development of the generator, the transformer, the switchgear and the control and monitoring equipment.

Power stations are a forgotten group of buildings. Many of them are monuments of great architectural value. In the rapport, they are compared with the architectural history of the last century. The role of the architect is discussed, as well as the different impulses and conditions that influenced the design of the power plants. Examples of different architectural styles are presented as well as the description of the architect's role in the construction of underground power plants.

The catalogue describes the evaluation process and the categories, epochs, power plant types and the criteria used. Every hydropower plant deemed to be of national historical importance is presented with specifications, a map, photos and history, as well as technical and architectural descriptions. The assessment of each site is emphasized.

Innhold

Forord		Vannkraftutbygging i Norge	35
Forord	3	Naturen som ressurs	35
Summary	4	Vannkraftverk og utbygging	36
Origins and objectives	4	Kraftverkstyper	37
Methods	4	Elvekraftverk	37
Publications	5	Magasinkraftverk	37
Del 1 Forvaltning og historikk		Magasiner	38
Innledning		Dammer	40
Avgrensning	10	Betongdammer	41
Epoker og kraftverkstyper	10	Steinfyllingsdammer	42
Kriteriene som vannkraftanleggene er vurdert etter	11	Inntak og tilløpssystem	43
	11	Kraftverksrør	43
Forvaltning av bevaringsverdige kraftverk		Tunneler	43
Vannkraftverk som kulturminner	13	Sjakter	45
Utfordringer	13	Svingesystem	45
Virkemidler	13	Kraftstasjon	46
Oppfølging av prosjektet Kulturminner i norsk kraftproduksjon	14	Kraftstasjoner i dagen	46
	15	Kraftstasjoner i fjell	47
Norsk vannkraft: Kultur og natur i samvirke		Nye verdier med gammelt utstyr	48
Å se ting i sammenheng	17	Vannkraft, natur og miljø	
1877-1906: Gjennombruddet	17	En krevende balansegang	48
1906–20: Storindustri og kraftkommunalisme	18	Miljøbevisstheten utvikles	48
Elektrisiteten og "den andre industrielle revolusjon"	21	Miljøkompetanse bygges opp	49
Kraftkommunalisme og konsesjonslovgivning	21	Lovgivningen moderniseres og forvaltningen styrkes	51
1921–45: Elforsyning i krise og krig	24	Miljøkonsekvenser	52
1946-65: Et nytt løft for storindustrien	26		53
1966-90: Slutt på den energipolitiske enigheten	27	Maskin og elektroteknikk	57
1991–2005: Kraftforsyningen under den nyliberale orden	29	Turbiner	57
	31	1800-tallets norske turbinleverandører og overgangen til 1900-tallets turbintyper	57
		1900-tallets norske vantturbineleverandører	58
		Dagens turbintyper i norske kraftverk	59
		Francis-turbin	59
		Francis-turbinene til Mørkfoss-Solbergfoss	60
		Norsk utvikling av Francis-turbin frem til i dag	61

Pelton-turbin	62
Norsk utvikling av Pelton-turbiner frem til i dag	62
Kaplan-turbin	63
Rørturbin	64
Pumpeturbin	64
Generatoren	64
Funksjon, vikemåte og teknisk utførelse	65
Horisontal og vertikal oppstilling	66
Likestrøm og Vekselstrøm	66
Transformatoren	66
Funksjon, plassering i produksjonssystemet og teknisk utførelse	66
Apparat- og koblingsanlegget	67
Funksjon og teknisk utførelse	67
Strømskinner og strømkabler	68
Kontrollanlegget	68
Manuell styring på brettet eller i kontrollrom	68
Driftssentralen	69
Moderne kontrollanlegg	69
Norsk kraftverksarkitektur	71
1882–99: Den første pionertid	71
1900–05: Arkitektene kommer	71
1906–20: Den romantiske og heroiske fase i arkitekturen	73
Kraftstasjonen som borg og slott	75
Kraftens katedraler	76
Brå overgang fra romantikk til nøkternhet	76
1920-årene og nyklassisismen	77
1930-tallet og funksjonalismen	78
1945–65: Etterkrigstiden	80
Nye kraftstasjoner i dagen etter 1965	81
Tilpasning til gammelt kraftverk og andre omgivelser	81
Kraftstasjoner i fjell	82
Utsmykning av kraftstasjoner siden 1950	86

Del 2 Katalog

Oversikt - kraftverk	90
Kuråsfossen I	92
Hammeren	96
Kykkelsrud	100
Dalsfos	104
Tysso I	108
Oltedal	114
Vemork	118
Bøylefoss	124
Vamma	128
Longerak	132
Herlandsfoss	136
Glomfjord	140
Nomeland	144
Rånåsfoss	148
Hakavik	152
Solbergfoss	156
Nore I	160
Sauda III	164
Skjerka	168
Nedre Fiskumfoss	172
Hol I	176
Nedre Vinstra	180
Nea	184
Skogfoss	188
Braskereidfoss	192
Alta	194
Svartisen	198



KRISTIANIA ELEKTRISITETSVÆRK

No. 1

Del 1

Forvaltning og historikk

Behovet for dokumentasjon og bevaring av teknisk-industrielle kulturminner er blitt fremhevet i en rekke offentlige dokumenter. I Olje- og energidepartementets miljøhandlingsplan fra 1999 er det uttrykt at "et representativt utvalg av sektorens kulturminner skal ivaretas og forvaltes på en faglig forsvarlig måte." Det har vært vanskelig å ivareta de kulturminnehensyn som miljøhandlingsplanen forutsetter, på grunn av manglende faglige oversikter og vurderinger av vassdrags- og energirelaterte kulturminner. Den manglende dokumentasjonen var bakgrunnen for at Norges vassdrags- og energidirektorat (NVE) initierte prosjektet Kulturminner i norsk kraftproduksjon – en evaluering av bevaringsverdige kraftverk (KINK).

Transformatorstasjon Tøyen, Oslo

Foto: NVE

Innledning

Prosjektet *Kulturminner i norsk kraftproduksjon* ble gjennomført i perioden 2003-2006 som et samarbeid mellom NVE, Energibedriftenes landsforening (nå Energi Norge), Statkraft Energi AS, Hydro Olje & Energi (nå Norsk Hydro ASA) og Riksantikvaren. NVE ledet prosjektet, som ble finansiert av NVE og kraftbransjen. Mandatet var å presentere kraftverk som er kulturhistorisk verdifulle i et nasjonalt perspektiv, og som er representative for de ulike historiske faser i vannkraftutbyggingen. Prosjektet beskriver således norsk vannkrafthistorie fra 1880-årene og fram til 2006. Kraftverkene representerer ulike epoker og utviklingstrekk innen norsk vannkraftutbygging. Utviklingen innen de tekniske fagfeltene, og dessuten innen arkitektur og samfunnsforhold, er dokumentert gjennom kraftverkene som presenteres. Dermed er alle historiske faser samt de teknologiske og arkitektoniske sider ved norsk kraftproduksjon omfattet av prosjektet. Prosjektet gir konsesjons- og kulturminnemyndigheter så vel som kraftverkseiere et bedre grunnlag for en helhetlig vurdering av kraftverkernes kulturhistoriske verdier. Resultatet gir økt forutsigbarhet for alle involverte parter og legges til grunn for den videre forvaltningen av de aktuelle kraftverkene.

Et kulturminne er i kulturminneloven (lov av 9. juni 1978 nr. 50) definert på følgende måte: *”Med kulturminne menes alle spor etter menneskelig virksomhet i vårt fysiske miljø, herunder lokaliteter det knytter seg hendelser, tro eller tradisjon til.”*

Kraftverkene ble evaluert som kulturminner. Totalt ble 27 kraftverk vurdert å være bevaringsverdige kulturminner. Resultatene ble presentert i boken *Kulturminner i norsk kraftproduksjon – en evaluering av bevaringsverdige kraftverk* (KINK) i 2006.

Boken er nå revidert. Målet er å fremstille stoffet mer kortfattet. I tillegg er den oppdatert på områder der det har skjedd en utvikling eller endring. Vurderingene foretatt i prosjektet står ved lag. For kilde- og litteraturhenvisninger samt fullstendige artikler, beskrivelser og evalueringer henvises til utgivelsen fra 2006. Den nye utgaven har i all hovedsak beholdt den opprinnelige strukturen, med artikler i første del, og deretter en nærmere presentasjon av de enkelte kraftanleggene. Artikkelen om ”Vannkraftutbygging i Norge” er supplert med et kapittel om ”Vannkraft, natur og miljø”.

Artiklene gir fordypning i forvaltning, historie, arkitektur, maskinteknikk og elektroteknikk. I katalogdelen presenteres bevaringsverdige kraftverk med kart, fotografier, historikk, teknisk utførelse og arkitektur. Begrunnelsen for utvelgelsen framgår i beskrivelsen av hvert enkelt kraftverk.

Avgrensning

Prosjektet omfatter vannkraftverk for elektrisitetsproduksjon. Nedlagte kraftverk er også vurdert. Et vannkraftverk er definert som et anlegg med de komponentene som er nødvendige for at kraftverket skal fungere. Det vil primært si magasin, dam, inntak, vannveier og kraftstasjon med maskintekniske og elektrotekniske installasjoner. Sekundært kommer boliger, administrasjonsbygning, infrastruktur og avbøtende tiltak. Evalueringen har ivaretatt denne helheten, selv om hovedvekten er forutsatt å ligge på de primære komponentene. Overføringslinjer og transformatorstasjoner nevnes kun kort i den historiske oversikten, men er ikke vurdert.

Epoker og kraftverkstyper

Norsk vannkraftshistorie fra 1880-årene er delt inn i seks epoker:

1. 1880-1905: gjennombruddet for norsk vannkraftproduksjon
2. 1906-1920: storindustri og utbygging i kommunal regi
3. 1921-1945: mellomkrigstiden og andre verdenskrig
4. 1946-1963: gjenoppbygging og industriutbygging etter andre verdenskrig
5. 1966-1990: strid om vannkraftutbygginger
6. 1991-: liberalisering og internasjonalisering

Kraftverkene er inndelt i kraftverkstyper, som først og fremst er bestemt ut fra om kraftverket har magasin eller ikke og om det er plassert i dagen eller i fjell; elvekraftverk i dagen, elvekraftverk i fjell, magasin kraftverk i dagen, magasin kraftverk i fjell.

Kombinasjonen epoke og type utgjør en kategori. I evalueringen er det imidlertid lagt mer vekt på epoke enn kraftverkstyper, slik at presentasjonen av kraftverkene er kronologisk.

Kriteriene som vannkraftanleggene er vurdert etter, er:

- | | |
|---|--|
| 1. Bygge- og anleggsteknikk
Typiske trekk ved de forskjellige epokene samt utvikling fra de første kraftverkene og frem til i dag skal være representert. | 7. Antall
Dersom bare ett eller svært få kraftverk gjenstår av en tidligere mer vanlig kategori, kan dette øke den kulturhistoriske verdien. |
| 2. Maskinteknikk
Turbiner med tilhørende utstyr, luker samt rørgater. | 8. Representativitet
Dersom det er et relativt stort antall av en bestemt type kraftverk eller en bestemt del av kraftverk, er det naturlig at de objektene som er best bevart, skal ha høyest verdi. |
| 3. Elektroteknikk
Generatorer, transformatorer, apparat-anlegg, kontrollanlegg. | 9. Miljø og landskap
Et kraftverk kan med tiden ha blitt et viktig innslag i landskapet. Kraftverket og landskapet er blitt en helhet. |
| 4. Arkitektoniske verdier
Både eksteriør og interiør. | 10. Tilgjengelighet
Tilgjengelighet kan vektlegges i evaluering av kraftverkets kulturhistoriske verdi, og da vanligvis større verdi for kraftverk som er lett tilgjengelige. |
| 5. Autentisitet eller grad av opprinnelighet
Dersom et kraftverk ikke har gjennomgått endringer siden det ble bygget, gir det en mulighet til å forstå teknisk og arkitektonisk nivå og stil på byggingstidspunktet. | 11. Ikke-teknisk historie
Noen kraftverk er forbundet med spesielle historiske forhold og hendelser. |
| 6. Kontinuitet
Et kraftverk kan ha blitt ombygd, rehabilitert eller på annet vis endret. Dette viser utvikling innen teknikk og arkitektur. Et kraftverk, eller to kraftverk nær hverandre, kan dermed vise eldre og nyere epoke i vannkraftutbygging. | |



Befaring av rørgaten i Høyanger 1917
Foto: Ingeniør Chr F Grønners Stiftelse

Forvaltning av bevaringsverdige kraftverk

Behovet for faglige vurderinger av statlige etaters kulturminner er uttrykt i flere stortingsmeldinger. Kulturminner knyttet til industri er svakt representert blant den fredete bygningsmassen, til tross for industriens store betydning for landets utvikling. I Olje- og energidepartementets miljøhandlingsplan fra 1999 heter det at "et representativt utvalg av sektorens kulturminner skal ivaretas og forvaltes på en faglig forsvarlig måte". Dette gjelder også vassdrags- og energirelaterte kulturminner og omfatter både dagens og tidligere tiders bruk av vassdrag og energi samt oljeindustriens kulturminner. Stiftelsen Norsk Oljemuseum er ansvarlig for å dokumentere oljebransjens kulturminner. NVE ved NVEs Museumsordning har tatt for seg oppgaven med å dokumentere og vurdere vassdrags- og energisektorens kulturminner. Arbeidet utføres på prosjektbasis og vil resultere i fire temaplaner der sektorens nasjonalt verdifulle anlegg dokumenteres og presenteres.

Vannkraftverk som kulturminner

NVE har et ansvar for å ivareta og forvalte vassdragsrelaterte kulturminner. NVE eier ingen kraftanlegg, men har foretatt en faglig evaluering av anleggenes kulturhistoriske verdier i et nasjonalt perspektiv. Eierne, kulturminne- og vassdragsmyndighetene har i oppgave å ivareta aktuelle kraftverk. Vannkraftsektoren skiller seg fra de fleste andre statlige sektorer når det gjelder eierforhold. Anleggene kan nemlig eies av kommuner, fylkeskommuner, statlige eller private selskaper, mens NVE er myndighetsutøver.

Kulturminner i norsk kraftproduksjon – en evaluering av bevaringsverdige kraftverk er et konkret resultat av NVEs ansvar for kulturminner relatert til vassdrags- og energisektoren. I tillegg har etaten igangsatt tilsvarende prosjekter for dammer, flomsikringsanlegg og kraftoverføringens kulturminner. I 2010 ble de to prosjektene *Kulturminner i vassdrag – Flom- og erosjonssikring, kanaler og miljøtiltak* og *Kraftoverføringens kulturminner* ferdigstilt. Prosjektet *Dammer som kulturminner* er under utarbeidelse, og forventes ferdigstilt i 2013.

De vel 600 kraftverkene i Norge på over 1 MW er fordelt på 140 kraftselskap. Den største eieren er Statkraft Energi AS med 75

kraftverk i Norge. I 2006 eide Statkraft seks av de 27 anlegg vurdert som bevaringsverdige i et nasjonalt perspektiv. Senere har selskapet ervervet eierandeler i ytterligere fire av kraftanleggene som da var vurdert. I 2008 igangsatte Statkraft et prosjekt med formål å utarbeide en landsverneplan som omhandler selskapets vannkraftanlegg. En landsverneplan skal danne grunnlag for fredning og bevaring. NVE utarbeidet forslag til en plan på oppdrag for Statkraft. Dette forslag, Landsverneplan Statkraft 2010, ble levert Statkraft, som per i dag har planen til behandling.

Utfordringer

Trusler mot eldre kraftverk er av både økonomisk og sikkerhetsmessig karakter. Kraftverkene enkeltvis har som andre bygninger, konstruksjoner og installasjoner behov for fysisk vedlikehold. Bygningsmassen og maskineriet er svært utsatt for skader, forvitring og korrosjon dersom de tas ut av drift. Samfunnet stiller stadig strengere sikkerhetskrav til vassdragsanlegg.

For anlegg med stor kulturhistorisk verdi er utfordringen å kombinere sikkerhets hensyn med kulturminnevern. En slik avveining er oftest aktuell for dammer som ikke tilfredsstiller dagens sikkerhetskrav, og

for rørgater som fases ut. Men den kanskje største trusselen er endret drift, både på grunn av ny teknologi og nye rammebetingelser. Det kan være mer lønnsomt å rive det gamle anlegget og erstatte det med et nytt anlegg, eller å fase ut maskineriet og sette inn et nytt aggregat.

Prosjektet *Kulturminner i norsk kraftproduksjon* presenterer et representativt utvalg av bevaringsverdige kraftverk i Norge. Kraftverk som ikke blir presentert, kan likevel ha store kulturhistoriske verdier som det bør tas hensyn til. Mange eiere er bevisste på sitt kulturminneansvar, slik at flere gamle kraftverk er bevart på lokalt initiativ. Dette har betydd mye for bevaringen av denne kategorien tekniske kulturminner i Norge.



Detalj fra Solbergfoss kraftstasjon. Foto: Helena Nynäs/NVE

Virkemidler

En faglig evaluering alene er ikke tilstrekkelig for å bevare et kraftverks kulturhistoriske verdier. Det krever bevissthet om verdiene og aktiv oppfølging fra både eiere og myndigheter. Formålet med og omfanget av bevaringen må defineres, og det er behov for dialog mellom de aktuelle aktørene og en

realistisk vurdering av kostnader og hvilke virkemidler som vil være mest formålstjenlige. Bevaring av hele eller deler av et anlegg kan skje på flere måter. Bevarings tiltak er både dokumentasjon (tegninger, skisser, beretninger, beskrivelser, bilder, kart med mer), bevaringshensyn satt som vilkår ved konsesjonsbehandling, regulering til spesialområder eller hensynssoner og fredning. Aktuelle aktører er eierne, kommunene, kulturminnemyndighetene og vassdragsmyndighetene.

Som planleggings- og reguleringsmyndighet er kommunen den viktigste forvalteren av kulturhistoriske verdier. Vedtak om fredning hjemles i kulturminneloven, håndteres av kulturminnemyndighetene og innebærer at kulturminnet/kulturmiljøet eller deler av det skal bevares slik det er på fredningstidspunktet, og gir bestemmelser for istandsetting, vedlikehold og sikring. Ved alle fredningsvedtak er det viktig med detaljerte beskrivelser av hva som er formålet med fredningen, å regulere hva som er tillatt, og å presisere hvem som er ansvarlig for det videre vedlikeholdet og den videre driften av anlegget.

NVE kan med utgangspunkt i lovverket sette vilkår for å motvirke skader eller ulemper for allmenne eller private interesser. Som myndighetsutøver kan NVE ved konsesjonsbehandling sette vilkår om at eiere/tiltakshavere tar hensyn til, og igangsetter tiltak for å bevare, kulturminneverdier. I praksis vil det si at NVE ved behandling av søknader om ny utbygging, rehabilitering, opprusting, utvidelse og nedleggelse av vassdragsanlegg kan sette vilkår om kulturminnehensyn. Dette skal sikre at kulturhistoriske verdier knyttet til bevaringsverdige kraftverk eller enkeltkomponenter ved kraftverk ikke går tapt eller blir forringet. Erfaringene fra behandlingen av slike saker er at tiltakshavere ofte er bevisst anleggenes verdi og selv foreslår løsninger for å sikre kulturhistoriske verdier. Det kan på den annen side være motstridende interesser mellom forskjellige allmenne hensyn, som for eksempel naturvern og kulturminnevern,

blant annet ved nedleggelse av gamle anlegg. En interesse for vern av naturen kan føre til et ønske om at et anlegg skal fjernes helt, mens kulturminnehensyn tilsier bevaring av sporene etter tidligere aktivitet. Andre motstridende hensyn er for eksempel sikkerhet og kulturminnevern. Dette kan være tilfelle for gamle dammer og rørgater som ikke tilfredsstillers dagens sikkerhetskrav. Det kan likevel være mulig å finne løsninger som tilfredsstillers begge hensyn. Det vesentlige er at kulturminneverdiene blir kjent, formidlet, anerkjent og at det inngås dialog om ivaretagelse med kulturminnemyndigheter.

Per 2013 har to store kraftstasjoner i Norge formell fredningsstatus, helt eller delvis. *Tysso I*, i Tyssedal ved Sørfjorden i Hardanger, er utfaset og inngår i museal virksomhet (Norsk Vasskraft- og Industri-stadmuseum). Kraftstasjonsbygningen og noen andre bygninger, turbinene, generatorene og rørgaten med mer er fredet. Det andre anlegget, *Såheim* på Rjukan, er modernisert i takt med tiden. Der er kraftstasjonsbygningen som sådan fredet, det gjelder eksteriør og delvis interiør, men ikke installasjoner som turbiner og generatorer.

I tiden etter 2006 inngår begge de store kraftstasjonene Såheim og Vemork på Rjukan, samt *Tysso I*, i det vannkraft- og industrihistoriske området kalt "Rjukan-Notodden og Odda-Tyssedal" som siden 2010 er innskrevet på UNESCOs tentative liste for verdensarv. Andre vannkraftanlegg har også fått oppmerksomhet som spesielt viktige kulturminner. Det gjelder kraftstasjonen *Tinfos II* som inngår i fredningen av *Tinfos kulturmiljø* på Notodden, Telemark. Denne kulturmiljøfredningen forventes sluttbehandlet i 2013. Nevnes bør også at fra 2010 inngår kraftstasjonen *Kuråsfossen I* i UNESCOs verdensarvområde "Røros bergstad og Circumferensen".

Oppfølging av prosjektet Kulturminner i norsk kraftproduksjon

Prosjektet bør følges opp med konkrete handlinger. Evalueringen av kraftverkene bør

ligge til grunn for eiernes videre forvaltning og bruk av anleggene. Den offentlige forvaltningen bør videre etterstrebe å finne løsninger som forener eierens ønsker om eventuell utfasing, modernisering eller drift med bevaring av anleggenes historiske verdier.

Siden 2006 har NVE gjort en intern utredning som har klarlagt de formelle virkemidler NVE har for å bidra i ivaretagelsen av de utvalgte 27 kraftanleggenes kulturminneverdier. I tillegg arbeider NVE med å bekjentgjøre anleggenes kulturminneverdier internt slik at oppfølging skal sikres når NVE har aktuelle saker til behandling. Slutt-rapporten i form av boken *Kulturminner i norsk kraftproduksjon* er sendt alle fylkeskommuner og aktuelle kommuner samt eierne av de 27 vannkraftanleggene.

Kort oppsummert er det innen konsesjonsbehandling at NVE har de sterkeste virkemidlene med hensyn til ivaretagelse, og handlingsrommet er størst ved fornyelse og revisjon av konsesjoner. Ved revisjon og/eller fornyelse av konsesjoner skal NVE påse at eier/tiltakshaver tar hensyn til det aktuelle anleggets kulturminneverdi, og NVE skal oppfordre eier/tiltakshaver til dialog med kulturminnemyndighetene om planer og tiltak.

Kulturminnemyndigheter, spesielt Riksantikvaren, spiller en viktig rolle og har et hovedansvar når det gjelder bevaring av landets kulturminner, herunder også vannkraftanlegg. I 2007 innledet NVE en dialog med Riksantikvaren om prosjektoppfølging. Riksantikvaren og NVE etterstreber å samarbeide når konkrete saker som berører de utvalgte anleggene oppstår. Men bevaring av et vannkraftanlegg må i stor grad basere seg på interesse og frivillighet fra eiernes side. Når fysisk bevaring av de utvalgte anleggene ikke er mulig å oppnå er kulturminnefaglig dokumentasjon et viktig virkemiddel. Et krav om kulturminnefaglig dokumentasjon kan NVE stille i slike tilfeller, og kravet kan bli stilt i forbindelse med konsesjonsbehandling. NVE arbeider med konkretiseringen av et slikt krav.

Vemork kraftstasjon mai 1911 før vannet ble ledet inn i vannkraftsystemet.
Foto: Anders Beer Wilse. Eier: Norsk Folkemuseum



Norsk vannkraft: Kultur og natur i samvirke

Kraftverk i kontekst 1877–2005

Av Lars Thue

Forfatteren gjør rede for de politiske, økonomiske og samfunnsmessige forholdene som har hatt betydning for utviklingen innen norsk vannkraft. Artikkelen plasserer den norske anvendelsen av vannkraft for elektrisitetsproduksjon inn i en historisk kontekst og beskriver utviklingen i Norge fra 1877 og fram til 2005.

Å se ting i sammenheng

Noen gjenstander, både store og små, får en egenverdi nettopp på grunn av sine koplinger til andre ting, til dramatiske hendelser, interessante personer, sosiale situasjoner – eller til hele historiske perioder. De er kulturminner. Kulturminner kan utløse og stimulere forestillinger og kunnskap om sin sammenheng, samtidig som mer kunnskap om sammenhengene kan øke verdien og gleden ved kulturminnet.

I denne artikkelen skal vi forsøke å gi en bred oversikt over norsk kraftproduksjons historie, en slags fortolkningssammenheng både for de ingeniørfaglige framstillingene av teknikkhistorien og for den mer konkrete beskrivelsen av enkelte kraftverk. Artikkelen gir altså en av flere kontekster som de registrerte kraftverkene kan ses i sammenheng med.

Det første kulturminne fra norsk elektrisitetsforsynings historie ligger i en eske på lageret til Norsk Teknisk Museum ved Kjelsås i Oslo. Det er den ene av de to såkalte Jablotschkows buelampene som ingeniør Olaf M. Holwech i 1877 koplete til en Grammedynamo på Lisleby Brug ved Fredrikstad. Til sammen ga de to lampene en lysstyrke på "250 Gasblus eller 2 000 stearinlys". Det var første gangen elektrisk lys ble tent i Norge.

Svartisen kraftverk i Nordland ble satt i drift i 1993 og er et av de nyere kulturminnene i norsk kraftproduksjon. Mens kraftforsynings første kulturminne ligger i

en skuff, representerer Svartisen kraftverk et storslagent samvirke mellom natur og kultur. Kraftverket har et nedbørfelt på 560 kvadratkilometer og 100 kilometer med tunneler under fjelloverflaten. Den elektrisitetsproduserende generatoren på 350 MW, landets største, samarbeider med topografi, nedbør og en 125 meter høy steinfyllingsdam om å produsere mer enn 2 TWh elektrisk energi årlig. Naturen er ofte en dominerende del av vannkraftverkene, og grensene mellom natur og kultur er sjelden lette å trekke.

Det kan selvsagt være grunn til å spørre om den uanselige buelampen egentlig er noe kulturminne – og om den i det hele tatt er bevaringsverdig. Det var den russiske ingeniøren Pawel N. Jablotschkow som konstruerte lampen, den var altså ikke norsk, og det finnes sikkert mange buelamper av denne typen rundt omkring i verdens mange tekniske museer. Når de fleste av oss vil mene at buelampen fra Lisleby bør tas vare på (og kanskje til og med få en mer verdig plassering enn i en bortgjemt eske), er det fordi vi knytter den opp til en større sammenheng og historie, en kontekst, som vi synes er viktig: Fra akkurat denne buelampen skinte det aller første elektriske lyset i Norge – på et sagbruk utenfor Fredrikstad.

Svartisen kraftverk er imponerende i seg selv og vil fascinere de fleste uten noen omfattende tekstlig dokumentasjon. Men kraftverket kan også ses som et uttrykk for sammensatte ingeniørfaglige, miljømessige,

juridiske, politiske, økonomiske, sentral- og lokalpolitiske prosesser mot slutten av det tjuende århundre. Og ikke minst forteller Svartisen kraftverk om anleggsarbeidets høye tekniske nivå. Bare et lite eksempel: I 2005 er fortsatt ikke det planlagte andre aggregatet i kraftverket installert. Hovedgrunnen til dette er innføringen av et markedsbasert kraftregime i 1991. Eierne Statkraft fikk ved denne korsveien til oppgave å drive forretningsmessig. Under det tidligere sektorregimet hadde bedriften også et særlig samfunnsmessig ansvar for landets kraftbalanse. Hadde vi fortsatt hatt det gamle regimet, ville kanskje også det andre aggregatet vært på plass. Alt er gjort klart...

1877–1906: Gjennombruddet

Den gamle buelampen på Norsk Teknisk Museum er et godt utgangspunkt for å skissere noen trekk ved elforsyningens historie i årene da denne nye energiformen hadde sitt gjennombrudd i Norge. Slik som



*Jablotschkows buelampe.
Foto: Norsk Teknisk Museum*

all den første kraftproduksjonen var det lille anlegget ved Lisleby Brug et privat og bedriftsinternt anlegg. Rett etter at Lisleby Brug hadde introdusert elektrisiteten i landet, i henholdsvis 1878 og 1879, fikk de to industribedriftene Bentsebrug og Christiania Seildugsfabrik ved Akerselva sine bedriftsinterne lysanlegg. Slik som ved Lisleby Brug ble de drevet av dampmaskiner, gjerne de som allerede drev andre maskiner, ikke av vannkraft. Disse anleggene var typiske for sin tid, med små likestrømsdynamoer som produserte elektrisitet for belysning for en enkelt industribedrift.

Senjens Nikkelverk bygde et lite kraftverk i Hamn på Senja høsten 1882, angivelig det første vannkraftverket både i Norge og i Europa. Det som er tilbake som kulturminne fra kraftverket, er heller ikke så imponerende. Bare en liten steindemning ved Storvatnet står. Også i Hamn var det en Gramme-dynamo som produserte strømmen, mens Jablotschkows buelamper sendte sine kraftige stråler over verkets driftsbygninger, i kaiområdet og ved bedriftens malmlager. Kapasiteten på anlegget var omkring 6,5 kW.

Det første elektrisitetsverket som solgte strøm til vanlige abonnenter, var Laugstol Brug ved Skien. Vannkraftverket ved denne treforedlingsbedriften kom i drift i 1885 og representerte en overgangsfase mellom det bedriftsinterne kraftverket og det egentlige elektrisitetsverket som bare produserer for salg. Laugstol Brug var en treforedlingsbedrift med behov for egen strømforsyning, men ved hjelp av to dynamoer, hver med forsyning til 150 glødelamper, fikk kraftverket en så stor kapasitet at det også kunne forsyne andre abonnenter i Skien. Både dynamoene og glødelampene var utenlandske. En ny teknologi som i internasjonal sammenheng hadde vokst fram siden slutten av 1860-årene, hadde dermed for alvor blitt introdusert i Norge. Den driftige lederen av Laugstol Brug og initiativtakeren til elektrisitetsverket var ingeniør Gunnar Knudsen. Knudsen ble senere både stortingsmann og statsminister og fikk en betydelig rolle innen norsk elektrisitetsforsyning.



På øya Senja i Troms finnes rester etter Norges første vannkraftdam. Foto: Per Einar Faugli/NVE

Fram til begynnelsen av 1890-tallet fantes det ingen statlige reguleringer av elektrisiteten. En av grunnene var selvsagt anleggenes private karakter. Dette betydde ikke at offentligheten var ukjent med hva som foregikk på denne teknologifronten. De ”elektriske fenomener” og nyvinninger både i Norge og i utlandet ble hyppig omtalt i de vanlige avisene. Mange var dessuten vel kjent med telegrafene som det statlige Telegrafvesenet hadde drevet siden 1855. For utbredelsen av elektrisiteten var det likevel viktigere at det på slutten av 1800-tallet raskt vokste fram faglige miljøer og en bred teknisk offentlighet med foreninger, tidsskrifter og etter hvert også skoler som formidlet kunnskap om elektrisitetens muligheter. Å kople et par lysbuelamper til en dynamo ved Lisleby Brug krevde ingen stor ingeniørkunst, men det ble nødvendig med større faglig kyndighet etter hvert som installasjonene og teknologien ble mer komplisert og måtte tilpasses ulike bruksformål.

I publikasjoner som Polyteknisk Tidsskrift, Norsk Teknisk Tidsskrift, Teknisk Ukeblad og Elektroteknisk Tidsskrift og dessuten i de tekniske foreningene var det også omfattende debatter om teknologivalg som måtte gjøres, for eksempel hvorvidt det var gass eller elektrisitet som var mest hensiktsmessig til belysning. Gassverk var blitt etablert i en rekke norske byer fra midten av 1850-tallet, blant annet i hovedstaden i 1848, i Trondhjem i 1851, i Fredrikshald i 1853 og i Kristiansand i 1857. Mot slutten av 1800-tallet ble gassbelysningen stadig forbedret, og det var lenge uvisst hvilken av de to belysningsformene som ville gå av med seieren. Vannkraft som ”trykkraft” var også diskutert. Så sent som i 1882 foreslo senere kanaldirektør Gunnar Sætren at Kristiania skulle forsynes med vannkraft ved hjelp av en 16 kilometer lang tunnel fra Øyeren ved Lillestrøm til et uttak i Ekebergåsen 75 meter over havet. Herfra skulle vannet distribueres

rundt omkring i byen i rør og gi tilstrekkelig trykk til å drive små og billige vannmotorer.

Av større interesse var de ofte svært skarpe debattene om de såkalte sentralstasjonene kontra de mindre blokkstasjonene, om varmekraft kontra vannkraft og om det var likestrøm eller vekselstrøm som representerte framtiden. Blokkstasjonene var private, små anlegg som forsynte en bygård eller en større forretning, mens sentralstasjonene var større kraftverk som gjerne forsynte flere hundre abonnenter i et byområde. Det var den kjente amerikanske oppfinneren og ingeniøren Thomas Alva Edison som i 1882 hadde anlagt den første sentralstasjonen, kalt Pearl Street Station i New York. Dette var det aller første "rene" elektrisitetsverket, der hovedformålet var å selge strøm til andre. Debattene kunne være harde, men relativt tidlig vant kombinasjonen av sentralstasjon, vannkraft og vekselstrøm fram som den

"norske" tilpasningen til en i all hovedsak internasjonalt utviklet teknologi. Flere av de fremste ingeniørene som deltok i disse debattene, og som tok fatt på byggingen av de første kraftverkene, var utdannet ved tekniske høyskoler i utlandet, først og fremst i Tyskland. Det gjaldt for eksempel Thomas Norberg Schulz. Han var direktør for hovedstadens elektrisitetsverk, som sto ferdig i 1892, og ble senere elektrisitetsdirektør i Norges vassdrags- og elektrisitetsvesen (NVE).

Som tidligere nevnt fikk hovedstaden sitt elektrisitetsverk i 1892. Det var et dampmaskindrevet varmekraftverk som produserte 110 volt likestrøm, og som var temmelig typisk for sin tid. Men det er interessant å merke seg at Hammerfest kommune var tidligere ute enn hovedstaden. Allerede i februar 1891 kunne befolkningen i byen glede seg over lyset fra byens vannkraftverk – til og med overført til byen med vekselstrøm

Norsk ingeniørutdanning

De første skolene som ga en høyere teknisk utdanning i Norge var Trondhjem Tekniske Lærestanstalt, grunnlagt i 1870, og Kristiania Tekniske Skole og Bergens Tekniske Skole som begge ble grunnlagt i 1870-årene. De tre skolene var mest kjent under sine initialer – TTL, KTS og BTS. Trondhjem Tekniske Lærestanstalt ble fra 1890 utvidet til en fireårig skole etter tysk høyskolemønster. Etter hvert fikk de norske tekniske skolene elektrisitetslære inn i pensum. Stortinget vedtok i år 1900 å opprette en teknisk høyskole med opptak basert på eksamen artium. Forslaget om å opprette en teknisk høyskole ble tatt opp av Stortinget allerede i 1833, men det tok 67 år før Norges Tekniske Høgskole (NTH) i Trondheim ble en realitet. Høyskolen åpnet sine porter i 1910 med utdanning av sivilingeniører og arkitekter.



De første bygningene til NTH. Foto: Riksantikvaren

over en strekning på 1,2 kilometer. Nettopp i 1890-årene begynte elektrifiseringen av byene i Norge for alvor. Og det var lys som var av første interesse, både til gatene, de offentlige bygningene, til næringslivet – og til det bedre borgerskap. Fram mot århundreskiftet ble det bygd elektrisitetsverk i rundt 20 byer, omtrent halvparten private og halvparten kommunale.

I 1890-årene begynte også myndighetene og politikerne på riksplan for alvor å interessere seg for den nye teknologien. Stortingsrepresentant Gunnar Knudsen hevdet på Stortinget i 1892 at staten burde begynne å kjøpe opp fosser, ikke minst for å kunne ha vannkraft parat til den framtidige elektrifiseringen av jernbanene, men også for å komme de såkalte fossespekulantene i forkjøpet. Slik kunne industri og annet næringsliv sikres rimelig forsyning av kraft. Stortinget vedtok i første omgang bare å bevilge penger til innkjøp av vannfall for produksjon av elektrisitet for jernbanedrift.

Den første loven som hadde elektriske anlegg som reguleringsobjekt, var "Lov om foranstaltninger til betryggelse mod fare ved elektriske anlæg" fra 1891. En mer omfattende lov kom i 1896, samtidig som det ble opprettet et eget elektrisitetstilsyn. Allerede i 1887 hadde landet fått en vassdragslov som også bidro til å legge til rette for industriens bruk av vannkraft. Men utformingen av loven kom før de folkevalgte helt hadde forstått hvilke verdier som lå i vannkraften når det gjaldt å produsere elektrisitet. Lovgiverne hadde hatt i tankene den tradisjonelle bruken av vannkraft til drift av turbiner direkte tilkoplede maskinene. Å utnytte vannkraften på denne måten var, sammen med bruken av dampmaskinen, typisk for det som kalles "den første industrielle revolusjon".

1906–20:

Storindustri og kraftkommunalisme

Når 1906 er brukt som et periodeskille for den første fasen i vannkraftshistorien, er det blant annet fordi man dette året innledet en omfattende, langvarig og politisk kontro-

versiell lovgivningsprosess som i høy grad endret vår vassdragslovgivning. Bakgrunnen for denne prosessen var de nye og store industrielle investeringer i vannkraften – og de mange spekulative fossekjøpene knyttet til denne storindustrien. På denne tiden hadde det statlige Kanalvesenet hovedansvaret for forvaltningen av landets vassdrag, i tillegg til at institusjonen bygde og vedlikeholdt landets fåtallige kanaler. Fram til 1906 hadde imidlertid statens engasjement i sektoren vært begrenset. Det var kommuner og private aktører som hadde stått for elektrifiseringen i byene, mens private bedrifter utenfor byene stort sett selv hadde sørget for sin forsyning. Fra nå av vokste det fram en klarere todelt elektrisitetsforsyning der både teknologien, bruken, lovgivningen og eierskapet tok andre former. Staten deltok aktivt, primært som lovgiver og regulerende myndighet, men også i noen grad som utbygger og operatør.

Perioden 1906–20 var i hovedsak en lang høykonjunktur. Kommunene hadde gode skatteinntekter og ble for øvrig begunstiget av landets topografi. Karakteren av Norges vannkraftressurser ga sitt bidrag til bransjens todeling. På den ene side hadde landet en rekke betydelige vannfall som kunne reguleres ved hjelp av billige høyfjellsmagasin. Disse fallene var godt egnet til industriens store utbygginger. På den annen side fantes det vassdrag spredt rundt i landet med mindre og rimelig utbyggbare fall – godt egnet for lokal og kommunal kraftutbygging i den tidlige fasen av elektrifiseringen.

Elektrisiteten og "den andre industrielle revolusjon"

Det vokste i denne perioden fram en privat, kommersielt drevet storindustri med basis i elektrokjemiske og elektrometallurgiske produksjonsprosesser. Betydelige norske forretningstalenter som Knud Bryn, Sam Eyde, Ragnvald Blakstad, Sigurd Kloumann og Fredrik Hiorth var avgjørende for en rekke av de store industriprosjektene. Bortsett fra Blakstad, som hadde økonomutdannelse, var de alle svært dyktige ingeniører, og alle var utdannet i utlandet. Som ingeniører



Såheim (Rjukan) før utbyggingen i 1907. Foto: Anders. Beer Wilse, 1892.

Utlånt fra Øst-Telemarken Brukseierforening

evnet de å se elektrisitetens mange muligheter før de fleste andre. Den elektrokjemiske og elektrometallurgiske industrien hørte med til den vitenskapsbaserte industrien som var karakteristisk for det som gjerne kalles "den andre industrielle revolusjon". I samtiden ble de storindustrielle gründerne også, med en viss rett, kalt "fossespekulanter". De kjøpte og samlet rettigheter i vannfall som var egnet til utbygging for industrielt bruk, og prisen som de lokale grunneierne fikk, de var som oftest bønder, var sjelden noe å skryte av.

I de fleste store industrietableringene var det involvert en betydelig andel utenlandsk kapital, ikke minst var miljøet knyttet til de svenske brødrene og investorene Marcus og Knut Wallenberg og den svenske forretningsmannen Knut Tillberg sentralt i finansieringen av flere prosjekter. Brødrene Wallenberg hadde store eierinteresser i den svenske elektrotekniske bedriften Allmänna Svenska Elektriska Aktiebolaget (ASEA) og

ønsket norsk kraftutbygging med svenske generatorer. Verken norske banker eller kapitalister maktet investeringer av den størrelsesorden det her dreide seg om, selv om kapitalrikeligheten i landet økte raskt gjennom den første verdenskrig. Det utviklet seg altså et norsk-svensk miljø av ingeniører, forretningsmenn og finansfolk som i ulike allianser kom til å dominere mye av den tidlige kraftkrevende industrien.

Etableringen av Det Norske Aktieselskab for Elektrokemisk Industri i 1904, i dagligtale kalt Elektrokemisk, som senere ble til Elkem, er kanskje det klareste uttrykket for den nye industrielle vannkraftepoken. Elektrokemisk var ikke bare fødselshjelper for Norsk Hydro, men også for en rekke andre foretak. Foruten Sam Eyde og brødrene Wallenberg var også Knut Tillberg med på å finansiere denne bedriften. Tillberg var for øvrig senere tungt involvert i kraft- og industriutbygging i Glomfjord. Staten ved NVE overtok dette anlegget på 1920-tallet, men fikk store



Rjukan tidlig på 1950-tallet. Foto: utlånt fra Øst-Telemarkens Brukseierforening

problemer med å få det til å lønne seg.

Karbid, kunstgjødsel og aluminium var hovedproduktene fra denne elektrisitetsbaserte storindustrien. A/S Hafslund startet produksjon av kalsiumkarbid i 1899 med kraft fra sitt kraftverk ved Sarpsfossen i Glomma. Knud Bryn var den sentrale entreprenøren, eller gründeren, bak dette prosjektet, som for en stor del ble finansiert med tysk kapital. Acetylgass framstilt av karbid konkurrerte i en kort periode fra slutten av 1800-tallet med elektrisiteten som belysningskilde. Acetylgassen ble etter hvert også brukt til sveising. Karbiden kunne dessuten videreføres til cyanamid, som igjen var utgangspunkt for produksjon av blant annet kunstgjødsel og sprengstoff. I 1908 etablerte britiske Sun Gas Company landets største karbidfabrikk i Odda. Fabrikken fikk kraft fra A/S Tysefaldenes kraftverk i Tyssedal som kom i drift samme år. Ragnvald Blakstad var drivkraften bak etableringen av dette kraftselskapet.

Kunstgjødsel produsert ved hjelp av en

elektrisk lysbue fra kalkstein og nitrogenet, eller "salpeteret", i lufta var den teknologiske nyvinningen som la grunnlaget for Norsk Hydros etableringer på Notodden i 1907 og på Rjukan noen få år senere. I tillegg til hovedmannen bak Norsk Hydro, Sam Eyde, var Kristian Birkeland, professor i fysikk ved Universitetet i Oslo, sentral i utviklingen av denne metoden for nitrogenproduksjon.

En av de unge ingeniørene som var engasjert av Eyde ved utbygginger for Norsk Hydro, Sigurd Kloumann, var senere initiativtaker til kraftselskapene A/S Saudefaldene og A/S Høyangfallene. Han var også hovedmannen bak det norske selskapet Norsk Aluminium Co. som startet opp i 1915, planlagt med kraft fra Høyangfallene. På dette tidspunktet var det allerede flere aluminiumsfabrikker i drift: A/S Stangfjordens elektrokemiske Fabrikker i Sunnfjord (1906), A/S Vigeland Brug ved Kristiansand (1907) og Det norske Nitridaktieselskap i Eydehavn i Arendal (produksjon fra 1913). Sam Eyde og Elektrokemisk sto sentralt i etableringen

av det siste selskapet, som fikk kraft fra Bøylefoss kraftverk (i drift fra 1913), eid av Arendals Fossekompagni, som igjen var eid av Elektrokemisk.

Installasjonene i de nye kraftverkene var store, og som oftest var det på denne tiden bare utenlandske leverandører som kunne tilvirke turbiner, generatorer og transformatorer av tilfredsstillende kvalitet og størrelse. I noen tilfeller var imidlertid periodetallet (Hz) fra generatorene lavere enn i det vanlige strømnettet. (Se mer om perioder i Thorleif Jenssens artikkel.) Mange av industriens kraftstasjoner var også isolert fra de stadig voksende nettene for alminnelig forsyning som brakte elektrisiteten fram til vanlig næringsvirksomhet og til hus og hytter rundt omkring i landet. Men det var unntak fra dette. A/S Hafslund ble for eksempel en betydelig leverandør av kraft til alminnelig forsyning i Østfold med kraft fra kraftverkene Kykkelsrud (fra 1903) og Vamma (fra 1915).

Rundt de storindustrielle bedriftene voks-

te det fram såkalte "ensidige industristeder" som Rjukan, Odda, Høyanger og Sauda. Plasseringen var betinget av nærhet til gunstige vannkraftkilder, vannkraft som både var billig å regulere og gjerne hadde stor fallhøyde, slik som innerst i de vestlandske fjordarmene – eller på Rjukan. Disse stedene hadde sin særegne sosiale struktur, med sitt ensidige næringsliv, sine klare sosiale klasse-skiller og med bedriften som en allestedsnærværende institusjon. Stedene lå ofte kommunikasjonsmessig isolert i trange fjordarmer og med jordbruksamfunnet tett inn på kroppen.

Kraftkommunalisme og konsesjonslovgivning

En sterk tradisjon for lokalt selvstyre ga gode vilkår for lokalt engasjement og samarbeid om utbygging og infrastrukturer i Norge, enten det var tale om veier, telefon eller elektrisitet. Parallelt med de lokale elektrisitetsverkene vokste det fra slutten av 1800-tallet fram flere hundre lokale telefon-



Høyanger anno 1917. Anleggsarbeidene med rørgaten er påbegynt og enkelte boliger og andre bygninger er under oppføring. Foto: Ingeniør Chr F Grønners Stiftelse

foreninger. Små, gjerne kommunale elektrisitetsverk ble den andre delen av den todelte elforsyningen tidlig på 1900-tallet. Verkene distribuerte strøm til alminnelig forsyning, altså til det meste – bortsett fra til storindustrien. I den grad disse verkene var private, var de ofte organisert som andelslag. De skulle skaffe billig strøm til eierne, ikke tjene penger. På samme måte som for storindustrien gikk elektrifiseringen hurtig også når det gjaldt den alminnelige forsyningen i tiden etter 1905.

Etter unionsoppløsningen i 1905 og fram til 1920 var Venstre det dominerende politiske partiet i Norge, og partiets mangeårige statsminister Gunnar Knudsen var utvilsomt landets mektigste politiker. Knudsen var samtidig en foregangsmann for landets elektrifisering. Det er tidligere nevnt at han var grunnleggeren av det første elektrisitetsverket i Norge som solgte strøm til vanlige abonnenter, Laugstol Brug, og at han i 1892 tok initiativ til at staten skulle gå til innkjøp av gunstig beliggende vannfall. Knudsen var også hovedmannen bak etableringen av Skiensfjordens kommunale kraftselskap i 1912. Som et interkommunalt foretak var dette en nyskapning for sin tid. Knudsen bidro også som statsminister på ulike måter til at staten aktivt engasjerte seg i elektrifiseringen.

Vassdrags- og elektrisitetsforvaltningen ble betydelig styrket i disse årene. Kanalvesenet gikk i 1907 over til å hete Vassdragsvesenet, et uttrykk for etatens utvidede oppgaver. I 1920–21 ble så oppgavene til Vassdragsvesenet og en rekke ulike kommisjoner samlet i Norges vassdrags- og elektrisitetsvesen (NVE). Knudsen var også en pådriver for å få staten direkte engasjert i elektrisitetsforsyningen. I 1918 presset han igjennom et statlig kjøp av det kraftverket som svenske Knut Tillberg hadde fått etablert i Glomfjord i Nordland, der de første aggregatene startet opp i 1920. I denne perioden ble staten gjennom NVE også engasjert i utbyggingen av Hakavik kraftverk i Øvre Eiker for drift av den elektrifiserte Drammensbanen. Kraftverket ble satt i drift

i 1922. NVE deltok også sammen med Oslo Lysverker i utbyggingen av Mørkfoss-Solbergfoss kraftverk i Glomma i Østfold. Utbyggingen startet i 1913, og kraftverket kom i drift i 1924.

Statens, Venstres og Gunnar Knudsens viktigste bidrag var kanskje likevel å tilrettelegge for at kommunene, inklusive fylkeskommunene, skulle få den avgjørende hånd med elektrifiseringen og få en betydelig andel av de verdiene, eller den grunnrente, som var knyttet til den gunstige norske vannkraften. I perioden fra 1906 til 1917 foregikk det en bred, prinsipiell og mer eller mindre kontinuerlig politisk debatt om det lovverket som skulle sette rammene for den norske kraftutbyggingen, de såkalte konsesjonslovene. Lovreglene som satte vilkårene for konsesjon til erverv av eierrettigheter i vassdrag og for konsesjon til vassdragsreguleringer, var de viktigste. Men også konsesjonsreglene knyttet til ledningsbygging var av betydning.

Konsesjonslovsdebatten ble utløst av at *Verdens Gang* i mars 1906 publiserte en artikkel som antydte at det forelå en konspirasjon for å ”opkjøpe al ledig norsk vandkraft for utenlandsk kapital i spekulationsøiemed”. Avisen antydte at Eyde, brødrene Wallenberg og også den daværende kanaldirektør Gunnar Sætren var sentrale aktører bak oppkjøpene. I april 1906 vedtok Stortinget i all hast den såkalte ”Panikkloven”. Loven bestemte at utenlandske statsborgere eller aksjeselskaper ikke fikk erverve eiendomsrett eller bruksrett til vannfall uten konsesjon av Kongen.

Etter noen år med grundig debatt og mange midlertidige og ordinære lover med kort varighet vedtok Stortinget i 1917 to konsesjonslover som med visse viktige modifikasjoner er blitt stående fram til i dag. De to lovene er den såkalte ervervsloven, eller industrikonsesjonsloven, og vassdragsreguleringsloven.

Dette var de viktigste årsakene til lovenes betydning gjennom flere tiår:

- Det var en klar prioritet til det offentlige, kommuner og stat, både når det gjaldt erverv, utbygging og regulering av vassdrag. Dette var knyttet til en klar prioritering av alminnelig forsyning framfor storindustrien.
- Kraftkommunene ble tilgodesett gjennom konsesjonsavgifter (som også staten fikk) og gjennom tilgang til såkalt konsesjonskraft. Kraftkommunenes økonomi ble også ivaretatt av skattelovgivningen.
- Konsesjonsvilkårene bidro til å sikre at anleggsarbeidene foregikk på en forsvarlig måte.
- Stortinget vedtok etter en lang og opphetet debatt såkalt hjemfall både for ervervs- og reguleringskonsesjoner.

Både ervervsloven og reguleringsloven forutsatte en konsesjonstid på maksimalt 60 år. Ifølge ervervsloven skulle hele vannfallet, kraftverket og "øvrige innretninger" tilfalle staten etter konsesjonstidens utløp. En del av anleggenes verdi, men ikke over en tredjedel, skulle imidlertid kunne tilfalle kraftkommunene. Det var dette som var hjemfall. Etter reguleringsloven slapp kommunene både begrenset konsesjonstid og hjemfall hvis kraften ble brukt til alminnelig forsyning. Blandingen av en sterk egenaktivitet fra kommunenes side og en aktiv tilrettelegging for kommunalt engasjement fra statens side gjør at uttrykket kraftkommunalisme fanger opp viktige trekk ved perioden.

Selv om det var utlendingenes oppkjøp av vannfall som utløste den lange lovgivningsprosessen, var den norske vannkraftpolitikken sterkt preget av brede, internasjonale politiske og ideologiske strømninger. Den amerikanske økonomen Henry George satte i sine bøker fra annen halvdel av 1800-tallet søkelys på den enorme verdistigningen på jordeiendom og naturressurser som skyldtes urbanisering og industrialisering. Verdistigningen var med andre ord forårsaket av den alminnelige samfunns-

utviklingen som alle var deltakere i. Derfor var det uriktig at den jord- eller grunnrenten som ble skapt, skulle tilfalle privatpersoner eller eiendomsspekulanter. Johan Castberg var den enkeltperson som sammen med Gunnar Knudsen hadde størst innflytelse på utformingen av konsesjonslovene, blant annet som justisminister i en av Knudsens regjeringer. Castberg var medlem av det norske "Henry George-laget" og var som mange andre norske politikere påvirket både av George og av en bredere europeisk "vannkraftbevegelse" som nettopp arbeidet for at grunnrenten knyttet til vannkraften skulle komme hele samfunnet til gode.

1921–45:

Elforsyning i krise og krig

Den sterke veksten både i kraftutbygging og elektrisitetsforbruk i årene etter århundreskiftet la grunnlaget for optimistiske og storslagne planer både i kommuner, fylker og i NVE om videre utbygging. I 1919 oppnevnte regjeringen en egen elektrisitetskommissjon ledet av professor Olav Heggstad ved Norges Tekniske Høgskole i Trondheim (NTH). Heggstad fikk med seg en stor stab med ingeniører og la i 1922 blant annet fram en omfattende landsplan for utbyggingen av landets elforsyning. En rekke fylker og kommuner tok opp betydelige lån for å realisere sine planer om kraftverk og ledningsbygging.

Etter den langvarige høykonjunkturen i perioden 1906–20 fulgte en nesten like lang periode preget av dårlige økonomiske tider. Statens finanser kom i store vansker, og mange kommuner opplevde en alvorlig gjeldskrise, ikke minst som følge av store investeringer i kommunens eller fylkets elforsyning. Høy arbeidsledighet og reduserte inntekter både for mange arbeidstakere og for næringslivet betydde dessuten mindre etterspørsel etter kraft fra de elektrisitetsverkene og kraftselskapene som var etablert. Den store landsplanen ble lagt på is til evig tid.

Den nyetablerte storindustrien fikk store vansker med sin eksport. Karbid- og

cyanamidfabrikkene i Odda måtte stanse produksjonen i 1922, og A/S Tyssefaldene ble stående uten avtakere av elektrisiteten som ble produsert. Elektrokemiske fabrikker Arendal Smelteverk og A/S Bjølvefossen i Hardanger kom i krise, og selskapet måtte selge eierinteresser i begge bedriftene til utenlandske konsern. Generelt økte det utenlandske eierskapet i norsk industri. Norsk Aluminium Company i Høyanger måtte godta at aluminiumstrusten ALCOA overtok 50 prosent av aksjene mot å tilføre ny kapital. I 1927 gikk Hydro inn i et samarbeid med det store tyske industriselskapet I.G. Farben. Hydro forlot Birkeland-Eyde-metoden for utvinning av nitrogen til fordel for tyskernes ammoniakmetode. I.G. Farben overtok samtidig 25 prosent av aksjene i Norsk Hydro. Også flere av landets elektrotekniske bedrifter måtte godta dominerende utenlandsk eierkapital. National Industri A/S i Drammen var etablert i 1917 og var en betydelig produsent av transformatorer. Men i 1928 overtok den amerikanske storbedriften Westinghouse hele aksjekapitalen. Bedriften var ikke lenger helt "national".

Det statlige kraftengasjementet var likeledes i en svært dårlig forfatning. Etter at Nore kraftverk i Numedal sto ferdig med det første byggetrinnet i 1928, hadde NVE store vanskeligheter med å få solgt kraften til forsvarlige priser. Kraftverket i Glomfjord ble en økonomisk katastrofe, selv om det utover på 1930-tallet ble produsert noe aluminium med statlig kraft i Glomfjord. I 1936 var det på nære nippet at staten solgte både Nore og andre kraftverk og overføringslinjer på Østlandet. I 1935 ble NVE omorganisert til å være driftsorganisasjon bare for de kraftverkene som allerede var etablert. Ytterligere statlig kraftutbygging var det knapt noen som trodde på. Likevel ble en lang rekke utbygginger gjennomført i kjølvannet av høykonjunkturen. Mange kommuner fikk bygd fordelingsnett også utenfor byene og tettstedene.

Norge var tidlig det landet i verden som hadde det høyeste elektrisitetsforbruket per innbygger. Og fra midten av 1930-tallet

begynte både de økonomiske konjunkturerne og elektrisitetsforbruket igjen å peke oppover. Rustningsindustriens stadig økende etterspørsel var en av grunnene til at konjunkturerne bedret seg på annen halvdel av 1930-tallet. Aluminium var et av produktene som var særlig etterspurt av Herman Göring og hans tyske Luftwaffe. Etter den tyske okkupasjonen av Norge i 1940 var det følgelig en hovedsak for okkupasjonsmakten å skaffe til veie aluminium og annet lettmetall fra norsk kraftkrevende industri. Men til tross for store planer var det ikke mye tyskerne fikk ferdigstilt av kraft- og industriutbygging i Norge.

Krigen ble langt fra noen katastrofe for norsk elforsyning. Vedlikehold og utbygging var det ikke mye av, men tyskerne etterlot en del påbegynte anlegg, blant andre kraftverkene Tyin i Årdal i Sogn der det første aggregatet allerede var i ordinær drift (1944), Mår på Rjukan som ble satt i drift i 1948, og Hol I (Ruud) i Hallingdal som kom i drift i 1949. Mangelen på kull og annet brensel bidro til en sterkt økende etterspørsel etter elektrisitet, noe som igjen bidro til at mange tidligere gjeldstyngede elektrisitetsverk sto gjeldfrie da krigen var slutt. Videre hadde den norske regjeringen i London i løpet av de fem okkupasjonsårene brukt tid til å tenke igjennom hva man skulle bruke vannkraften til etter krigens slutt. Den framstående bygningsingeniøren professor Fredrik Vogt, som hadde vært rektor på NTH til han ble avsatt av tyskerne, sto sentralt i dette planleggingsarbeidet. Vogt mente blant annet at Norge burde tilrettelegge for kraftkrevende industri – et forslag som gikk på tvers av det som var akseptert politikk under konsesjonslovsdebatten. Det skulle vise seg at Vogt kanskje mer enn noen andre skulle få bidra til å realisere denne nye industripolitikken.

1946–65:

Et nytt løft for storindustrien

I 1947 fikk nemlig Arbeiderpartiets industriminister Lars Evensen overtalt Fredrik Vogt til å overta embetet som generaldirektør i Norges vassdrags- og elektrisitetsvesen (NVE).

Dette innledet et radikalt skifte både i statens kraftengasjement og i statens forhold til den kraftkrevende industrien. NVEs bedriftskultur og organisasjon var på denne tiden sterkt preget av de mange år med stillstand i den statlige kraftutbyggingen, og av en etter hvert eldre garde med ingeniører. Men Vogt fikk NVE på fote, og med Arbeiderpartiets industripolitikk i ryggen og en betydelig stab driftige ingeniører og dyktige anleggsarbeidere ble det bygd store statlige kraftverk på rekke og rad fram mot 1960-tallet: Mår kraftverk på Rjukan, Aura kraftverk på Sunndalsøra og Røssågaverkene i Nordland ga kraft til henholdsvis Norsk Hydro, Årdal Verk og Jernverket i Mo og også til



Arbeiderpartiets valgplakat fra 1945. Gjengitt etter tillatelse fra Arbeiderpartiet/Arbeiderbevegelsens arkiv og bibliotek

alminnelig forsyning innen sine områder. Tokke-utbyggingen i Telemark er en annen velkjent statlig utbygging som startet på 1950-tallet, og med de tre første kraftverkene i drift helt på begynnelsen av 1960-tallet. Denne utbyggingen bidro først og fremst til å

imøtekomme den store etterspørselen etter kraft til alminnelig forsyning på Østlandet der kraftrasjoneringen hadde vært nødvendig i flere perioder. På denne tiden var det ingen aksept for at etterspørselen kunne begrenses gjennom å øke prisen. Normen for de offentlige kraftverkene var prising til selvkost.

Parallelt med det statlige engasjementet gikk mange kommunale og fylkeskommunale elektrisitetsverk i gang med betydelige utbygginger. Det var den private kraftutbyggingen som stagnerte. Staten overtok langt på vei rollen som leverandør av billig kraft til privat kraftkrevende industri, som Elkem og Norsk Hydro, men også til store deler av treforedlingsindustrien. Statskraftverkene, som var ett av direktoratene i NVE, så det som en viktig oppgave å støtte den norske elektro- og maskintekniske leverandørindustrien, selv om det av og til ble litt dyrere enn ved import. Store kontrakter gikk til bedrifter som NEBB, Standard Telefon- og Kabelfabrikk, National Industri og Kværner Brug. Mange av leverandørbedriftene i elektroteknisk industri var for øvrig fortsatt helt eller delvis i utenlandsk eie. Vannkraftlaboratoriet ved NTH, som ble etablert alt i 1917, fikk etter krigen stor betydning for utviklingen av den norske turbinindustrien, der Kværner Brug var den dominerende leverandøren.

Tidlig på 1960-tallet var elektrifiseringen av landet langt på vei ferdig, i hvert fall det vi kan kalle "elektrifisering i bredden" – bruk av elektrisitet til nye formål. Størstedelen av befolkningen hadde fått innlagt strøm. På 1960-tallet fikk elektrisk oppvarming sitt gjennombrudd, selv om konkurransen med fyringsoljen var hard helt til oljekrisen på 1970-tallet. "Elektrifisering i dybden" fortsetter stadig, også inn i et nytt århundre.

Utbyggingen av overføringsnettene i større områder, ikke minst i tilknytning til de store statlige kraftutbyggingene, åpnet mulighetene for regional samkjøring mellom kraftverk. Dette resulterte etter hvert i seks regionale samkjøringsorganisasjoner. Mønsteret for organisasjonene var Samkjøringen på

Østlandet, som var dannet allerede i 1932. Kraftforsyningen var i det hele tatt en sterkt samarbeidende bransje. Norske Elektrisitetsverkers Forening (NEVF), som var blitt stiftet allerede i 1901, var den viktigste arenaen for utveksling av erfaring, kunnskap og felles nyskapning. I 1952 stiftet NEVF Elektrisitetsforsyningens forskningsinstitutt (EFI), som var nært knyttet til Elektroavdelingen ved NTH. Først da EFI kunne flytte inn i eget laboratoriebygg på Gløshaugen i Trondheim, der NTH allerede lå, fikk virksomheten et større omfang. Mye av forskningen foregikk i prosjektgrupper der både forskere og andre bransjefolk var med.

Omkring 1960 begynte planleggingen og etter hvert byggingen av de store kraftoverføringslinjene mellom landsdelene, og ikke minst var overføringene mellom Vestlandet og Østlandet viktige. På samme måte som det regelmessig hadde vært sterke protester mot planer om eksport av kraft til utlandet, var det mange vestlendinger som nå protesterte mot at kraften ble "eksportert" til Østlandet.

1966–90:

Slutt på den energipolitiske enigheten

Fra midten av 1960-tallet var det slutt på den brede enigheten om norsk energipolitikk. Mange av konfliktene kunne knyttes til to tema, miljøvern og samfunnsøkonomi, som delvis hang sammen. Økonomer som var engasjerte i miljøvern, prøvde for eksempel å vise at salg av billig kraft til kraftkrevende og forurensende industri var dårlig samfunnsøkonomi. Bruk av såkalt langtids grensekostnad som investeringskriterium for nye kraftverk ville ikke bare gi bedre samfunnsøkonomi, men også bidra til å dempe utbyggingstakten. Bygningsingeniør og professor, og senere både generaldirektør i NVE og olje- og energiminister, Vidkun Hveding var den første egentlige elektrisitetsøkonomen i Norge. Han utarbeidet i 1968 Utredning vedrørende Norges energiforsyning for Statens Energiråd. Her ble omfattende systemanalyser av norsk energiforsyning koplet til økonomiske vurderinger av kost-

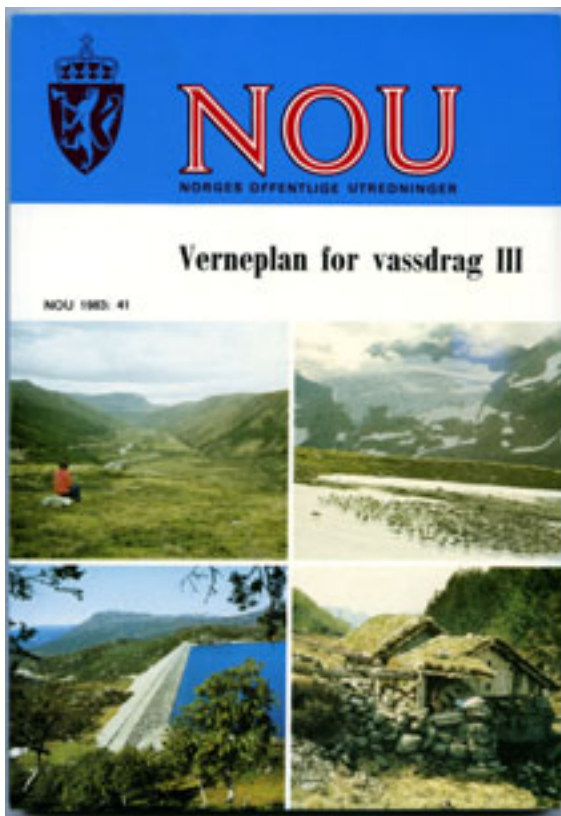
nader, priser og samfunnsmessig lønnsomhet. Hvedings arbeider ble etter hvert fulgt opp av en rekke økonomer fra Universitetet i Oslo, Norges Handelshøyskole og Statistisk sentralbyrå. Elektrisitetsøkonomene bidro til å problematisere prisingen av kraft til kraftintensiv industri, som dermed ble et sentralt element i norsk industripolitikk. Statskraftverkernes pristilbud til industrien ble etter hvert mindre gunstig, samtidig som langtids grensekostnad ble normen for kontraktsprisene til alminnelig forsyning. På denne tiden ble prisene for statskraft fastsatt av Stortinget.

Tiden fram til midten av 1960-tallet hadde vært preget av mange og store utbygginger, ofte med omfattende inngrep i naturen. Mange sentrale vassdragsmiljøer var ødelagt eller borte. Det var begrensede fredningsmuligheter igjen. Ungdomsopprør, studentradikalisme og en økende interesse for natur- og miljøvern generelt bidro til at utbyggerne også ble konfrontert med aksjoner og demonstrasjoner – som toppet seg med den såkalte Mardøla-aksjonen i 1970 og Alta-aksjonen i 1979–81. Fra annen halvdel av 1960-tallet kom også kjernekraft inn i planleggingen av norsk kraftforsyning, men aksjoner og politisk motstand bidro til at planene ble skrinlagt. Parallelt med aksjoner og miljøpolitisk debatt ble natur- og miljøvernet gradvis og på ulike måter institusjonalisert gjennom en strengere konsesjonsbehandling, økt kunnskap om landskapspleie



Fra Alta-aksjonen. Foto: utlånt fra Alta Museum

hos utbyggerne og verneplaner for vassdrag. Tanken om vern av vassdrag var ikke ny. Norges Naturvernforbund (daværende Landsforeningen for naturfredning i Norge) og Den Norske Turistforening hadde helt fra 1920-tallet arbeidet for å få vernet vassdrag mot kraftutbygging, men offentlig vernearbeid startet ikke før i 1960. Og det bør understrekes at den tidligere tids naturvern og den senere tids miljøvern nok hadde svært ulike motiveringer. Den første verneplanen for vassdrag ble vedtatt av Stortinget i 1973. Senere har det kommet ytterligere tre verneplaner for vassdrag (1980, 1986 og 1993) samt en suppleringsplan (2005). De 387 objektene i verneplanene omfatter ulike vassdrag som til sammen utgjør et representativt utsnitt av Norges vassdragsnatur.



Blant de store prosjektene i denne perioden var Sira-Kvina-utbyggingen i Vest-Agder og Ulla-Førre-utbyggingen i Rogaland. Planer om utbygging i Sira- og Kvinavassdraget går helt tilbake til århundreskiftet, men først på 1960-tallet kom det konkrete arbeidet med en storutbygging i gang. Utbyggingen er ett av flere eksempler på at flere kraftselskaper i denne perioden gikk sammen for å få i stand

en større utbygging. (Sira-Kvina kraftselskap eies i dag av Lyse Produksjon, Statkraft Energi, Skagerak Kraft og Agder Energi Produksjon.) Tonstad kraftverk kom i drift som utbyggingens første i 1968. Tonstad ble også det største, regnet etter både installert effekt og produksjon, og har senere også fått økt installasjon. Senere fulgte ytterligere seks kraftverk fram til 1981, slik at det nå er tre i Kvinavassdraget og fire i Siravassdraget. I utbyggingen overføres vann fra et vassdrag til et annet, fra det nederste kraftverket i Kvinavassdraget og over til Siravassdraget. Landskapspleie inngikk som en integrert del av utbyggingen. Det ble blant annet bygd til sammen ca. 60 terskler i de regulerede vassdragene.

Statkrafts (NVE-Statskraftverkene da utbyggingen startet) store Ulla-Førre-utbygging, som startet opp i 1974, foregikk uten betydelige protester fra miljøvernhold. Kvilldal kraftverk, som er ett av fire kraftverk i denne utbyggingen, ble satt i drift i 1982 og er med fire Francis-turbiner, hver på 320 MW, fortsatt Norges største regnet i installert effekt. Reguleringsmagasinet Blåsjø i Ulla-Førre-utbyggingen er Norges største regnet etter energiinnhold og er Norges største kunstige innsjø. Også i denne utbyggingen ble det lagt stor vekt på gode natur- og miljømessige løsninger. Dette var etter hvert blitt vanlig for alle nye utbygginger. Aurlandsutbyggingen, som Oslo Lysverker planla og gjennomførte fra begynnelsen av 1970-tallet, regnes å være den første store utbyggingen der natur- og miljøhensyn kom med som en integrert del av planleggingen på et tidlig tidspunkt.

Investeringene i norsk kraftforsyning gikk kraftig ned fra 1980-tallet, og helt mot slutten av tiåret var det en vanlig oppfatning at det hadde vært en viss overutbygging i sektoren. Relativt varmt og fuktig vær med dertil hørende overskuddskraft bidro til å forsterke inntrykket av at norsk kraftforsyning trengte å reformeres. Statkraft (skilt ut fra NVE i 1986) hadde for eksempel store problemer med å få avsetning på kraften til den prisen Stortinget hadde fastsatt.



Terskel i Kvina. Foto: Knut Ove Hillestad/NVE

1991–2005: Kraftforsyningen under den nyliberale orden

Under statsminister Jan P. Syses borgerlige samarbeidsregjering fikk Norge i 1990 en energilov som blant annet åpnet for konkurranse innen produksjon og omsetning av elektrisitet. Norge var med dette internasjonalt i forkant når det gjaldt å liberalisere kraftsektoren. Sentralt i gjennomføringen av reformen var olje- og energiminister Eivind Reiten, finansråd Tormod Hermansen og økonomen Einar Hope ved Senter for anvendt forskning i Bergen. I begynnelsen av perioden var strømprisene lave, og reformen framsto som lite kontroversiell. Miljøvernerne satte pris på at det ikke ble tatt initiativ til ny kraftutbygging av betydning i de første årene etter reformen. Fra annen halvdel av 90-årene ble kraftbalansen strammere, og til tross for en etter hvert betydelig import ble strømprisene i enkelte år langt høyere enn det norske forbrukere var vant til. Omkring årtusenskiftet hadde kraftbransjen et dårlig omdømme blant publikum på grunn av prisene – en uvant situasjon for mange bransjefolk.

Markedsreformen førte til en reorganisering av kraftforsyningen. Forvaltningsbedriften Statkraft var blitt skilt ut av det øvrige NVE i 1986 og ble fra 1992 delt i to statsforetak, Statkraft og Statnett. Statkraft overtok forvaltningsbedriftens produksjonsanlegg mens Statnett fikk systemansvaret og ansvaret for hovednettet. Samkjøringen av kraftverkene i Norge, som i 1971 var blitt dannet som en sammenslutning av alle de regionale samkjøringsorganisasjonene, gikk inn i Statnett. Dette innebar også at Statnett overtok Samkjøringens marked for såkalt tilfeldig kraft, som nå først ble til Statnett Marked og fra 1996 til Nord Pool, da den tidligere samkjøringsbørsen ble en nordisk markedsplass. At Statkraft i 2004 ble omgjort til aksjeselskap, må ses på som en del av bransjens reorganisering. I prosessen med at Statkraft (NVE-Statskraftverkene) ble skilt ut fra NVE, skiftet også NVE navn til Norges vassdrags- og energiverk. Det stortingsvalgte Hovedstyret ble erstattet med et regjeringsoppnevnt råd. I motsetning til Hovedstyret, som hadde beslutningsmyndighet, var rådet kun et rådgivende organ. Rådet ble for øvrig avviklet i 1995. I 1998 kom det et nytt navneskifte, nå til Norges vassdrags- og

energidirektorat. Navneskiftet skulle gjøre det tydeligere at NVE er et forvaltningsorgan og ikke en energiprodusent.

I tiden fram til 2005 var kraftutbyggingen på et historisk lavt nivå når det gjaldt ny produksjonskapasitet, sammenlignbart med store deler av mellomkrigstiden. Ferdigstillelsen av Svartisen kraftverk (Statkraft) var en av hovedbegivenhetene i årene etter implementeringen av energiloven, men her bemerkes at utbyggingen hadde startet i 1987, altså noen år før energiloven trådte i kraft. Statkrafts, Norsk Hydros og Statoils planer om å bygge gasskraftverk var gjentatte ganger oppe til diskusjon, men er fortsatt ikke virkeliggjort. På den annen side er små vannkraftverk og vindkraft i vinden. Myndighetenes mål er en produksjonskapasitet på 3 TWh vindkraft innen 2010, tilsvarende 700 vindmøller. I 2004 var elleve vindmølleanlegg i drift med en installert effekt på til sammen 274 MW. Det største var Statkrafts anlegg på 150 MW på Smøla. Selv om det i miljø- og naturvernorganisasjonene i hovedsak var positive holdninger til denne utbyggingen, kom etter hvert også de kritiske røstene til orde. Naturvernforbundet gikk aktivt ut mot enkelte prosjekter.

Ved Norges teknisk-naturvitenskapelige universitet, NTNU (tidligere Norges Tekniske Høgskole, NTH) i Trondheim, slet man for å få ungdom til å interessere seg for kraftteknikk og kraftutbygging. Den manglende interessen skyldtes ikke mangelen på framtidige arbeidsplasser, men at mange ungdommer var kritiske til tradisjonell kraftutbygging og oppfattet de involverte fagene som litt "gammeldagse". På den annen side var det stor interesse for utnyttningen av miljøvennlige, fornybare energikilder. Ved å kalle det aktuelle studieprogrammet "Energi og miljø", og også ved en annen fagsammenstilling, bidro man til å øke rekrutteringen. NTNU ble virksom fra 1.1.1996 etter en omorganisering av Universitetet i Trondheim og NTH.

Ved inngangen til 2000-tallet ble spørsmålet om det langsiktige eierskapet i bransjen aktualisert. EØS' overvåkningsorgan ESA stilte spørsmål ved hjemfallsretten slik den ble praktisert etter konsesjonslovene av 1917. ESA mente forskjellsbehandlingen av offentlige og private kraftverk ikke var i overensstemmelse med EUs/EØS' regelverk. Den bidro blant annet til å gjøre det vanskelig for utenlandske bedrifter å kjøpe eier-



Svartisen kraftverk ble satt i drift i 1993. Foto: Statkraft

andeler i norske kraftverk. Et hjemfallsutvalg la i 2004 fram en utredning som nå preger den energipolitiske debatten. Spørsmålet er om kraftverkene fortsatt i all hovedsak skal være i offentlig og nasjonalt eie, eller om det skal legges bedre til rette for utenlandsk og privat eierskap – en viktig diskusjon som fortsatt er uten avklaring.

Offentlig eierskap til vannfall var en stor og viktige samfunnsdebatt det første tiåret på 2000-tallet. Regjeringens forslag til ny hjemfallsordning ble behandlet og vedtatt av Stortinget i 2008. Vedtaket innebar blant annet at ingen private får konsesjon, og at det kun er offentlige aktører som får erverve hjemfalte vannfall og kraftverk. I tillegg er det begrensninger på hvor stor andel av kraftverk og vannfall private kan eie. (Dette avsnitt er skrevet inn av prosjektgruppen. Kilde: Ot.prp.nr. 61, 2007-2008).

I tillegg til liberaliseringen har internasjonaliseringen og det vi kanskje kan kalle "IKT-ificeringen" satt et betydelig preg på kraftbransjen det siste tiåret. Allerede i 1963 ble Nordel etablert som en samarbeidsorganisasjon for kraftbransjen i Norden. Etableringen av Nord Pool som en felles nordisk kraftbørs i 1996 var et nytt skritt på veien mot en tettere integrering av de nordiske landenes kraft. Ved inngangen til 2000-tallet pågikk det et målrettet arbeid for å samordne utbyggingen av hovednettene og harmonisere de nasjonale regelverkene i det

nordiske kraftmarkedene. Den norske systemoperatøren Statnett er for øvrig en pådriver for at denne utviklingen skal fortsette i forhold til hele det europeiske kraftmarkedet.

De siste tiårene er det bygd ut en rekke forbindelser mellom det norske hovednettet og nettene i de øvrige nordiske land. Et teknologisk pionerprosjekt var byggingen av to likestrømskabler til Danmark på 1970-tallet. I 2005 ble et nytt steg i den fysiske ekspansjonen av kraftsystemet påbegynt, en kabel fra Norge til Nederland. Denne fysiske forbindelsen vil selvsagt bidra til ytterligere å integrere kraftmarkedene i Norden og i Europa for øvrig.

Telefon og annen telekommunikasjon har lenge vært i bruk for å koordinere og styre driften av kraftsystemet. Både Samkjøringen, NVE og mange kraftselskaper hadde tidlig sine egne "televerk", noe som bidrar til å forklare at mange energiselskaper også har engasjert seg på telemarkedet etter at dette ble fullt liberalisert i 1998. Ved inngangen til 2000-tallet har IKT-systemene, med sine sensorer, mange og tunge datamaskiner, omfattende pakker med programvare og utstrakte data- og telenett, skapt en omfattende informasjons- og dataflyt parallelt med energiflyten i kraftsystemet. Som alltid er norsk elektrisitetsforsyning preget av sin tid.

Samlet plan

Det ble etter hvert krav fra de politiske myndigheter om en overordnet plan for framtidig kraftutbygging. Arbeidet ble startet i 1981 og ble ledet av Miljøverndepartementet. Resultatet ble Samlet plan for vassdrag, som gir en prioritering av gjenværende vannkraftprosjekter, der miljøhensyn inngår som ett av flere kriterier. Prosjekter med liten konfliktgrad og god lønnsomhet kommer først, mens prosjekter som er konfliktfylte eller har dårlig lønnsomhet, har lavest prioritet. Prosjektene er plassert i to (opprinnelig tre) kategorier. Det kan søkes om konsesjon for prosjekter i kategori I, mens kategori II-prosjektene foreløpig ikke kan konsesjonsbehandles. Den første Samlet plan ble behandlet av Stortinget i 1986.





Fra byggingen av Altadammen.
Foto: Knut Ove Hillestad/NVE

Vannkraftutbygging i Norge

Et kraftverk består av mange forskjellige konstruksjoner og arrangement utenom de maskin- og elektrotekniske installasjonene. Artikkelen gir et innblikk i dette mangfoldet. Innledningsvis presenteres de naturlige forutsetningene for vannkraftproduksjon i Norge. Innholdet er hentet fra Arne. H. Erlandsens artikkel Vannkraftutbygging i Norge, presentert i boken Kulturminner i norsk kraftproduksjon fra 2006. I tillegg er tatt med et avsnitt om "Vannkraft, natur og miljø", som er utarbeidet av Per Einar Faugli.

Naturen som ressurs

All vannkraftproduksjon bygger på de grunnleggende, naturgitte forutsetningene vannmengde og fallhøyde. Norge er fra naturens side tilgodesett med de to hovedfaktorene som er vesentlige for gunstige vannkraftprosjekter: klima og topografi. I tillegg er berggrunnen de fleste steder godt egnet til viktige deler av vannkraftutbyggingen.

Klimaet i Norge preges av de store atlantiske lavtrykksområdene som beveger seg fra vest mot øst i skillet mellom tempererte og arktiske luftmasser. Lavtrykkene fører mye

fuktig luft fra havet inn mot Norge og gir mye nedbør i vestlige fjelltrakter.

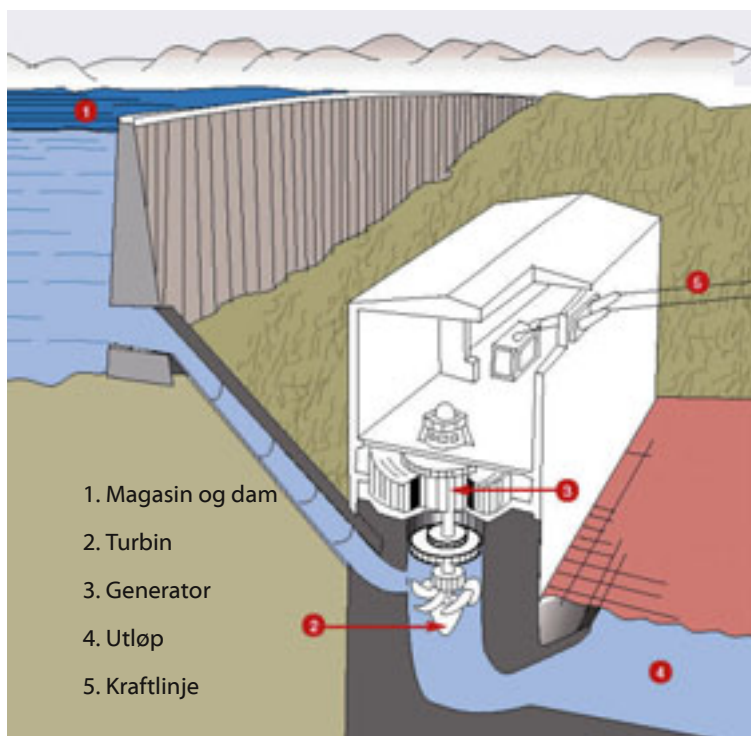
Den kaledonske fjellkjeden, som er opprinnelsen til størstedelen av Norge, har gitt en topografi som er gunstig for utnyttelse av vannkraften, slik som på Vestlandet med kort avstand fra fjellområdene til havet. Kombinasjonen av lave temperaturer og mye nedbør har ført til dannelsen av isbreer, som representerer naturlige vannlager siden også smeltevann fra isbreene nyttes i kraftproduksjonen. Isbreene formet landskapet mange steder i Norge til vide u-daler, noe



Breelva Jostedøla er regulert. Foto: Per Einar Faugli/NVE

som er ideelt for magasinering av vann. Isbreene har også ført til dannelsen av tallrike sjøer i fjellområdene, til dels med moreneavsetninger som gir naturlige oppdemninger. Innsjøene høyt til fjells kan selv med relativt små oppdemninger og senkninger gjøre det mulig med magasinering av vannmengder med store energipotensialer. Dette skiller Norge fra de fleste andre vannkraftland, for eksempel landene ved Alpene, der det er behov for langt større, ruvende og mer kostbare dammer for å skaffe tilsvarende volumer for magasinering av vann.

Geologien har også spilt en viktig rolle i utviklingen av det norske vannkraftsystemet. Da isbreene formet landskapet, ble fjellet erodert ned til de hardeste lagene. Dette gjør utbygging i høyfjellet enklere enn om området hadde vært dekket av mye løsmasser. Fjellmassivet er også i stor grad preget av harde bergarter og er derfor enkelt å håndtere. Dette har positiv betydning for bygging av fjellanlegg. Det norske fastlandet ligger dessuten i et geologisk sett stabilt område. Det er liten jordskjelvaktivitet og ingen aktive vulkaner. Mange andre steder i verden utgjør slike aktiviteter en sikkerhetsrisiko ved kraftutbygging.



Prinsippkisse av vannkraftverk, fra Statkraft

De deler av landet som har de største områdene med sedimentære bergarter og derfor er velegnet for landbruk, ligger i lavlandet og er mindre gunstige for vannkraftutbygginger. De største inngrepene er med andre ord der det verken drives landbruk eller bor mange mennesker.

Vannkraftverk og utbygging

Et vannkraftverk for elektrisitetsproduksjon består primært av en kraftstasjon med tilhørende maskineri (turbiner og generatorer), transformatorer, koblingsanlegg, styrings- og kontrollsystemer og forskjellige installasjoner for hjelpefunksjoner. Andre konstruksjoner er dam, inntak, vannvei og som oftest ett eller flere magasiner for lagring av vann. Fra inntak i elv eller magasin føres vannet gjennom vannveiene fram til kraftstasjonen og videre til utløpet. Kraftverket produserer elektrisitet ved å utnytte vannets potensielle energi i høydeforskjellen (fallhøyden eller trykkehøyden) mellom kraftverkets inntak og utløp. I kraftstasjonen omdannes vannets energi først til mekanisk energi i en turbin og deretter til elektrisk energi i en generator som er koblet til turbinen. Turbin og generator ses i noen sammenhenger på som en enhet og får da betegnelsen aggregat.

Produksjonen i et kraftverk bestemmes av fallhøyde, tilgjengelig vannmengde og magasinkapasitet. Ofte er det mer lønnsomt å utnytte vannets energi i flere kraftverk etter hverandre enn samlet i ett kraftverk. Dette ser vi tydeligst i mange av de store elvene der det kan være mange kraftstasjoner nedover langs elva. Disse stasjonene har ofte plassering i dagen, og reguleringsanlegget er like ved. Men det kan også være flere kraftverk etter hverandre ved mer komplekse og omfattende utbygginger, og der vi ikke bestandig ser sammenhengen umiddelbart. Kraftstasjonene er da ofte også plassert inne i fjellet, og det kan være lang avstand fra magasinet og damanlegget til kraftstasjonen.

Forbrukerstedene er i ulike avstander fra kraftstasjonene. Tekniske problemer med lange overføringer gjorde at man tidligere måtte legge forbruket nær de utbyggbare

kraftkildene. Dette ser vi mange eksempler på i Norge ved at det vokste fram viktige industrisamfunn på steder som var små og avsidesliggende. I dag kan elektrisiteten føres over lange avstander. Elektrisiteten fra generatoren omformes til en høyere spenning i en transformator. Dette gjøres fordi tapet ved overføring er minst ved høye spenninger. Via et koblingsanlegg føres så elektrisiteten ut på overføringsnett (kraftledningene) og fram til forbrukerne.

Kraftverkstyper

Vannkraftverk varierer betydelig i størrelse, fallhøyde og utforming. Dette gir grunnlag for inndeling i forskjellige typer kraftverk. Det er flere sett definisjoner. En mye brukt inndeling er elvekraftverk og magasinkraftverk, en annen er lavtrykks- og høytrykksanlegg. Generelt, men ikke absolutt dekkende, kan det sies at elvekraftverk er lavtrykksanlegg, mens magasinkraftverk er høytrykksanlegg. Små kraftverk og store kraftverk er langt mer upresise betegnelser. Mer eksakt er den relativt nye kategoriseringen i småkraftverk, minikraftverk og mikrokraftverk, som er definert ut fra installasjonen i MW.

Elvekraftverk

Elvekraftverk har ikke reguleringsmagasin, men vanligvis et lite inntaksmagasin for stabile inntaksforhold og for å vinne så mye trykkehøyde som mulig. "Run-of-river" kalles denne typen kraftverk på engelsk og betegner at kraftproduksjonen styres av den vannføringen som er i elva.

Kraftverket dimensjoneres i forhold til en bestemt vannføring. Det vil være ulønnsomt å bygge et kraftverk som kan ta unna enhver vannføring. Det betyr at det er noe vann som ikke kan utnyttes i flomperioder, og i lavvannsperioder kan det være for lite vann til full drift. Elvekraftverk kan imidlertid "nyte godt av" reguleringsmagasiner lenger opp i vassdraget. Dette er typisk for de fleste store norske elvekraftverk. Disse ligger som regel langt nede i de store vassdragene og har ofte flere aggregater slik at produksjonen på beste

måte kan tilpasses vannføringsvariasjonene ved å bruke et passende antall aggregater. Dersom det er et forholdsvis slakt fall ovenfor kraftstasjonen, kan magasinet strekke seg langt oppover elva.

Ved et elvekraftverk er vannveien ofte kort, vanligvis med inntak like ovenfor og utløp like nedenfor et konsentrert fall i elva. Kraftstasjonene bygges av og til som en integrert del av damanlegget eller slik at dammen og stasjonen er plassert ganske nær hverandre. Dette gjelder i særlig grad der det er et konsentrert fall, og da vil både inntak, kraftstasjon, flomavledning og utløp være plassert på et lite område. Fallhøyden er viktig. Dersom fallet er slakt, kan det være fordelaktig med et langt innløp eller et langt utløp for å oppnå ekstra fallhøyde.



Bekkeinntak (Aurlandsutbyggingen).

Foto: Per Einar Faugli/NVE

Magasinkraftverk

Magasinkraftverk har magasiner for lagring av vann og dermed mulighet for regulering av vannføringen. Det kan være ett eller flere magasiner, og en vanlig betegnelse er reguleringsmagasin. Et magasin som har inntak for kraftverket, kalles også inntaksmagasin. Kapasiteten oppgis som volum (mill. m³) eller som energi (GWh) ved fullt magasin.

Vannveien ved magasinkraftverk er i noen tilfeller svært lang med inntaksmagasin langt inne på fjellet og kraftstasjonen nede i en dal eller ved havet. Det er vanlig med en tunnel med lite fall øverst, fulgt av en bratt strekning ned til kraftstasjon i dagen eller i fjell. Med kraftstasjon i fjell er også vann-



Blåsjømagasinet (Ulla-Førreverkene) er Norges største kraftmagasin regnet etter energi-innhold. Foto: Statkraft

veiens bratte seksjon, også kalt sjakt, utsprenget i fjellet. Dersom kraftstasjonen er i dagen, er som oftest den bratte delen lagt som rør nedover fjell- eller dalsiden, men det finnes også kraftverk med sjakt og deretter en horisontal strekning med rør fram til en kraftstasjon i dagen. Det er også bygd kraftverk med skrå tunnel helt fra kraftstasjonen og opp til inntaksmagasinet.

For å utnytte gode reguleringsmagasiner blir det ofte overført vann fra andre nedbørfelt. Selv små bekker høyt til fjells kan det være lønnsomt å utnytte. Pumping av vann fra lavereliggende felt og opp i et magasin gjøres noen steder. Mer vanlig er overføringer fra felter som ligger høyere enn magasinet. Det blir da drevet en samletunnel, en såkalt "takrenne", som tar inn vann fra flere elver og bekker i et område. Noen slike tunneler har lengder på flere kilometer. Vanligvis ledes vannet fra bekkeinntaket ned i tunnelen via en sjakt. For å redusere sedimentinnholdet blir det sprengt ut spesielle sandfang eller steinkammer som må tømmes ved behov.

Magasiner er en forutsetning både for pumpekraftverk og for såkalte effektverk. De fleste norske kraftverk er bygd for å levere elektrisitet over en lang periode av året.

Hvor mye de produserer gjennom døgnet, vil variere med forbruket, som er høyest om dagen og lavere om natten. Det er ofte knyttet spesielle krav til vannføringen av hensyn til vassdraget og livet og miljøet der. Driften

av mange kraftverk er strengt regulert for å ivareta slike hensyn. Noen kraftverk har imidlertid utløp i havet eller i store innsjøer der det tillates store og raske variasjoner i vannføringen. Slike kraftverk kan bygges som effektverk. De kan da ta store lastforandringer på kort tid og er dimensjonert slik at produksjonstiden er kort.

Magasiner

Tilsiget til norske vassdrag er vanligvis størst om høsten og under snøsmeltingen om våren. Forbruket av elektrisitet er derimot størst om vinteren. Norske forbrukere har i stor grad erstattet kull og olje med elektrisitet til oppvarming. Elektrisiteten er en effektiv og god energibærer. Den er imidlertid vanskelig å lagre i store mengder og må derfor brukes med det samme den produseres. Vannet som skal brukes til produksjonen, kan derimot lagres i et reguleringsmagasin og brukes ved behov. Dette er hovedideen bak magasinkraftverk som har

gjort det norske vannkraftsystemet til det mange mener er verdens beste fornybare energisystem.

Industrien ble tidlig en storforbruker av elektrisitet, og de første store vannmagasinene ble bygd for å sikre industrien jevn tilgang på kraft. Etter hvert som elektrisiteten ble tatt i bruk av folk flest, økte kravet om sikker tilgang på elektrisitet. Det ble en viktig samfunnsoppgave å unngå strømrasjonering, noe man best gjorde ved å bygge kraftverk med stor magasin kapasitet. Dette gir jevn og sikker krafttilgang gjennom hele året, også i tørrår.

Et magasin reguleres mellom høyeste regulerte vannstand og laveste regulerte vannstand. Normalt fylles reguleringsmagasinene opp mot høyeste regulerte vannstand i løpet av sommerhalvåret mens tilsiget er størst og kraftforbruket minst, for så å tømmes ned mot laveste regulerte vannstand i løpet av vinterhalvåret. Enkelte magasiner er pålagt restriksjoner, som for eksempel at vannstanden i en periode ikke skal være lavere enn et fastsatt nivå. De såkalte flerårsmagasinene har større lagringskapasitet enn det årlige tilsiget og er verken helt tomt eller helt oppfylt hvert år.

Etablering av magasin kan utføres både ved oppdemning og ved senkning. Mange har begge deler. Ved etablering av et senkningsmagasin plasseres inntaket i vannet som allerede er der slik at vannet ledes inn i en tunnel.

De første store magasinene ble etablert ved regulering av store innsjøer. Møsvatnet i Telemark ble regulert første gang i 1906, med ti meter, og var da verdens største magasin etter magasinet ved Aswan i Egypt. Mange av de store innsjøene i lavlandet ble også regulert, men av hensyn til bebyggelse og miljø i og ved innsjøene ble det satt begrensninger i reguleringshøyden. Mjøsa er Norges største magasin i areal, men det er bare de øverste 3,6 meter av den 499 meter dype innsjøen som brukes som magasin.

Møsvatnet i Telemark og Røssvatnet i Nordland var lenge Norges to største magasiner regnet etter energiinnhold. Men

utviklingen innen fjellsprenningsteknikk, laste- og transportkapasitet og geoteknikk gjorde det økonomisk lønnsomt å bygge store steinfyllingsdammer for å etablere store reguleringsmagasin i høyfjellet. Beliggenheten gjorde disse verdifulle, blant annet på grunn av høydenivået, men også fordi miljøkonsekvensene i reguleringssonen var begrensete. Myndighetene tillot derfor store reguleringer, etter hvert på opptil 125 meter. Dette gjorde disse magasinene spesielt viktige som tørrårssikring, og noen av dem kan lagre flere års tilsig. I 1976 ble reguleringsmagasinet i Møsvatnet forbigått i energiinnhold av magasinet i Svartevatnet i Sira-Kvina-utbyggingen i Vest-Agder. Senere ble Blåsjømagasinet i Ulla-Førre-utbyggingen Norges største magasin både i volum og energiinnhold. Magasinet ble fullt etablert på 1980-tallet etter en omfattende dambygging som inkluderte noen av de største dammene i Norge. Ved utbyggingen av Svartisen kraftverk i Nordland ble magasinet i Storglomvatnet ferdigetablert i 1997. Dette er nå Norges største når det regnes i volum, men det er bare det nest største i energiinnhold på grunn av at magasinet ligger noen hundre meter lavere enn Blåsjø. Til sammen kan magasinene i Blåsjø, Storglomvatnet og Svartevatnet lagre en energimengde på ca. 15 TWh, det vil si mer enn ti prosent av den gjennomsnittlige årsproduksjonen i alle Norges vannkraftverk til sammen. Dette tilsvarer det årlige elektrisitetsforbruket til 750 000 husstander.



Vatnedalsmagasinet i Setesdal har en reguleringshøyde på 140 m. Foto: Per Einar Faugli/NVE, mai 2012

Dammer

Dammen, eller demningen, er en konstruksjon som har som formål å demme opp et magasin. Dette kan være et inntaksmagasin for et elvekraftverk eller et reguleringsmagasin for magasinkraftverk. Ved noen magasin kan det være flere dammer. Som regel er det da en hoveddam og en eller flere mindre dammer, såkalte sperredammer eller sekundærdammer.

Som teknisk konstruksjon er dammens primære formål å holde vannet på plass i magasinet, og den må være så tett og sikker at det ikke oppstår dambrudd. Som regel har dammen ikke samme utforming på vannsiden og luftsiden. Det kan være store vanntrykk som virker på dammens vannside, og dammen må være konstruert for å tåle dette. Vanntrykket øker proporsjonalt med vanddybden, slik at dammens tykkelse øker fra toppen og nedover. I tillegg må dammen stå imot en rekke andre belastninger. Det er svært viktig at dammen er tett, både for å hindre tap av vann og spesielt for å unngå vannets eroderende krefter som i verste fall kan undergrave hele dammen. Et viktig punkt er å sikre at dammen har god forankring og god tetning mot terrenget, og helst mot fjell.

En viktig funksjon ved dammen er flomavledningen. Avledningen arrangeres på

forskjellige måter, avhengig av damtype, dammens formål og terrengforholdene. Regulering av vannføring og magasin vannstand ved flom kan være vanskelig og gjøres både for å hindre skader på selve dammen og for å unngå skader i og langs vassdraget. Myndighetene stiller krav til regulering av magasin ved at det fastsettes regler knyttet til konsesjon, og her settes grensen for hvor høy vannstanden kan være ved flom. Flomavledningen må konstrueres slik at grensen ikke overstiges. I dag reguleres vannføringen ved betongdammer som oftest med flomluker i selve dammen eller med et eget overløp på damkronen. Lukemanøvreringen er ofte fjernstyrt. Ved fyllingsdammer kan det være en overløpsterskel i nivå med høyeste regulerte vannstand og ofte kombinert med kanal, sjakt eller tunnel forbi selve dammen.

Mange kraftverk ble bygd i en periode da tømmerfløting var mer aktuelt. Ved dammer i de store fløtingsvassdragene er eller har det derfor vært omfattende arrangement for å tilrettelegge for fløting, både med egne luker som ble åpnet når tømmeret kom, og tømmerrenner forbi dammen. I vassdrag med store isganger har dammene også egne isluker.

Det er mange typer dammer i det norske vannkraftsystemet. Fra gammelt av finnes jorddammer, tredammer, tømmerkistedam-



Sysendammen (Eidfjordutbyggingen). Foto: Knut Ove Hillestad/NVE

mer og mur- og steindammer med torv eller jordtetning. De første ble bygd lenge før elektrisitetsproduksjon var kjent. Dammene ble bygd i tilknytning til møller, sagbruk og jernverk. Disse damtypene er fortsatt i bruk til vannkraftformål i mindre vassdrag. Fuktig trevirke har begrenset levetid, og mange tredammer er blitt erstattet av andre typer dammer.

I regulerte vassdrag er det også vanlig å bygge små terskeldammer som har som formål å demme opp et lite basseng for å sikre et vannspeil for estetiske forhold eller for å sikre gode levevilkår for fisk. Terskeldammer kan være utført i stein og i betong og er bygd slik at vannet renner over dem.

Da vannkraftutbyggingen for alvor kom i gang rundt år 1900, var imidlertid betongen kjent, og de fleste dammer som ble bygd de neste tiårene, var betongdammer, men det kom også noen stein- og jorrdammer med betongtetning. Betongen ble ofte forblendet med huggen stein slik at enkelte av de eldre dammene visuelt framstår som steinmurdammer.

Valg av damtype er avhengig av faktorer som topografi, damhøyde, beliggenhet og transportforhold. En kombinasjon med flere damtyper i samme dam er ikke uvanlig. I dag er betongdammer og steinfyllingsdammer de langt vanligste i norske kraftverk.

Betongdammer

Betongdammer omfatter massivdammer, lamelldammer, platedammer og hvelvdammer. For hvelvdammer brukes også betegnelsen buedammer, spesielt der det er flere hvelv eller buer ved siden av hverandre i dammens lengderetning. Betegnelsen er da flerbuedam.

Massivdammen, eller gravitasjonsdammen, er et kompakt byggverk og står imot vanntrykket med sin egen tyngde. Dammen fundamenteres på fjell og forankres i bunnen for å hindre glidning. En massivdam som skal motstå et stort vanntrykk, blir naturlig nok svært stor, og det blir anselige dimensjoner i bunnen. Det går derfor med mye betong, og dammen blir kostbar til tross for en relativ



Altadammen under bygging. Foto: Knut Ove Hillestad/NVE

enkel utførelse. Med betongdam og stor damhøyde er det derfor andre typer som brukes.

Platedammen ble vanlig etter at armert betong ble tatt i bruk. Den består av en skråstilt, armert betongplate som er understøttet på luftsiden av armerte betongpilarer. Platedammen krever lite betong i forhold til en massivdam med samme høyde, men utførelsen er mer krevende. Det er bygd en god del platedammer i Norge fra omtrent 1920 og videre utover på 1900-tallet. Noen få har en høyde på over 20 meter. Den høyeste er ved Langavatnet i Hordaland (Tysso II kraftverk). Dammen ble ferdig i 1967 og har en høyde på 30 meter.

Lamelldammer er mindre vanlige i Norge og er en slank massivdam som støttes opp av lameller av armert betong på luftsiden. Damtypen kan sies å være en mellomform mellom massiv- og platedammen.

Hvelvdammene er økonomisk fordelaktige ved smale damsteder og avløste massivdammene i trange fjelldaler. De ble billigere på grunn av mindre betongforbruk. Hvelvdammer kan økonomisk sett bygges mye høyere enn andre typer betongdammer, med andre ord kan både magasin og kraftverkets trykkehøyde økes uten at magasinkostnaden blir større. Dammen ved Vird'nejav'ri (Alta-

dammen) er en hvelvdam, ferdig bygd i 1987, og er med sine 110 meter Norges høyeste i sitt slag. Ofte er damstedet slik at hvelvdammen kan kombineres med andre damtyper, med hvelvet over et dypt parti. Førrevassdammen i Ulla-Førre-utbyggingen er en kombinert gravitasjons- og hvelvdam med en samlet lengde 1 300 meter. Den største høyden i hvelvdamseksjonen er 90 meter. Største høyde for massivdammen er litt over 30 meter. Under byggingen gikk det med 255 000 m³ betong. Dammen er i dag Norges største betongdam i lengde og volum.

Flerbuedammen kan betraktes som en kombinasjon av platedam og hvelvdam. I stedet for plate fra pilar til pilar brukes sirkulær-sylindriske hvelv. Dermed kan avstanden mellom pilarene gjøres betydelig større enn for en platedam. Flerbuedammen krever lite masser, men utførelsen er svært komplisert.

Steinfyllingsdammer

En steinfyllingsdam er bygd opp av forskjellige typer masser som er fordelt i ulike soner. Massene i hver sone er avhengig av



Storvassdammen (Ulla-Førreverkene) under bygging med asfaltkjerne. Foto: Knut Ove Hillestad/NVE

hvilken funksjon sonen har. Mest utbredt er dammer med en sentral tetningskjerne av morene, betong eller asfalt, omsluttet av en filtersone av grus. Utenfor filtersonene er det en overgangssone av finsprengt stein. Deretter følger grovsprengt stein som støttefylling og ytterst en plastring med store steinblokker. Steinmassene blir hentet fra tunneldrift i området eller fra eget steinbrudd. Steinbruddet plasseres vanligvis slik at det senere blir skjult, i hvert fall når det framtidige magasinet er fullt.

Tetningskjernen er viktig fordi den skal hindre vanngjennomtrengning. Der hvor egnet morene har vært lett tilgjengelig, har dette materialet vært mest brukt som tetningskjerne. Men også andre masser er brukt, blant annet jord, knust fyllitt, morene og betong. Ved noen store dammer fra de siste tiårene var det vanskelig å finne nok egnet morene innenfor akseptabel avstand. Bruk av asfaltkjerne som tetning har derfor blitt brukt i noen tilfeller. Som alle andre damtyper må også steinfyllingsdammer ha god kontakt mot fjell, og en grundig rensk er spesielt viktig for å sikre kontakten mellom fjellet og tetningskjernen. Noen fyllingsdammer har en tetningsplate på vannsiden i stedet for sentral tetning. Plater av betong, asfalt og trevirke er brukt. Tetningskjernen er innebygd i steinmasser, også på toppen av dammen. Toppen av kjernen ligger noen meter under selve damtuppen, samtidig som dambredden er betydelig større enn bredden av tetningskjernen. Kjernen er derfor godt beskyttet. Bredden på toppen er vanligvis fem til sju meter. På noen av de store dammene er det også bilvei på damkronen.

Flomavledningen er spesielt viktig ved steinfyllingsdammer. Selv om de er robuste konstruksjoner, skal ikke vannstanden i magasinet stige høyere enn toppen av tetningskjernen eller tetningsplaten på vannsiden. Dette er fordi det må unngås at det oppstår skader på grunn av erosjon i dammassene. Derfor er det påkrevd at det skal være god margin mellom høyeste vannstand i magasinet og tetningskjernen eller tetningsplaten.

Inntak og tilløpssystem

Vannveien fra inntaket til kraftstasjonen kalles ofte tilløpssystemet og består vanligvis av luker, bjelkestengsel og varegrinder i tillegg til det som er den egentlige vannveien: tunneler, kraftverksrør og sjakter. Både tunneler, rør og sjakter er lukkede. Det finnes også åpne vannveier i form av kanaler. Kanaler er mest brukt som utløp fra kraftstasjonen, men finnes også som en del av tilløpet.

Inntaket konstrueres for å lede vannet fra et magasin eller et inntaksbasseng og inn i vannveien. Foran inntaket er det normalt en varegrind (rist). Inntaket har et stengeorgan, det mest vanlige er en luke. Ved magasin med stor senkning kan det være en lang, vertikal sjakt ned til luken. På toppen av sjakten, litt over magasinets høyeste vannstand, er det da lukehus med opptrekksmaskineri.

Kraftverksrør

En tradisjonell løsning ved vannkraftverk er en omtrent horisontal vannvei fra inntaket og deretter en bratt vannvei ned til kraftstasjonen. Ved mange kraftverk er så å si hele denne siste delen, selve fallstrekningen, lagt i rør. Rør i dagen må naturlig nok følge fjellsiden ned til kraftstasjonen.

Trerør var ikke uvanlig ved mange av de tidligste anleggene, og for å stå imot trykket ble rørene forsterket med stålbånd. Stålrør var imidlertid det vanligste. Til å begynne med ble rørene klinket, men etter hvert som sveiseteknologien utviklet seg, ble sveisete rør sikrere.

Rørets styrke må være spesielt stor nederst der trykket er størst, og godstykkelsen på rørene er derfor større nede ved turbinen enn ved inntaket. I noen tilfeller er det brukt trerør øverst og stålrør nederst. Det er selvsagt begrenset hvor store dimensjoner rørene skal ha, både med hensyn til diameter og godstykkelse. Der det skulle ledes store vannmengder, ble det derfor lagt flere rør parallelt i såkalte rørgater. Klassiske eksempler er rørgatene ved kraftverkene Tyssø I, Vemork og Nore. Ved alle tre stedene ligger rørene fortsatt, men det ledes ikke lenger vann gjennom dem.



Vannveiens overgang fra tunnel til rørene som førte vannet ned til kraftstasjonen Tyssø I nede ved Sørffjorden i Hardanger. Fallhøyden var 400 m. Anlegget ble fredet i 2000.

Foto: Per Einar Faugli/NVE

Tunneler

Konvensjonell tunneldriving består av boring, sprengning, opplasting og uttransport av steinmassene. I de senere årene er det også tatt i bruk maskiner som borer seg gjennom fjellet. Utviklingen av forskjellige og etter hvert svært avanserte teknikker for tunneldriving har hatt stor betydning for bygging av kraftverk i Norge.

De første kraftverkstunnelene ble drevet ved håndboring. Tunnelverrsnittene var bare noen få kvadratmeter. Hovedutfordringen var å få til en effektiv utkjøring av de utsprengte massene. Ved lange tunneler ble det behov for mange tverrslag, både for uttransport av masser og for å få bedre ventilasjon.

Ved de første kraftverkene var en eventuell tunneldriving bare en beskjeden del av anleggsvirksomheten fordi både kraftstasjonen og vannveiene vanligvis ble lagt i dagen. Fram til 1920-årene ble anleggsarbeidet utført med hånd- og hestekraft.

Men så begynte den maskinelle tunneldriften så smått å utvikles. I løpet av krigsårene 1914–18 ble det blant annet i Sverige utviklet en ny type bor med hardmetallhoder og lette boremaskiner med knematere som startet en revolusjon innen tunnel- og fjellsprengningsteknikken.

Økt sprengningskapasitet medførte behov for bedre laste- og transportutstyr. De skingående kastelastemaskinene representerte første trinn i utviklingen. Mot slutten av 1950-årene kom de hjulgående lastemaskinene. Med lastebiler og dumpere ble tunneldriften mer fleksibel.

Også boremaskinene var i sterk utvikling. Ved byggingen av Nedre Vinstra kraftverk like etter andre verdenskrig ble planene for tunneldriften lagt opp i samarbeid med det svenske maskinfirmaet Atlas Copco, som leverte bore- og trykkluftutstyr til anlegget. Den svenske metoden, senere kjent som "Vinstrametoden", besto i at tunnelen ble drevet med korte salvelengder på delt tverrsnitt. Det kom gjester til anlegget fra alle verdens kanter for å se på driften. Den 24 kilometer lange tunnelen med et tverrsnitt på 30 kvadratmeter ble drevet fra fem

tverrslag og var da Europas lengste kraftverkstunnel.

Utover i 1950-årene begynte man å montere flere knematermaskiner i høyden, og de såkalte stigematerne kom i bruk. I løpet av 15 år foregikk det i det hele tatt en enorm utvikling innen alle områder av det vi kan kalle fjellarbeider. Nå kunne man også drive lange overføringstunneler. Utviklingen førte videre til at også kraftstasjonene kunne plasseres inne i fjellet. Fullprofilboring hadde vært brukt til boring av tunneler for vei, vann og avløp i løpet av 1970-årene og var også prøvd ved flere vannkraftanlegg med resultater som varierte med fjellkvaliteten. Boremaskinen har borhoder helt foran og knuser fjellet mens den beveger seg framover. Det kan gjerne sies at maskinen graver seg innover i fjellet. Massene som tas ut, føres på transportbånd bakover langs maskinen for videre transport ut av tunnelen.

I noen magasiner ble det tillatt store reguleringshøyder. Utslag fra en tunnel mot et stort vanntrykk ble en ny utfordring innen sprengningsteknikken. Det kreves god innsikt i geologi, sprengningsteknikk og hydraulikk for å avgjøre når og hvordan den siste



Vanntunnel under bygging (Noreverkene). Foto: Statkraft

salven skal utføres for at utslaget skal bli vellykket. Teknikken for slike utslag er gammel, og den er brukt i mange land. I Norge er det utført mange hundre utslag. De tidligste utslagene var med vesentlig mindre tunnelverrsnitt og mot betydelig mindre vanntrykk enn det som nå ble aktuelt. Med de store senkningsmagasinene kom de store tunnelverrsnittene og de store dypene. Utslaget med en tunnel med tverrsnitt på 60 m² i Fossvatnet (Kobbelv kraftverk i Nordland) i 1987 var på 119 meters dyp og er trolig dybdeverdensrekord. I Blåsjømagasinet (Ulla-Førre-utbyggingen) ble det i 1986 sprengt utslag på tre forskjellige nivåer samtidig. Metoden har blitt en norsk spesialitet.

Sjakter

Rør i dagen ved de eldste kraftverkene måtte naturlig nok følge terrenget. Noen steder var terrenget imidlertid så bratt og vanskelig tilgjengelig at det ble både enklere og billigere å legge rørene i sjakter i fjellet. En løsning etter hvert var å fylle rommet mellom stålet og fjellet med betong slik at vanntrykket også ble tatt opp av fjellet og ikke av røret alene. Denne metoden, også kalt stålføring, var kjent fra utlandet og hadde også med hell blitt brukt i Norge så tidlig som i 1921. Etter andre verdenskrig kom metoden mer og mer i bruk i Norge.

En annen løsning for å redusere stålmengden er å lede vannet i råsprengt sjakt, det vil si uten bruk av stål. Vanntrykket må da tas opp av fjellet alene. Dette ble prøvd allerede under stålmangelen etter første verdenskrig med opptil 150 meter vanntrykk, men med blandet resultat. Etter hvert som kunnskapen innen geologi og bergmekanikk og erfaringene med råsprengte sjakter i lavtrykksanlegg økte, ble det imidlertid en gradvis økning i bruken av råsprengte trykksjakter også for store vanntrykk. Noe avhengig av fjellkvaliteten ble det også valgt løsninger der nederste del av sjakten ble stålføret. De råsprengte trykksjaktene, også kalt uføret, ble med tiden benyttet for stadig større vanntrykk, og det ble satt mange nye rekorder.

Svingesystem

Den momentane produksjonen i et kraftverk er avhengig av kraftforbruket i øyeblikket og hvordan den totale produksjonen fordeles på kraftverkene i det samkjørte området. Produksjonen kan reguleres raskt opp eller ned, og vannkraftsystemets styrke er muligheten for rask respons på variasjoner i forbruket. Men med lastendringen endres vannmengden gjennom turbinen og dermed også vannhastigheten i tilløpstunnelen. En stor, momentan endring av vannhastigheten kan føre til store svingninger i vannmassene, trykkstøt og ødeleggelse av konstruksjoner. En tradisjonell løsning er at vannet stiger opp i en svingesjakt eller et svingekammer (svingebasseng) ved toppen av trykksjakten, eller foran rørintaket dersom det er rør i dagen. Vannstanden svinger da opp og ned inntil en stabil situasjon oppstår. Dette er enkelt å få til der man har tilløpstunnel i en høy dalside. Et kammer eller en sjakt blir da sprengt ut i fjellmassivet. Navn som fordelingskammer, avdrags- og pådragskammer og utjevningsbasseng er også brukt. Det er mange forskjellige løsninger, men hovedpoenget her er en løsning der arrangementet er sprengt ut i fjellet. Noen steder er det nødvendig med et svingearrangement også i undervannet, det vil si etter at vannet har forlatt turbinene.

Nyere kraftstasjoner av en viss størrelse er som regel plassert inne i fjellet, og vannveien fra magasinet kan være lang. Det kan være en fordel med en løsning med en skrå trykk-tunnel i stedet for den mer vanlige løsningen med trykksjakt og tilnærmet horisontal tunnel. For å kunne drive kraftverket tilfredsstillende er det nødvendig at svingekammeret eller svingesjakten plasseres tilstrekkelig nær turbinen. Ved en tradisjonell løsning vil en sjakt bli svært lang og dermed kostbar. I løpet av 1970-årene kom en ny løsning, nemlig luftpute-kammeret som er sprengt ut i fjellet nær kraftstasjonen. I et luftpute-kammer bestemmes ikke vannoverflaten av atmosfæretrykket. I stedet presses vannet ned med et mye høyere trykk. De første luftpute-kamrene i Norge ble tatt i bruk i 1973.

Kraftstasjon

Kraftstasjonen rommer turbinene og generatorene, ofte transformatorer og dessuten forskjellige hjelpeanlegg og apparatur. Utformingen av kraftstasjonen blir en helhetsvurdering ut fra hvor mye vann som skal passere gjennom turbinene, antall aggregater som skal plasseres i stasjonen, og også hvordan aggregatene skal eller kan plasseres. I tillegg vil transformatoren, som ofte er den største enheten, ha stor betydning for den bygningstekniske løsningen. Tilgjengelig kaiplass, tverrsnitt i veitunneler, bruers bæreevne og øvrig veistandard er viktig for transporten av de største enhetene og kan derfor ha betydning for kraftstasjonsutformingen.



Tinfos-anleggene på Notodden med kraftproduksjon siden 1894.

Foto: Tinfos AS

Etter at vannet har passert turbinen, blir det ledet tilbake til vassdraget eller til havet. Vannveien kan være en kanal, en kulvert, et rør eller en tunnel. Dersom det er utløp til et magasin, vann eller til havet, er utløpet ofte dykket. Det vil si at det ligger under utenforliggende vannoverflate fordi turbinen plasseres så lavt mulig som for å få størst mulig fall. Også ved utløp i elv plasseres turbinene så lavt som mulig, men her blir utløpet i overflaten. Fallet blir større desto lenger ned i vassdraget utløpet legges, men samtidig blir også tunnelkostnadene større. Den beste plasseringen finnes etter en avveining mellom økt produksjon og økte kostnader. Det er imidlertid også andre forhold som avgjør hvor utløpet fra kraftstasjonen skal ligge, og også hvordan vannføringen ut av kraftstasjonen skal være. Det blir lagt vekt på både estetiske og økologiske forhold. Hensynet til laks har noen ganger vært avgjørende for plassering av kraftstasjon og utløp. Norske lakseelver har vanligvis en relativt kort lakseførende strekning, og det er vanlig at de nederste kraftstasjonene i de viktigste laksevassdragene er plassert slik at vannet ut fra kraftstasjonen sikrer en stabil vannføring på hele den lakseførende strekningen.

Kraftstasjoner i dagen

Bygningene er i hovedsak utført i betong, men spesielt på begynnelsen av forrige århundre ble også materialer som huggen stein og teglstein brukt. I løpet av de siste årene er det også oppført kraftstasjoner i tre, men dette gjelder nok først og fremst for ganske små kraftverk.

I en tidlig fase var koblingsanlegget mange steder plassert inne i kraftstasjonen. Med den tids teknologi var disse anleggene plasskrevende, noe som bidro til store og ruvende kraftstasjonsbygninger. I tiden etter første verdenskrig ble det vanligere å plassere koblingsanlegget utendørs, og kraftstasjonsbygningene ble da generelt mindre.

I noen eldre, store kraftstasjoner ble det satt inn et stort antall aggregater, plassert på rekke og rad i maskinsalen, og hvert enkelt

aggregat hadde store fysiske dimensjoner. Senere har teknologien ført til mindre fysiske dimensjoner, samtidig som også muligheten for samkjøring av kraftverk har medført at det kan brukes færre aggregater, men som enkeltvis har langt større ytelser enn det som tidligere var mulig og hensiktsmessig. Disse forholdene har sammen med mer kompakte installasjoner og utstyr i betydelig grad bidratt til at de nyere kraftstasjonene er langt mindre voluminøse enn mange av de eldre. Samtidig må det påpekes at noen av de eldre nok ble bygd større enn det som var nødvendig ut fra tekniske forhold, på grunn av at man ønsket et godt synlig resultat. Noen av de eldre kraftstasjonene i dagen er derfor spesielt monumentale og majestetiske i forskjellige byggestiler og tegnet av kjente arkitekter.

Kraftstasjoner i fjell

I løpet av andre verdenskrig erfarte man at kraftstasjoner og rørgater er sårbare for sabotasje og krigshandlinger. Ut fra beredskaps-hensyn oppsto det derfor et krav om at såpass viktige infrastrukturanlegg skulle plasseres i fjell. Det første kraftverket i verden som ble lagt i fjell, var Porjus kraftverk i Nord-Sverige, som sto ferdig så tidlig som i 1915. Men også Norge var tidlig ute på dette området. Bjørkåsen gruver i Ballangen kommune i Nordland fikk i 1914 konsesjon for å regulere Børsvatnet ved at det naturlige utløpet ble stengt med en dam. Fra magasinet ble det sprengt en 1 600 meter lang tunnel til et fordelingsbasseng. Derfra går et trykkrør innstøpt i en vertikal 70 meter lang sjakt ned til kraftstasjonen, som også ble i utsprengt i fjell. Kraftstasjonen sto ferdig i 1921 og er Norges første kraftstasjon som i sin helhet ble planlagt og bygd ferdig i fjell. Til forskjell fra de fleste senere norske kraftstasjoner i fjell har Bjørkåsen ikke adkomst gjennom tunnel. Det er heis fra overflaten og ned til maskinsalen. I de senere tiårene er denne løsningen mest brukt ved elvekraftverk. Nedre Fiskumfoss i Nord-Trøndelag var det første (1946).

Det var ingen selvfølge at kraftstasjonene

skulle legges i fjell. Det ble planlagt stadig større kraftstasjoner, og for norske fjellspengere var dette en ny utfordring. Aura og Tyin var kraftstasjoner som tidlig ble planlagt med plassering i fjell siden det var vanskelig å finne andre gode løsninger. Erfaringen og utviklingen i fjellsprennings-teknikken viste imidlertid at plassering i fjell var både effektivt og lønnsomt. I løpet av de første årene etter andre verdenskrig ble flere kraftstasjoner lagt i fjell.

For kraftstasjoner i fjell er ventilasjonen en viktig del av anlegget. Koblingsanlegget ble gjerne utført som utendørsanlegg, og i noen tilfeller er det også bygd administrasjonsbygg i dagen. Terrengforholdene kunne på den annen side ofte gjøre det vanskelig å bygge store koblingsanlegg uten-dørs, og da en ny og mindre plasskrevende isolasjon ble utviklet, som det såkalte SF6-anlegget (SF6 = svovelhexafluorid), ble også koblingsanlegget lagt i fjell. Skjomen kraftverk i Nordland installerte det første SF6-anlegget i Skandinavia i 1973.

I begynnelsen var det mest vanlig med horisontal plassering av aggregatene, det vil si at turbin og generator står ved siden av hverandre. Utviklingen har gått i retning av vertikal aksel, som tillater en mer kompakt løsning ved at turbinen plasseres under generatoren. Av aggregatet er det derfor bare toppen av generatoren som ses i maskinsalen. De lavereliggende delene av aggregatet, det vil si mesteparten av generatoren, akselen og turbinen er fordelt på etasjer nedover i kraftstasjonen. Kraftstasjonen blir da vesentlig dypere enn med horisontal oppstilling, som på sin side vil kreve større areal i maskinsalen. Det andre forholdet gjelder plassering av transformatoren. For at avstanden fra generator til transformator skal bli så kort som mulig, har man ofte valgt å plassere transformatorene i samme hall som generatorene. På grunn av sikkerhetsforhold, blant annet risikoen for transformatorbrann og eksplosjon, har man imidlertid senere i større grad valgt å plassere transformatorene i en egen hall.

Nye verdier med gammelt utstyr

Også mindre enheter enn et helt kraftverk, en kraftstasjon eller en stor dam representerer teknologiutvikling og er kulturminner. Et eksempel er aggregatene. Vannkraftaggregater er robuste og har generelt sett lang teknisk levetid. Særlig ble mange av de tidligste turbinene og generatorene laget svært solide, og mange av dem har vært lenge i drift. Det finnes også eksempler på gjenbruk.

Vannkraft, natur og miljø (avsnittet er utarbeidet av Per Einar Faugli)

En krevende balansegang

Energiforsyningen er en viktig del av landets infrastruktur. Naturinngrep og interessekonflikter knyttet til vannkraftproduksjon og transport av elektrisitet er ikke til å unngå. Utfordringen er å minimalisere de negative konsekvenser. Planlegging og samarbeid mellom de involverte må til for å finne gode løsninger bygd på den kompetansen en har der og da. De valgte løsningene kan likevel ha

store negative konsekvenser for andre interesser og brukere. Stadig utvikling av relevante avbøtende tiltak bedrer på noe av dette. Vern av vassdrag var tidligere en viktig faktor i dette helhetsbilde og resulterte i at 388 vassdrag eller deler av vassdrag er vernet mot kraftutbygging. I senere tid har det blitt økt fokus på sjeldne og truede arter, økologiske systemer og biologisk mangfold.

En stor del av det norske vannkraftpotensialet er allerede utbygd. Klimahensyn gjør at vannkraftprodusert elektrisitet er mer verdt og svært aktuell. Dette fører til at det fortsatt er aktuelt med vannkraftutbygging i Norge. Konsekvensene ved opprusting og utvidelse av eldre anlegg er normalt mindre enn for nye prosjekter i vassdrag som er lite eller ikke påvirket av inngrep. Det er også gitt anledning for revisjon av tidligere gitte konsesjonsvilkår ut fra muligheter for miljøforbedringer i berørte vassdrag med eldre utbygginger. Fram til 2022 gjelder dette konsesjonen til 340 vannkraftverk.

I det siste tiåret har interessen for å bygge små kraftverk vært sterkt økende. Det har vært en oppfatning om at små kraftverk er



Ekso på Vestlandet er regulert og var et sentralt forskningsvassdrag innen Terskelprosjektet og oppfølgende FoU-program. Foto: Per Einar Faugli/NVE



Regulert elvestrekning uten tiltak. Foto: Per Einar Faugli/NVE

mer miljøvennlige enn store. Miljøkonsekvensene varierer imidlertid ut fra lokale forhold. Ofte bygges det flere små kraftverk i et vassdrag og sumvirkningen av inngrepene i nedbørfeltet kan være betydelig. Mange av de gjenværende store utbyggingsmulighetene er imidlertid kontroversielle, og det har så langt vært bred politisk enighet om en restriktiv holdning til nye større vannkraftutbygginger.

Miljøbevisstheten utvikles

På slutten av 1800-tallet fant de første vannkraftutbyggingene sted i Norge. Disse anleggene var beskjedne i størrelse og de var få i antall. Det ble særlig reagert på at fosser ble tørrlagt. Likevel utgjorde reguleringsanlegg knyttet til flomdempning og trelastindustrien mer dominerende inngrep i vassdragene.

Fossene, fjordene og isbreene var allerede da viktige besøksmål for turistene. De store fossene som Rjukanfossen, Vøringsfossen, Skjeggedalsfossen og Tyssestrengene var allerede kjente turistattraksjoner, ikke minst i utlandet. Men vannfallene var viktige for kommende utbygginger og en gryende spekulasjon i kjøp og salg av disse var under utvikling.

Fra 1830-tallet finner sted en betydelig utvikling av sportsfiske etter laks i flere av de norske elvene. Det er spesielt velstående engelskmenn som står i spissen for dette. Dette ga etter hvert grunnlag for betydelige inntekter og arbeidsplasser ute i distriktene. Verdenskrigene i det 20. århundre førte til at britenes sportsfiske ble kraftig redusert, noe som førte til at norske interessenter etablerte seg for alvor i elvene.

Industrietablering og krav til forsynings-sikkerhet medførte etter hvert etablering av magasinkraftverk langs kysten. Dette sikret strøm og arbeidsplasser som var viktige faktorer for samfunnsutviklingen. Datidens store utbygginger ble påbegynt rundt 1906/07. I 1906 var den samlede generatorstørrelse bare 70 MW, mens den i 1923 hadde økt til 1 400 MW. Likevel er dette svært beskjedent mot dagens vannkraftstasjoner som i 2011 hadde en maksimal ytelse på nær 30 000 MW.

I den tidlige fasen var avstanden mellom energikilde og forbruker liten og det var få anlegg og disse var også relativt små. Inngrepene i naturen og landskapet ble derfor beskjedne. Inngrepene kunne være skjjemmende, med store rørgater langs dalsidene, og

stedvis lite vakre dambygninger. Deler av naturskjønnheten gikk opplagt tapt. Men gleden ved de teknologiske nyvinninger og følelsen av at vi hadde ubegrensede naturressurser ga oss også monumentale kraftstasjoner. Det vannkraftrelaterte kulturlandskapet og dets elementer er det i dag behov for å ta vare på og stedvis frede, fordi det dokumenterer viktige perioder i utviklingen av det norske samfunn.

På 1920-tallet fikk vi den hittil heteste naturverndebatten i Norge. Det forelå planer om å bygge flere anlegg som ville berøre sentrale vann og vassdrag i høyfjellsområdet Jotunheimen. Debatten førte til at planene ble lagt på is. Nye planer ble utarbeidet og i 1936 ble Bygdin og Vinstravassdraget regulert. Sjoavassdraget ble derimot vernet om enn ikke før i 1973. Den mektige Vettisfossen i indre Sogn ble for øvrig fredet i 1924, som en reaksjon på at flere fosser på Vestlandet var lagt i rør.

Vannkraftutbyggingen avtok fram mot andre verdenskrig. Etter krigen ble kraftutbyggingen sett på som nøkkelen til landets



Vettisfossen i indre Sogn ble fredet i 1924.

Foto: Bjørn Lytskjold/NVE

videre industrialisering og industrien fikk store kraftmengder til lav pris. Hele befolkningen skulle også ha rikelig tilgang på strøm til lav pris. Den teknologiske utviklingen medførte nye og større muligheter for utnyttelse av vannressursene og store kraftanlegg ble igangsatt hvor miljøkonsekvenser kunne være store. Flere av inngrepene førte til betydelige naturødeleggelser og store negative virkninger på økosystemene ikke minst i de sterkt regulerte elvene. Det ble også reagert på de store kraftoverføringer som kunne virke skjemmende i landskapet. En voksende motsetning mellom kraftutbygging og naturvern var under utvikling.

En omfattende debatt om norsk vannkraftutbygging startet på 1960-tallet. Ord som naturvern, økologi og miljø kom inn i debatten. Natur- og miljøvernerne aksjonerte mot at nye vassdrag skulle berøres. Dette påvirket også myndighetene. Det ble aksjonert mot utbygging i flere vassdrag. Planene i Aurlandsvassdraget ble revidert. Enkelte inngrep ble unngått og noen store synlige inngrep ble betraktelig redusert. Dette var mulig å få til uten at kraftproduksjonen ble endret. Da det i 1970 ble vedtatt å bygge ut Mardalsfossen, et av Europas vakreste og største fossefall, utløste dette datidens hittil største naturvernaksjon. Miljøbevisstheten økte. Konflikten kulminerte med Alta-saken for så å avta utover i 1990-årene. Alta-saken omhandlet først og fremst spørsmål om naturvern og urfolks rettigheter, men det ble også et spørsmål om konsesjonsmyndighetens saksbehandling.

Det nasjonale arbeidet med å verne vassdrag mot kraftutbygging startet opp på 1960-tallet. Stortinget gjorde sitt første vedtak i 1973. Gjennom flere vedtak består nå verneplanen av 388 objekter som til sammen skal utgjøre et representativt utsnitt av Norges vassdragsnatur. Naturfaglig kunnskap har hatt en sentral plass i arbeidet, hvor det også ble lagt vekt på naturvern- og friluftsinnteresser, fisk, vilt og kulturminner. Landbruksinteressene ble også vurdert samt at verneverdiene ble veiet opp mot vassdragets kraftpotensiale.



Utbyggingen av Aurlandsvassdraget medførte en rekke inngrep i fjellområdet som inntil da var nærmest uten tekniske inngrep. Foto: Per Einar Faugli/NVE

En tredjedel av de norske laksevassdragene er påvirket av reguleringer, deriblant de fleste største vassdragene med de mest tallrike bestandene. Nedgangen i de norske laksebestandene på 1970- og 80-tallet ble knyttet til en rekke årsaker av ulik karakter. Men reguleringer antas som en vesentlig årsak til at villaksen er utryddet, truet eller sårbar i 43 vassdrag.

Norge har i en årrekke ført en aktiv klimapolitikk. Hensynet til ikke å øke klimagassutslippene er en viktig grunn til at det nesten utelukkende gis tillatelse til fornybar energiproduksjon. Dette betyr at forholdene nå legges til rette for økt produksjon av vannkraft og vindkraft. I forbindelse med innføringen av EUs fornybardirektiv har Norge forpliktet seg til å øke andelen fornybar energi fra 62 % i 2010 til 67,5 % i 2020. Et virkemiddel for å nå dette målet er det nylig etablerte norsk-svensk elsertifikatmarked. Fram til 2020 er målet at de to landene til sammen skal øke den fornybare produksjonen med 26,4 TWh.

Motsetningen mellom klimahensyn og lokale naturinngrep ved inngrep i vassdragene og at kraftoverføringsnettene må styrkes, blir da en stor utfordring. Det er konsesjonsbehandlingen som skal sikre at de totale samfunnsmessige fordelene knyttet til etableringen av et nytt energianlegg overstiger ulempene. Ved siden av vassdrags- og energilovgivning setter også blant annet naturmangfoldloven og plan- og bygningsloven viktige juridiske rammebetingelser for konsesjonsbehandlingen.

Miljøkompetanse bygges opp

For å forbedre de vitenskapelige vurderinger ble det på slutten av 1960-årene satset på å øke den faglige kompetansen innenfor den naturvitenskapelige sektor. Gjennom opprettelsen av Kontaktutvalget for vassdragsreguleringer ved Universitetet i Oslo ble det etablert et nettverk mellom landets universiteter. Faglig relevante institutt tok del i utrednings- og vurderingsarbeidet samt i pågående forskningsprogram. Dette opp-

legget var i funksjon fram til midten av 1980-årene.

Kraftbransjen etablerte avtale med flere universitet og opprettet Laboratorium for ferskvannøkologi og innlandsfiske. Det var også en egen utredningsgruppe ved Direktoratet for vilt og ferskvannsfisk (DVF) som jobbet innenfor disse felt. Bransjen og de store kraftselskapene så viktigheten av å ta miljøhensyn. De var aktive innenfor forskningen og ansatte etter hvert selv også personell med miljøkompetanse. Det ble nå vanlig med grundige faglige utredninger av miljøkonsekvensene og samarbeid med utvikling av miljøutbedringstiltak.

Lovgivningen moderniseres og forvaltningen styrkes

Miljødebatten resulterte også i at den aktuelle lovgivningen ble modernisert og at store planarbeider ble igangsatt innen vassdragssektoren.

Den sentrale loven ved vannkraftutbygginger, vassdragsreguleringsloven, ble endret flere ganger utover på 1960-tallet. Når konsesjon for utbygging ble vedtatt, inngikk alltid en rekke vilkår. I 1963 kom inn et eget konsesjonsvilkår om naturvern. Med bakgrunn i dette opprettet NVE to egne naturvernstillinger. NVE var således det første fagforvaltningsorgan som opprettet egne stillinger på dette feltet.

I 1969 ble det innført krav om å forhåndsmelde planlegging for vannkraftutbygging. Dette resulterte blant annet i krav om utarbeidelse av en rekke konsekvensutredninger om miljøforhold. Det faglige materialet styrket selve beslutningsgrunnlaget for myndighetene og ga bedre grunnlag for å fastsette vilkår og pålegge avbøtende tiltak. Senere har det skjedd en samordning med plan- og bygningsloven. Det er også innført hjemmel for revisjon av konsesjonsvilkår spesielt med fokus på miljøforholdene og ikke minst for fastsettelse av minstevannføringer.

Tidlig på 1980-tallet startet Miljøverndepartementet, som ble opprettet i 1972, arbeidet med å styrke landets miljøfor-

valtning. Dette fikk betydning for vassdragssektoren. Det ble blant annet opprettet miljøvernavdelinger hos fylkesmennene og Direktoratet for vilt og ferskvannsfiske fikk utvidete oppgaver under navnet Direktoratet for naturforvaltning. I 1981 initierte departementet prosjektet "Samlet plan for vassdrag". Her ble utbyggingsprosjektene rangert ut fra konfliktgrad i forhold til brukerinteressene og økonomi. Planen ble første gang vedtatt av Stortinget i 1984 og rullert i 1993. Prosjektene med størst konflikt kunne ligge som en framtidig reserve. En omlegging av Samlet plan er politisk signalisert en rekke ganger, men er til nå ikke fulgt opp. Sammen med Verneplanen for vassdrag har Samlet plan vært og er viktige styringsverktøy for myndighetene når det avgjøres om konsesjon skal gis eller avslås for en utbygging.

I 2000 ble det innført en ny vannressurslov for å ivareta balansen mellom bruk og vern ved inngrep i vassdrag. Denne loven avløste Vassdragsloven av 1940. De hovedhensyn som den nye vannressursloven fremmer er hensynet til bærekraftig utvikling og ivaretagelse av det biologiske mangfoldet og de naturlige prosessene i vassdragene. Vassdragets egenverdi, både som landskapselement og som levested for planter og dyr, står sentralt.

Utbyggere må ha tillatelse etter vassdragsreguleringsloven for å foreta inngrep i form av reguleringer eller overføringer i et vassdrag. Utbygging av vannfall med bygging av kraftstasjon er som oftest konsesjonspliktig også etter vannressursloven. Konsesjonsbehandling etter vannressursloven foretas av NVE med Olje- og energidepartementet som klageorgan. Større vannkraftprosjekter som også må ha konsesjon etter vassdragsreguleringsloven behandles i Regjeringen/Stortinget.

I vurderingene inngår blant annet virkninger på naturmangfold, arters leveområder, urørt natur, kulturminner og -miljøer, landskap og arealinteresser for blant annet friluftsliv, reiseliv, reindrift, landbruk og fiskeriinteresser. De negative konsekvensene sees også i relasjon til mulighetene for

gjennomføringen av avbøtende tiltak.

I 2010 ble naturmangfoldloven innført. Denne gir regler om vern og bærekraftig bruk, og gir virkemidler for å ta vare på naturmangfoldet også utenfor områder som er vernet. Loven krever blant annet vurdering av sumvirkning på natur og miljø når det søkes om å gjøre inngrep.

Norge innførte EUs vanddirektiv ved begynnelsen av 2007. Hovedformålet er å beskytte vannmiljøet og sikre en bærekraftig bruk både av vassdrag, grunnvann og kystvann. Det skal utarbeides vannforvaltningsplaner som skal vedtas som regionale planer. Vannforskriften er ikke til hinder for ny utbygging av vannkraft, men det må tas hensyn til kriteriene i vannforskriften når det gis tillatelse til ny utbygging. Vannforskriftens § 12 angir blant annet at «samfunnsnyttene av de nye inngrepene eller aktivitetene skal være større enn tapet av miljøkvalitet». Når det gjelder eksisterende kraftverk kan det i forvaltningsplanen foreslås en framtidig miljøtilstand som kan innebære endret minstevannføring i vassdraget.

Miljøkonsekvenser

Selv om vannkraft er en moden og velprøvd teknologi, foregår det stadig en videreutvikling av de tekniske elementene for å oppnå en mer effektiv produksjon. Vannkraftprosjekter har også blitt betydelig mer omfattende enn tidligere, slik at det enkelte prosjekt berører større arealer og flere elver enn tidligere. Innen miljøsektoren har forskning gitt oss bedre forståelse av samspillet mellom de biologiske og fysiske prosessene i naturen. Studier av de konsekvenser inngrepene kan medføre, gitt oss en betydelig erfaring med å utvikle avbøtende tiltak for å redusere skadene på naturen.

Miljøkonsekvensene av vannkraft er i dag godt kjent. Utbygginger kan miljødesignes, slik at negative virkninger i stor grad dempes. Miljøkonsekvensene er særlig knyttet til etablering av dammer og reguleringsmagasiner, veier og kraftoverføringslinjer, samt endringen av vannføringen i vassdrag.

Økosystemet påvirkes når vassdrag bygges ut. Levevilkårene for planter og dyr kan forandres vesentlig med negative virkninger på



Rauma er viktig et viktig type- og referansevassdrag på Verneplanen for vassdrag. Landskap er kontrastfylt med stort naturmangfold. Foto: Ingvild Herberg

blant annet fisk, planter og bunndyrfauna med tilknytning til vannet og nærliggende naturtyper. Endret vannføring påvirker livet i og ved vannet. Utvasking og erosjon kan ha negative virkninger på både artsmangfoldet og kulturminner i et vassdrag.

Utviklingen i retning av større variasjon i vannkraftproduksjonen over døgnet og uken vil forsterke de negative konsekvensene ikke minst ved at slik kjøring av kraftverket medfører større og hyppig variasjoner på kort sikt i vannføringen i vassdraget og magasinet vannstand.

Det er de aktive prosessene i naturen som er mest utsatt for endringer ved inngrep. Spesielt utsatt er prosesser og former tilknyttet rennende vann. Disse prosessene er nøye tilpasset de naturlige forhold. Inngrep i prosessene forårsaker at nye tilpasninger forsøkes etablert.

Etablering av magasiner medfører endring i naturforholdene; reguleringssoner etableres og landareal settes under vann. Dette kan være en trussel mot det biologiske mangfoldet, for eksempel fiskebestand og artstifang av planter og dyr. Graden av konsekvensene er ofte relatert til regulerings-

høyden. En reguleringshøyde på mer enn ca. 5 meter, kan på sikt medføre sterkt redusert fiskeproduksjon. Omlag to tredjedeler av magasinene her til lands har en reguleringshøyde på over 5 meter. Neddemming påvirker også viltets næringsområder og vandringsveier. Vannstandsendingene i magasinet fører også til utvasking av finstoff og næring, og kan videre føre til erosjon i reguleringssonen som kan forplante seg oppstrøms i magasinet. Opplevelsesverdien endres for flere av brukerne, ikke minst for gruppene friluftsliv og rekreasjon. Dårlig fiske påvirker også områdets verdi for disse gruppene. For å redusere de negative konsekvensene gis det konsesjonsvilkår om manøvreringsrestriksjoner og pålagt tappestrategi for bruken av magasinet. Gjennomføring av erosjonshindrende tiltak og utsetting av fisk for å bedre fiskeforholdene er hyppig brukte vilkår.

De største virkningene kraftproduksjonen forårsaker finner sted i selve vassdraget ved at vannføringen endres. Dette påvirker vanntemperaturen, kan gi ugunstigere forhold for fiskebestanden og gi lokale klimavirkninger som frostrøyk samt redusert opplevelses-



Kraftledningen Hol – Oslo går blant annet gjennom Nordmarka. Foto: Sissel Riibe/NVE

verdien. Hvor store endringene blir, avhenger av hvordan forholdene i elva tilpasser seg det regulerte hydrologiske regimet. Ofte bedres forholdene ved å øke vannføringen gjennom utslipp fra magasinet. Pålegg om minstevannføring er derfor et av de viktigste miljøvilkårene som inngår, når konsesjon gis. Andre viktige miljøtiltak er bygging av fisketrapper, terskler og habitatforbedringer. Forurensningforholdene i berørte elver kan forverres under selve anleggsperioden og ved at resipientkapasitet avtar som følge av redusert vannføring.

Mange miljøforhold vurderes når et anlegg planlegges. Ulike brukergrupper kan ha forskjellig oppfatning av om konsekvensene er positive eller negative. Bygging av infrastruktur i forbindelse med kraftutbygging, som veier og kraftledninger, kan i visse tilfelle innebære like store miljøinngrep som selve kraftutbyggingen. Dyrelivet utsettes spesielt og særlig sårbare er reinen og enkelte bestander av rovfugl. Slike anlegg er også en av de viktigste årsakene til den store reduksjonen av uberørt natur vi har hatt i Norge etter krigen. Veier i forbindelse med utbygginger vil ofte være av nytte for lokalbefolkningen etter at utbyggingsperioden er over. De bedrer tilgjengeligheten til tur- og jaktområder og letter forholdene for eventuell næringsvirksomhet.

Innenfor tiltaks- og influensområdet skal kulturminner og kulturmiljø omtales. Status skal gis i henhold til kulturminneloven, plan- og bygningsloven og eventuelt pågående planarbeid. Alle områder der det kan bli satt i verk fysiske tiltak eller der vannføringen kan bli redusert, skal befares og vurderes i forhold til automatisk fredet kulturminner og nyere tids kulturminne. Granskingsplikten etter kulturminneloven avklares med kulturminneforvaltningen. Dersom tiltaket fører til endring i et kraftverk som er omtalt i denne boka (Kulturminner i norsk kraftproduksjon), må det gjøres rede for dette spesielt. Sametinget er forvaltningsmyndighet for samiske kulturminner, mens Fylkeskommunen har ansvaret for øvrige kulturminner.

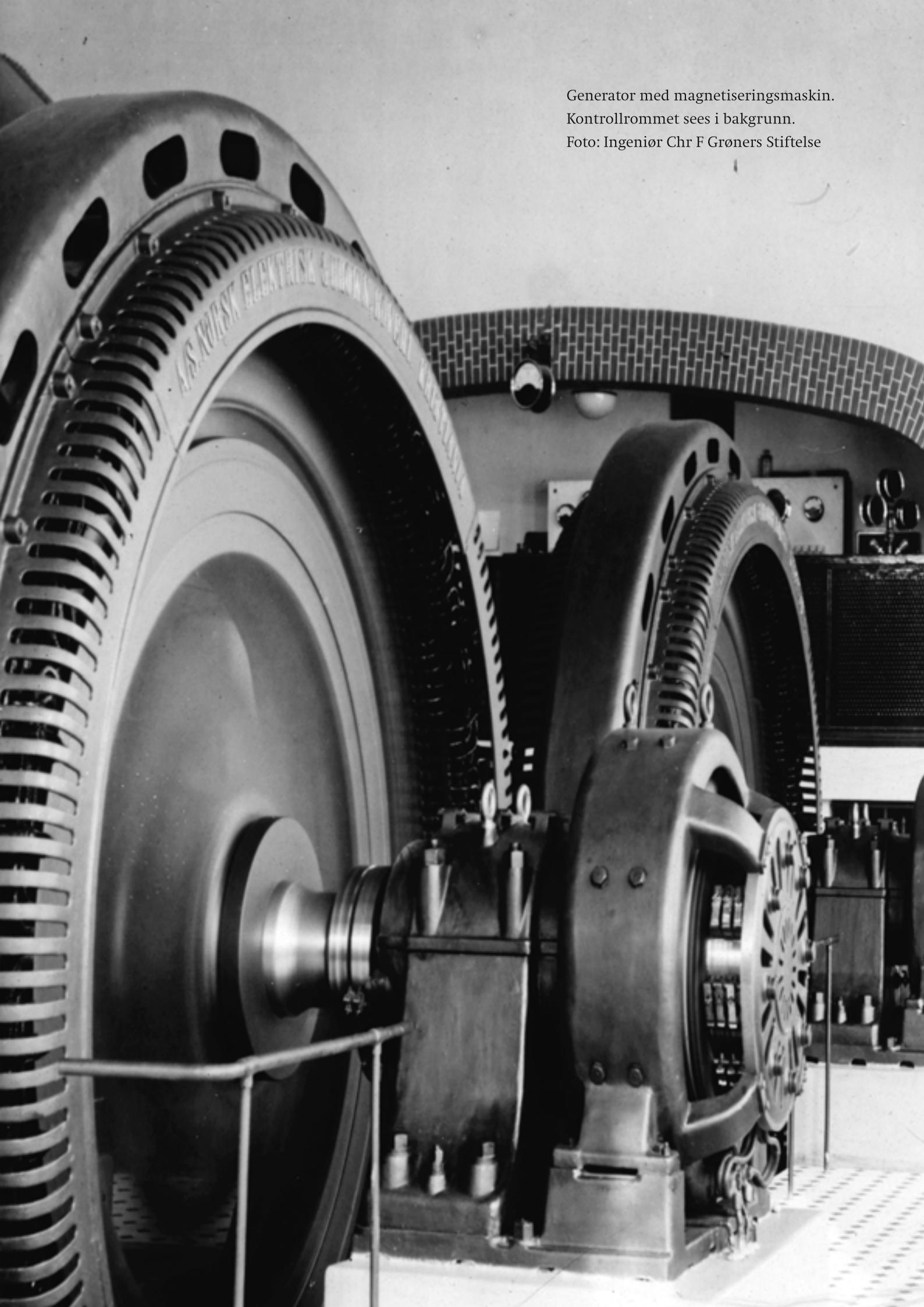
Litteratur:

Faugli, P.E. 2005. The Norwegian Water Landscape – A Historical View on Watercourse Management. NVE. 72 p.

NOU 2012:9. Energiutredningen – verdiskaping, forsyningssikkerhet og miljø. Olje- og energidepartementet. 233 s.

NVE 2010. Konsesjonshandsaming av vasskraftsaker. Rettleiar for utarbeiding av meldingar, konsekvensutgreiingar og søknader. Rettleiar nr 3/2010. NVE. 92 s.

Saltveit, S.J.(red.) 2006. Økologiske forhold i vassdrag – konsekvenser av vannføringsendringer. En sammenstilling av dagens kunnskap. NVE. 152 s.



Generator med magnetiseringsmaskin.
Kontrollrommet sees i bakgrunn.
Foto: Ingeniør Chr F Grønners Stiftelse

Maskin- og elektroteknikk

I det følgende gis en beskrivelse av utviklingen av viktige bestanddeler i produksjonssystemet for vannkraft; turbiner, generatorer og transformatorer. Maskin- og elektroteknikk er en forkortet og bearbeidet versjon av Ragnar Hartmanns artikkel Maskinteknikk og Thorleif Jenssens artikkel Elektroteknikk i første utgaven av boken Kulturminner i norsk kraftproduksjon (2006). For mer informasjon om maskintekniske og elektrotekniske installasjoner i kraftverk vises til første utgaven.

Turbiner

Turbinen er en hydraulisk kraftmaskin. Turbinen omdanner ved sin rotasjon vannets trykk- og hastighetsenergi til mekanisk energi i form av dreiemomentet på roterende aksel. Den mekaniske energien kan anvendes direkte eller omdannes til elektrisk energi (elektrisk strøm) ved at turbinen kobles til en generator. Eksempler på det førstnevnte er tidligere tiders møller, sagbruk, tresliperier og jernverk. I våre dager benyttes vann-turbiner hovedsakelig for elektrisitetsproduksjon.

Inntil slutten av 1840-årene ble alle turbiner utført med vertikal aksel. Først ute med en turbin som var utstyrt med horisontal aksel var Friedrich Wilhelm Schwamkrug fra Sachsen i nåværende Tyskland, kort før 1850.

I vår tid blir de fleste store kraftverksturbiner utført med vertikal aksel. Et unntak gjelder rørturbiner. Horisontal aksel er vanlig for småturbiner.

1800-tallets norske turbinleverandører og overgangen til 1900-tallets turbintyper

Norsk vannturbinpioner var firmaet Jens Jakob og Andreas Jensen i Christiania. Rundt 1850 laget disse den første norske turbinen for drift av egne verkstedsmaskiner. Maskinen var av type skotsk turbin. Brødrene Jensens firma skiftet etter få år navn til Jens & Andreas Jensen & Dahl. I 1907 ble navnet endret til Myrens Maskinteknikk Verksted. Jensen & Dahls leveringsliste for vannturbiner føres tilbake til 1867. En viktig turbintype i de første års produksjonsprogram var Jonval-turbinen. Snart fikk Jensen & Dahl konkurranse fra en annen norsk leverandør,

Kværner Brug. Her regnes den første turbinleveransen til 1873. Da ble det levert en horisontal slipemaskin med tilbehør til en treforedlingsbedrift med en Jonval-turbin som ved 11,3 meter fallhøyde ytet 169 kW.

Fredrik Wilhelm Louis Hiorth (1851–1923), utdannet ved Chalmerska Institutet i Göteborg, grunnla Rodeløkkens Jernstøperi, som i 1892 ble slått sammen med Kværner Brug. Her var Hiorth direktør frem til 1900. En av Hiorths mange oppfinnelser var en halvaksial aksjonsturbin. Det er ikke kjent om denne turbinen ble tatt i bruk eller om den bare forble en tegneboardsidé.

Francis- og Pelton-turbiner ble bare i liten grad produsert av norske turbinleverandører før begynnelsen av 1900-tallet. Da kunne imidlertid så vel Kværner Brug som Jensen & Dahl (Myrens Verksted) levere slike turbintyper med til dels avanserte løpehjul. Om disse var egenkonstruerte eller basert på lisenser står åpent. Dog kan det virke som om konstruksjonene var påvirket av samtidige amerikanske turbinkonstruksjoner.

På 1800-tallet var også andre turbintyper vanlige internasjonalt, eksempelvis Jonval-turbinen, Fourneyron-turbinen, den skotske turbinen, tangensialturbinen, Schwamkrug-turbinen og Girard-turbinen. Ved norske kraftverk fikk disse likevel minimal betydning. Et unntak representerer seks vertikale Jonval-turbiner som i 1899 ble installert ved Hafslund kraftverk ved Sarpsfossen i Glomma i Sarpsborg.

Francis- og Pelton-turbiner ble i opprinnelig form laget i USA for direktedrift av mekanisk maskineri og var kommersielle på henholdsvis 1850- og 1880-tallet. De ble tatt i bruk som norske kraftverksturbiner rundt år

1900. Samtidig startet norsk produksjon av turbintypene. Turbinregulatorer ble også produsert av norske turbinleverandører.

1900-tallets norske vannturbinleverandører

Ved inngangen til 1900-tallet begynte norsk kraftverksutbygging for alvor. Sterk var konkurransen fra utenlandske leverandører, som tyske J.M. Voith og sveitsiske Escher Wyss. Disse hadde ti til tjue års teknologisk forsprang på sine norske konkurrenter.

Første store kraftverksleveranse for Jensen & Dahl ble to Francis-turbiner til Kringsjø kraftverk ved Kristiansand i 1900. Maskinene ytet riktig nok kun 370 kW og fallhøyden var

bare 13 meter. Men snart skulle dette bli fulgt av større turbiner til samme kraftstasjon. Men også andre norske turbinleverandører ble etablert. Men Kværners fremste konkurrent var utvilsomt Myrens Verksted. Etter første verdenskrig ble det klart at det innenlandske markedet der de også møtte konkurranse fra store utenlandske leverandører, ble for lite til at de kunne kjempe mot hverandre. Dette resulterte i at bedriftene i 1922 innledet et teknisk utviklings-samarbeid. Noen år senere ble Myrens Verksted kjøpt av Kværner Brug, med den følge at Myrens Verksted i 1928 nedla all aktivitet knyttet til vannturbiner.

Ved Sørumsand Verksted, som var etablert

Grunnleggende begrep

Turbinen

Turbinen som system består av turbin, regulator og stengeorgan tilknyttet vanntilførselen til turbinen. Turbinen kan inndeles i roterende og stasjonære deler. Roterende deler består av løpehjul og aksel. Stasjonære deler er turbinhus med vanntilløp og avløp samt ledeapparat. Sistnevnte sitter umiddelbart foran løpehjulet og er som regel regulerbart. Ledearrapparatets hovedfunksjon er å styre vannet inn mot løpehjulet slik at dette på en best mulig måte omdanner vannenergi til mekanisk energi. En tilleggsfunksjon for et regulerbart ledeapparat er at det skal fungere som turbinens hovedstengeorgan.

Turbinregulatoren

Turbinregulatoren ble introdusert på 1800-tallet. Vanlig turbinregulatorfunksjon har vært å sørge for at turbinen holder konstant turtall (omdreiningstall). Dette er nødvendig hvis vekselstrømmen fra generatoren skal ha en konstant frekvens (antall spenningsperioder per sekund). I Europa er frekvensen hovedsakelig 50 Hz. Ut over dette kan turbinregulatoren ha tilleggsfunksjoner knyttet til vannstandsregulering, optimal drift, etc. Disse finner man imidlertid også ofte lagt til kraftverkets kontrollanlegg.

Turbineffekt

Turbineffekt eller turbinytelse oppgis i kilowatt (kW), megawatt (MW) eller hestekrefter (hk eller PS). En hestekraft tilsvarer 0,736kW og er en betegnelse som gikk ut av bruk på 1970-tallet.

Aggregat

Turbin sammen med generator omtales som aggregat. Det vanlige er at aggregatet består av én turbin og én generator. For små anlegg verserer det dessuten spesialbetegnelser. En er betegnelsen kompaktaggregat som henspeiler på tett sammenbygging av turbin og generator. Andre kan inneholde en aktuell turbinbetegnelse der synkron eller asynkron er tilføyd. Det siste er myntet på generatoren og innebærer at denne er en asynkron maskin som ikke kan bidra til frekvensreguleringen av tilsluttet elektrisk nett. Virkningsgrad er målet for vannkraftmaskinens effektivitet, definert som forholdet mellom mekanisk effekt avgitt fra aksel og tilgjengelig effekt i vannet som passerer maskinen. Sistnevnte effekt er proporsjonal med vannføring og fallhøyde.

i 1903, kom Kværner inn på eiersiden i 1921. Salgssamarbeid ble etablert. Endelig Kværner- overtagelse fant sted i 1955. Sørumsand Verksted ble opprustet for produksjon av vannturbiner.

En annen norsk turbinleverandør, Gjøvik Støberi og Mekaniske Verksted, startet som en liten smie i Gjøvik i 1890. Små turbiner til vannkraftutbygging ble ett av firmaets hovedprodukter. Mustad overtok som eeneier i 1947. Turbiner forble et hovedprodukt frem til rundt 1950.

Kværner Brug skaffet seg etter hvert kontroll med samtlige norske konkurrenter. Men også Kværner ble til slutt oppkjøpt da General Electric (GE) gikk inn som eier fra 1999. Siden 2008 har denne kompetansen og teknologien blitt samlet i konsernet Rainpower ASA.

En annen leverandør for større vantturbiner i Norge har sitt utgangspunkt i Stensli mekaniske Verksted. Dette firmaet ble etablert på Jevnaker på slutten av 1970-tallet. Produkter og tjenester ble rettet mot mekanisk kraftverksutstyr. Rundt 1990 ble verkstedet overtatt av Møller-konsernet. Om- trent ti år senere fulgte nytt salg, nå til VA TECH (Østerrike). Moderselskapet bygger på kompetanse fra turbinfabrikanter som Escher Wyss (Sveits), Vevey (Sveits), Charmilles (Sveits) og Voest Alpine (Østerrike). I 2006 ble VA TECH HYDRO oppkjøpt av Andritz Group, med hovedkontor i Østerrike. Selskapets kontor i Norge - Andritz Hydro AS - er lokalisert på Jevnaker og leverer store komplette vannkraftanlegg hovedsakelig for det norske markedet.

Dagens turbintyper i norske kraftverk

For vår tids turbiner anvendes det ofte navn etter oppfinnere. De fleste turbiner har imidlertid en lang utviklingshistorie hvor mange hver for seg har bidratt med forbedringer. De vanligste turbintypene i norske kraftverk i dag er Francis-turbin, Pelton-turbin, Kaplan-turbin og rørturbin. I noen kraftverk er det installert såkalte pumpe-turbiner, men denne typen kan helst sies å være en variant av Francis-, Kaplan- eller

rørturbinen. Hvilken turbintype som er best egnet i det enkelte kraftverk, avhenger av fallhøyde og vannføring.

Francis-turbin

Francis-turbinen er den eldste av dagens turbintyper. Maskinen er oppkalt etter amerikaneren James Bicheno Francis (1815–92), som rundt 1850 utførte prøver med en turbin hvor drivvannet ble ført fra turbin-periferien, gjennom en ring av ledeskovler og dernest gjennom løpehjulet. Konstruksjonens utgangspunkt var en Fourneyron-turbin. Virkemåten for Francis-turbiner er at en stor del av vannets trykkenergi omsettes til vannhastighet i turbinens ring av ledeskovler. Strømningsretningen fra denne mot løpehjulet har dessuten en rotasjonskomponent i samme retning som hjulet roterer. Skovlkanalene i hjulet bøyer i neste omgang vannstrømmingen slik at vannet forlater hjulet uten rotasjonskomponent. Dette, sammen med omsetting av resterende trykkenergi til strømningshastighet, resulterer i en kraft i omdreiningsretningen.

Andre amerikanere begynte imidlertid videreutvikling umiddelbart etter at Francis hadde publisert forsøksresultatene sine. Første forbedring besto i at løpehjulet ble konstruert slik at vannstrømmen ble bøyd fra radiell til aksiell retning i skovlkanalene. Det neste var at maskinen ble utstyrt med sugerør. Dette er et spesielt avløpsrør som gir mulighet for å utnytte gjenstående fallhøyde fra løpehjulsavløp til undervann. Ideen var lansert like etter 1840 i forbindelse med Jonval-turbinen. Raskt ble den også tatt i bruk for Francis-turbiner.

For at Francis-turbinen skulle være egnet for bruk sammen med en elektrisk vekselstrømsgenerator trengte man et bedre ledeapparat enn det Francis utstyrte sin turbin med. Tilfredsstillende ble her de vråbare ledeskovlene som tyskeren Friedrich Voith og amerikaneren James Leffel uavhengig av hverandre tok i bruk tidlig på 1870-tallet. Dog gikk det nærmere 30 år før denne løsningen var generelt akseptert som den beste.

Spiraltrommen, som er karakteristisk for moderne Francis-turbiner, ble introdusert nærmere 1890. Dette er en rørformet konstruksjon som ligger foran ledeapparatet og fordeler vannet inn mot dette. For minimalisering av strømmingstap er spiraltrommen laget med avtagende tverrsnitt, slik at strømningshastighetene forblir tilnærmet konstante fra innløp til trommens innerste del. Ved tidligere løsninger var turbinen plassert enten i åpen kum eller i en sylindrisk beholder (sylindertromme). Begge arrangementer ga en mer eller mindre uheldig innstrømming til ledeapparatet og var virkningsgradsmessig noe ugunstige.

En spesiell løsning som i sin tid fremkom fordi man før Kaplan-turbinens tid manglet en turbinkonstruksjon som kunne ta imot stor vannføring ved lav fallhøyde, var at det ble satt flere løpehjul (opptil åtte) på samme turbinaksel. Internasjonalt ble en rekke anlegg av denne typen bygd i årene 1900–1925. I tilfeller med bare to løpehjul på en turbinaksel forekom betegnelsen tandemturbiner.



Horisontal Francis-turbin produsert av Verkstaden Kristinahamn for Skjefstadfoss kraftverk. Foto: NVE

Nå, da løsningen i noen tilfeller har blitt benyttet ved småanlegg, forekommer det engelskinspirerte Twin Francis. Bedre norsk og mer spesifikt er uttrykket Francis-turbin med dobbelthjul, hvis de to hjulene ligger rygg mot rygg slik at de får felles ledeapparat og separate sugerør.

Store moderne Francis-turbiner med vertikal aksel har spiraltromme og sugerør innstøpt i betong. Ofte plasseres også turbinentret under undervannsnivået. Dette reduserer risikoen for kavitasjonstæring ved løpehjulsvløp. Kavitasjon vil si dampblæredannelser som kollapser og fører til tæring på tilgrensede flater. Dessuten gjør sugerøret det mulig å utnytte en større del av hastighetsenergien vannet har når det forlater løpehjulet. Francis-turbin kan også bli utsatt for sandslitasje, noe som primært oppstår når turbinens driftsvann er sterkt sandførende. Slik slitasje kan få flere uønskede følger. Viktigst blir som regel virkningsgradsreduksjonen.

Francis-turbinene til Mørkfoss-Solbergfoss

Jensen & Dahl og Kværner Brug benyttet sylindertromme på begynnelsen av 1900-tallet. Tyske J.M. Voith kunne vise til en rekke tandemturbiner av Francis-type som ble levert med spiraltromme til det kanadiske selskapet ved Niagara. Aktuell ytelse per maskin var 8 830 kW, noe som gjorde disse turbiner til verdens største den gang. J.M. Voiths første spiraltrommeturbin er datert 1886. Kværner Brugs spiraltrommeturbiner kom like etter 1910.

En spesiell utfordring for norsk vann-turbinmiljø ble turbinene til Mørkfoss-Solbergfoss kraftverk som ble satt i drift med sju aggregater i 1924, med hver turbin på 8 MW. Kværner Brug leverte fire av turbinene og Myrens Verksted de tre øvrige. Før Solbergfoss-leveransene hadde både Kværner og andre leverandører levert turbiner til store elvekraftverk i Glomma, som Kykkelsrud, Vamma og Rånåsfoss. De to første Kykkelsrud-turbinene ble levert av henholdsvis J.M. Voith og Escher Wyss i 1903. Ytterligere fire ble

levert i tidsrommet 1906–10, med en ytelse på 5 MW som den største. Siden kom Kværner Brug til og fulgte etter der konkurrenter hadde gått foran, med turbiner på opp til 6 MW i 1912 og 1913. Aggregatene i Kykkelsrud har vertikal oppstilling. Det spesielle med Kykkelsrud kraftverk var at det i sin tid var et av Europas største kraftverk.

Vamma kraftverk fikk sylindertrommeturbiner fra Myrens Verksted og Kværner Brug. Maskinene ble levert i perioden fra 1915 til 1921 med merkeytelser fra 9 MW til 12 MW. Rånåsfoss-turbinene er tandemkumturbiner (9 MW) fra KMW og J.M. Voith og ble installert i 1921 og 1922. Solbergfoss-turbinene representerte det store fremskrittet for det norske turbinkonstruksjonsmiljøet. Ved de andre kraftverkene er det først og fremst totalkonseptene en bør merke seg. Her er turbinteknologien mer sekundær.

De norske leverandørene fikk bestillingene til Solbergfoss-turbinene mot å lage modellturbiner for utprøving ved Vannkraftlaboratoriet på Norges Tekniske Høgskole (NTH) i Trondheim. Erfaringer herfra skulle bidra til økt virkningsgrad for de maskiner som ble levert anlegget. Ansvarlig for prøvene var professor Gudmund Sundby, som både hadde erfaring fra Kværner Brug samt studieopphold i USA. Resultatene fra Vannkraftlaboratoriets undersøkelser må karakteriseres som særdeles vellykkede.

Men turbinene til Mørkfoss-Solbergfoss forbindes ikke kun med strømningsteknikk og vellykket virkningsgrad. Med store dimensjoner ble de også produksjonsmessige utfordringer. Ved produksjonen av Solbergfoss-turbinene ble skovlene for første gang sveist til løpehjulringen. Dekkede sveiseelektroder fantes den gang ikke. Utfordringen som lå i det utførte sveisearbeidet, er det med de muligheter som dagens sveiseteknologi gir oss, vanskelig å forestille seg. Arbeidet brakte norsk vannturbinkompetanse opp på et internasjonalt nivå. Turbinene som er omtalt over, er fortsatt i drift. Senere er kraftverket utvidet slik at det ved Mørkfoss-Solbergfoss nå er tretten aggregater med en total installasjon som er litt over 100 MW. De tre siste

aggregatene kom i drift i 1959. Senere er det bygd enda et kraftverk til her, kalt Solbergfoss II. Dette var ferdig i 1985, med én Kaplan-turbin som alene har en ytelse på ca. 100 MW.

Norsk utvikling av Francis-turbin frem til i dag

En ny periode med kraftutbygging begynte etter frigjøringen i 1945. Fra flere leveranser gjennom 1950-tallet høstet man viktige erfaringer. Et eksempel er Nedre Vinstra kraftverk i Oppland med en fallhøyde på omtrent 450 meter, fire like aggregater, alle turbinene fra Kværner på til sammen rundt 200 MW. Dermed var både fallhøyden og ytelsen størst i Norge. Fallhøyden i Nedre Vinstra ble også regnet som "verdensrekord" for Francis-turbiner.

To konstruksjonsdetaljer ble etter hvert karakteristiske for Kværners høytrykks Francis-turbiner. For det første løpehjul med halvskovler, det vil si løpehjulsskovler som er ført fra hjulinnløp til halvveis inn i løpehjulet. I svært mange av Kværner Brugs løpehjul for høytrykks Francis-turbiner har det vært femten helskovler og femten halvskovler. For det andre lokk som ble montert med radiell forspenning i stagringsring, og som i betydelig grad reduserte den lokkdeformasjon som oppsto når turbinen ble trykksatt.

Til ut på 1960-tallet ble det i stor grad benyttet stålstøpte turbindeler. I løpehjul hadde man pressede stålskovler som var innstøpt i boss og ring. Spiraltrummer kunne av både støpetekniske hensyn og av transporthensyn bli levert med radielle deleflenser. Den svært gunstige overgangen til sveiste konstruksjoner kom gradvis og må ses i sammenheng med introduksjonen av finkornbehandlede stålplater og den sveiseteknologiske utviklingen. Med tanke på det sistnevnte ble Kværner Brug tidlig et av Norges fremste sveisetekniske industrimiljøer. Dette miljøet var med på å bidra til at helstøpte turbindeler var historie allerede på 1970-tallet. Francis-turbinene til Kvilldal kraftverk i Ulla-Førreutbyggingen, hvor første turbin ble satt i drift i 1981, kan stå som eksempel på de kon-

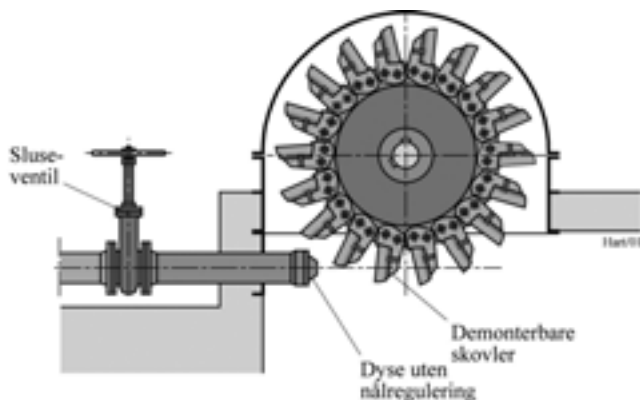
struksjoner Kværners utvikling av høytrykks Francis-turbiner gjennom tre tiår endte med.

Til sist bør det også nevnes to viktige virkningsgradsforbedrende tiltak for Francis-turbiner som ble tatt i bruk av Kværner på 1990-tallet: X-blade-hjul. Dette er løpehjul uten halvskovler hvor løpehjulsskovlene er orientert mellom boss og ring på en slik måte at man får en bedre fordeling av vannet i løpehjulet og derved bedre hydrauliske egenskaper. Endetettinger på ledeskovlene eliminerer lekkasjen mellom ledeskovler og lokkledeflater. Dette virker forbedrende på turbinvirkningsgraden. En utenlandsk turbinleverandør ble den første til å ta i bruk endetettinger. Det skal ha skjedd på et kraftverk i Australia mot slutten av 1960-tallet.

Pelton-turbin

Turbintypen er utviklet fra primitive vannhjul som ble benyttet i California rundt 1850. Navnet har turbinen fra amerikaneren Lester Allan Pelton (1829–1908), som lanserte konstruksjonen rundt 1880. Vesentlige forbedringer ble tilført 20 år senere av en annen amerikaner, William A. Doble.

Som for Francis-turbinen ble egnetheten for tilkobling av Pelton-turbinen til vekselstrømsgenerator avhengig av et velfungerende turbinpådrag. For Pelton-turbinen lå en aktuell løsning i den nålregulerte dysen som ble oppfunnet på 1890-tallet. Pelton-turbiner fra 1900-tallets første halvdel hadde for størstedelen horisontal aksel og en eller to nålregulerte dyser som sørget for at ønsket



Hjul fra Pelton-turbin, lett gjenkjennelig med sine skovler.

Illustrasjon: Ragnar Hartmann

vannmengde ble ledet i sirkulær stråle tangensielt inn mot løpehjulet. Løpehjulet var på sin side utstyrt med dobbelellipsoide skovler plassert langs periferien av en hjulskive. Virkemåten for Pelton-turbinen er at dysene omdanner vannets trykenergier til hastighet, mens vannavbøyningen i løpehjulsskovlene resulterer i dreiemoment på en roterende aksel. Rundt 1950 ble det imidlertid introdusert en ny type Pelton-turbin. Denne fikk vertikal aksel, noe som gjorde det mulig å øke antall dyser fra to til seks uten vesentlig virkningsgradsreduksjon. Dette innebar at i tilfeller hvor man før hadde vært nødt til å benytte tre løpehjul, kunne man nå greie seg med bare ett.

Spesielt for Pelton-hjul er at de må plasseres slik at de roterer i luft. Dette, sammen med det faktum at vannet tilføres som stråler fra dysene, gir betegnelsen fristråleturbin. Høydeforskjellen fra hjulavløp til undervannsnivå kan normalt ikke utnyttes i en Pelton-turbin.

Til tross for at prinsippet for Pelton-turbinen virker enkelt, er det vanskelig å konstruere en god løpehjulskonstruksjon. Dette skyldes det faktum at vannstrømmingen i den enkelte løpehjulsskovl endres fra det tidspunkt da denne går inn i en stråle, til skovlen ikke lenger tilføres vann. I første fase entrer vannet gjennom gapet ved skovlperiferien. I siste fase kan noe av skovlens gjenværende vann bli tømt ut gjennom samme gap. Samtidig risikerer man at uheldig geometri eller produksjonsmetode forårsaker utmattingssprekker som til slutt medfører at hele skovler eller deler av disse faller av.

I likhet med Francis-turbiner vil også Pelton-turbiner være utsatt for sandslitasje når driftsvannet er sterkt sandførende. Fordi skadene som da oppstår, kan være enklere å utbedre for en Pelton-turbin enn for en Francis-turbin, foretrekkes ofte Pelton-turbin når øvrige turbindata tilsier at man ligger i grenseområdet mellom de to turbintypene.

Norsk utvikling av Pelton-turbiner frem til i dag

Kværner Brug var etablert som leverandør av

Pelton-turbiner allerede før 1910. Det bør også påpekes at Kværners turbiner hadde detaljer som den gang var å anse som svært moderne: doblellipsoid skovlform med innløpsgap og nålregulert dyse. Viktig for den teoretiske forståelse av strømmingen i Pelton-skovler ble Henrik Christies store eksamensarbeid utført ved Norges Tekniske Høgskole i 1919. Her ble det vist hvordan den ikke-stasjonære strømmingen i skovlene kan bestemmes ved hjelp av en grafisk beregningsmetode. At denne var arbeidskrevende og ble uten nevneverdig praktisk betydning for turbinutviklingen i flere tiår fremover er en annen sak.

I tiden frem mot 1960 gikk allikevel flere betydelige bestillinger av Pelton-turbiner fra norske kraftselskaper til utenlandske leverandører, blant andre J.M. Voith og Escher Wyss. Aktuelle konstruksjoner var på denne tid maskiner med horisontal aksel og maksimalt to dyser per løpehjul. Injektorene hadde utvendige servomotorer med nålstenger ført ut av bend i turbinenes grenrør. Disse var relativt tunge, tykkveggede konstruksjoner i støpestål.

Våren 1963 fikk Kværner bestilling på en relativt stor horisontal tostrålet Pelton-turbin til Skjåk kraftverk. Ytelsen skulle være 31 MW ved en netto fallhøyde på 630 meter. Ordren utløste et intenst utviklingsarbeid, hvor også etablering av en prøvestasjon for modeller av Pelton-turbiner inngikk. Sentral i dette arbeidet var den unge sivilingeniør Hermod Brekke, som 20 år senere ble professor i vannkraftmaskiner ved Norges Tekniske Høgskole. Resultatet ble en konstruksjon som skilte seg klart fra Kværners tidligere konstruksjoner. Blant annet ble nålservomotorer plassert innvendig i injektorrørene.

Høsten 1963 mottok selskapet bestilling av to Pelton-turbiner til Uvdal I, hver med vertikal aksel og en ytelse på 47 MW fordelt på fire dyser ved 565 meter netto fallhøyde. Også for denne leveransen ble det utført et betydelig utviklingsarbeid. Innvendige nålservomotorer ble eksempelvis også her nødvendige. Største norske Pelton-turbiner finner man i dag i Sima kraftverk, Eidfjord

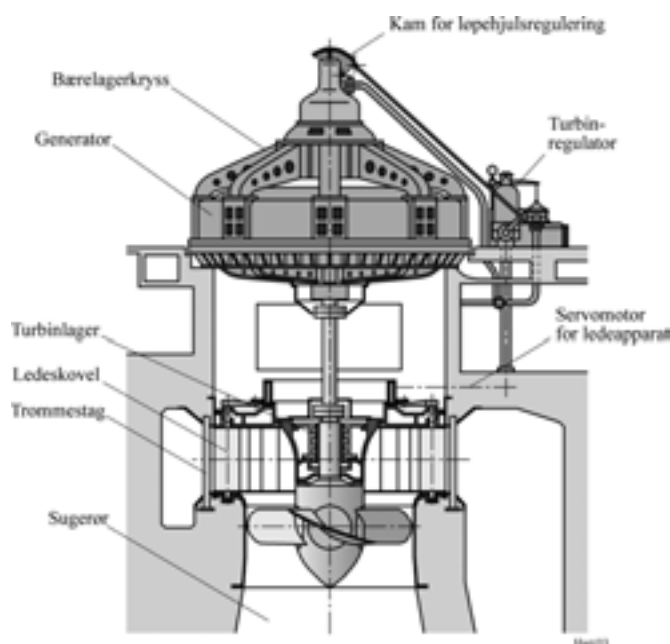
i Hordaland. Her produserte Kværner på slutten av 1970-tallet to maskiner som hver yter 315 MW, fordelt på fem stråler og med 885 meter netto fallhøyde.

Kaplan-turbin

Kaplan-turbinen hører til det tjuende århundre. Maskinens prinsipp ble utarbeidet av den østerrikske professor Victor Kaplan (1876–1934). Hans utgangspunkt var lave fallhøyder og store vannføringer. Første prototyp ble satt i drift i 1919. Leveransen var meget vellykket og vakte stor internasjonal oppmerksomhet. Tre forhold var spesielle: Strømmingen gjennom løpehjulet var aksial, løpehjulsskovlene overdekket ikke hverandre, og både ledeskovler og løpehjulskovler var vribare (dobbelregulert turbin).

Æren for utvikling av Kaplan-turbinen til maskin i MW-størrelse er gitt KMW i Kristinehamn i Sverige. Et gjennombrudd kom med en turbin på 7,4 MW ved Gøtaelven i 1926. Med den oppsto fornyet interesse for Kaplan-turbinen. KMW introduserte oljehydraulisk servosylinder innbygd i løpehjulnavet. Dette brøt med de systemer som både Victor Kaplan og andre konstruktører til da hadde anvendt.

I Norge ble de to første Kaplan-turbinene,



Snitt av Kaplan-turbinen ved Lilla Edet, levert av Verkstaden Kristinehamn i Sverige i 1926. Illustrasjon: Ragnar Hartmann

begge vertikale og med en ytelse på 12,5 MW, satt i drift i Grønnvollfoss kraftverk i Tinnelva i Telemark i 1933. Fallhøyden var 22 meter. Etter rehabilitering på 1980-tallet er de to turbinene fra J.M. Voith fortsatt i drift. I 1935 fulgte en horisontal maskin ved Gravfoss kraftverk i Buskerud med en fallhøyde på 20 meter og en ytelse på 11 MW. Offisielt ble denne levert av Kværner Brug. Kværner kjøpte imidlertid hydraulisk design og løpehjul fra KMW.

Norske kraftverksutbyggere tok ikke Kaplan-turbiner i bruk for alvor før på 1950- og 1960-tallet. En forholdsvis dristig leveranse med tanke på fallhøyde ble to vertikale Kaplan-turbiner på 56 MW fra svenske NOHAB til Hunderfossen kraftverk i Gudbrandsdalen (1963). Med en fallhøyde på over 45 meter og med bare fem løpehjulsblad representerte denne leveransen en betydelig forsering i forhold til rådende praksis. Løpehjulsdiameteren er 4 400 millimeter. Det hører ellers med til historien at de nevnte hjulene senere er skiftet, og at de nye hjulene har sju løpehjulsblad.

Kaplan-turbiner levert til norske kraftverk er hovedsakelig av utenlandsk design, særlig fra de svenske leverandørene KMW og NOHAB.

Rørturbin

Utviklingen av rørturbiner skjedde i Tyskland og Sveits på 1920- og 30-tallet. Sentralt sto sveitsiske Escher Wyss. I likhet med Kaplan-turbinen er rørturbinen dobbelregulert med vribare ledeskovler og vribare løpehjulsblad. Derimot skiller rørturbinen seg fra Kaplan-turbinen ved vanntilstrømningsretningen. I en rørturbin er retningen aksiell, mens Kaplan-turbinen har radiell tilstrømning og et ledeapparat som i hovedtrekk likner det man finner i en Francis-turbin. Likt for Kaplan- og rørturbinen er et løpehjul med aksielt tilløp og avløp. Langt på vei likner hjulet en propell med fra tre til åtte vribare blad som for hver enkelt belastning stilles slik at turbinvirkningsgraden blir best mulig. Dette gir turbinene bedre virkningsgrad for driftspunkter som avviker fra det optimale

enn den som tilsvarende oppnås med lavtrykks Francis-turbin.

Selvstendig utviklingsarbeid knyttet til spesielle lavtrykksturbiner startet hos Kværner først mot slutten av 1960-tallet. Konstruksjonen man da fokuserte på, ble en rørturbin, en modifisert Kaplan-turbin utviklet i Tyskland på 1930-tallet. Noen rørturbiner ble installert på Østlandet, samt noen få i Nord-Trøndelag og i Sogn og Fjordane.

Pumpeturbin

Pumpeturbinen er en turbin som også kan fungere som pumpe. Det er diskutabelt hvorvidt pumpeturbinen er en egen turbintype. Riktigere er det å omtale pumpeturbinen som en variant av Francis-, Kaplan- eller rørturbinen, og at den kan fungere som turbin eller pumpe etter behov. Ved pumpe-drift endres akselens omløpsretning. En tilknyttet elektrisk maskin som ved turbindriften fungerer som elektrisk generator, blir ved pumpe-driften "forvandlet" til elektrisk motor som driver pumpen. Strømningstekniske forhold i maskinene medfører at en pumpeturbin i turbindriften får dårligere virkningsgrad enn det maskinen ville ha fått dersom den var laget som "ren" turbin. Denne mangelen oppveies imidlertid når man tar i betraktning hensikten med pumpeturbinen: Elektrisitet produseres når man har mye vann i kraftverksmagasinet og strømprisen er høy. Er det lite vann i magasinet, pumpes det når strømmen er billig. I Norge ble pumpeturbiner aktuelle fra slutten av 1960-tallet. I denne forbindelse gjorde Kværner seg raskt gjeldende.

Generatoren

Total installert generatorytelse på slutten av 1800-tallet var i Norge ca. 20 MW. I tidsrommet fram til den første verdenskrigen økte så installert ytelse med gjennomsnittlig 100 MW per år. Spesielt var tilveksten stor i perioden fra 1911 til 1920. Dette var gjennombruddsperioden for den norske elektrokjemiske og elektrometallurgiske industrien. De to første generatorene i Glomfjord kraftverk ble satt i drift i 1920 og var på 20 MW

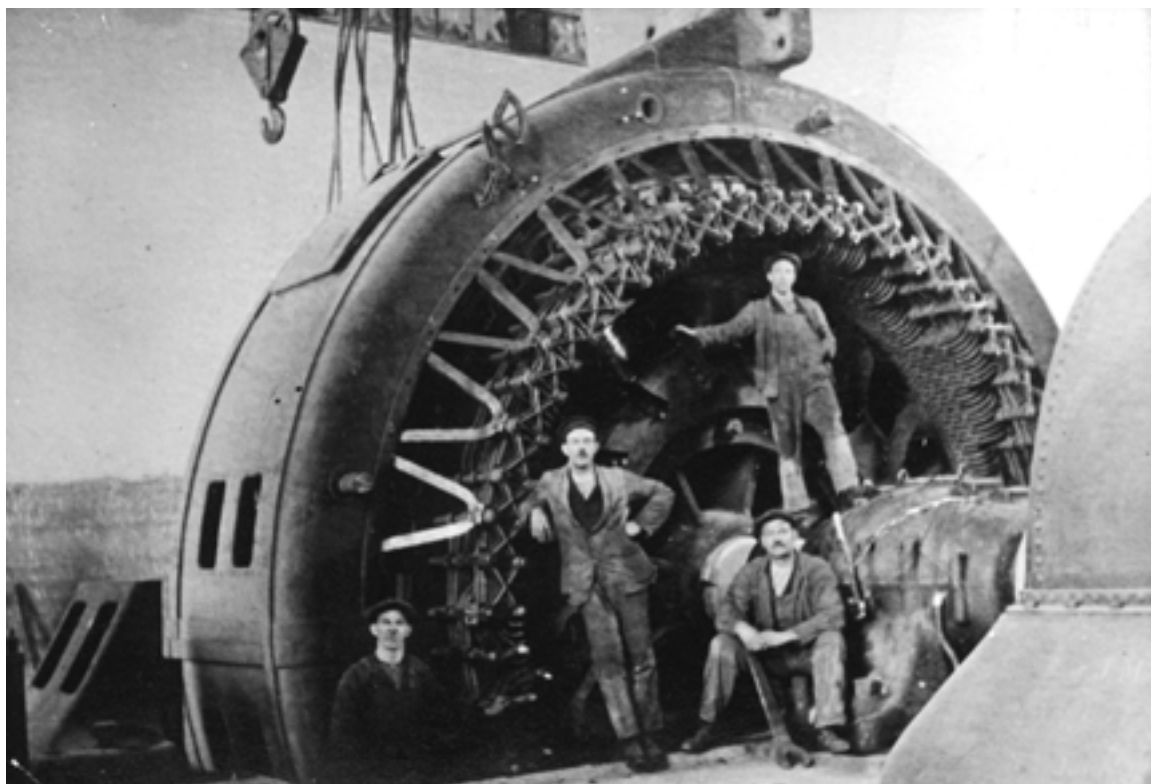
hver. På den tiden var de blant verdens største. Ved nye utbygginger etter første verdenskrig utgjorde imidlertid små generatorer hovedtyngden. Dette var år med lavere utbyggingstempo som følge av krise i nasjonal og internasjonal økonomi. Så sent som i 1943 utgjorde kraftverk med installert generatorytelse opp til 500 kW ca. 85 prosent av det totale antallet kraftverk. I gjenoppbyggingsårene etter den andre verdenskrigen økte utbyggingstempoet igjen. I perioden 1960–80 ble det gjennomsnittlig satt i drift ti nye kraftverk med effekt (ytelse) på mer enn 1 MW hvert år. Store kraftstasjoner ble bygd som fjellanlegg. Svartisen kraftverk i Nordland ble satt i drift med en generator på 350 MW i 1993. I 2005 fantes det om lag 1 000 generatorer med en ytelse på mer enn 1 MW i Norge. Samlet generatorytelse var da nærmere 30 000 MW. Et betydelig antall mindre generatorer er i drift i mini- og mikrokraftverk, som er kraftverk med en ytelse mindre enn 1 MW.

Den prinsipielle oppbyggingen av generatoren har ikke endret seg mye i løpet av de mer enn 100 årene som er gått. Forbedringer har skjedd gjennom utviklingen av ulike

konstruksjonselementer og at den tekniske utviklingen har tillatt større generatorenheter. Den mest iøynefallende forskjellen på eldre og nyere generatorkonstruksjoner er – foruten vertikal kontra horisontal oppstilling og bruk av sveiste konstruksjoner – magnetiseringssystemet, som for eldre generatorer domineres av en magnetiseringsgenerator på enden av akslingen, eller på toppen for vertikale oppstillinger. For nyere generatorer med statisk magnetiseringssystem er magnetiseringsgeneratoren erstattet av en relativt beskjeden sleperingskonstruksjon.

Funksjon, virkemåte og teknisk utførelse

Generatoren omdanner mekanisk energi fra turbinen til elektrisk energi. En slik maskin kan også betegnes som en dynamo – spesielt dersom den produserer likestrøm. Det grunnleggende prinsippet for generatoren er at det oppstår en spenning i en elektrisk leder som beveger seg i et magnetfelt. Denne spenningen er proporsjonal med styrken i magnetfeltet og med hvor raskt lederen beveger seg i dette feltet.



Fire arbeidere utfører montering av en horisontal generator i Glomfjord i 1920. Foto: Statkraft

Generatoren består av to hoveddeler – den roterende delen (rotor) med viklinger som fører likestrøm og sørger for å opprettholde et roterende magnetfelt, og den stillestående delen (stator) med viklinger som produserer strøm når generatoren kobles til en belastning (likestrøm eller vekselstrøm). En vesentlig del av utviklingsarbeidet for å konstruere mer effektive generatorer har vært knyttet til utviklingen av tynnere blikk og bedre blikkvalitet, mer effektiv viklingsutforming og isolasjon, magnetiseringssystemet samt kjøling.

Generatorhuset ble i de første kraftstasjonene ofte utført av støpte eller smidde konstruksjoner som ble skrudd eller klinket sammen. Etter hvert ble det mer vanlig med sveiste konstruksjoner. Denne teknikken er nesten enerådende i dag. I enkelte kraftstasjoner som er bygd ut over en lengre periode, kan man se begge typer konstruksjoner.

Horisontal og vertikal oppstilling

Generatorer levert fram til 1950 var i hovedsak for horisontal oppstilling i kraftstasjoner i dagen. Da er turbin og generator plassert på samme nivå. Disse var koblet til turbinen direkte eller via reimdrift for mindre maskiners vedkommende. Av tidlige, store kraftstasjoner med horisontal oppstilling er Tysso I (1908), Vemork (1911), Vamma (1915) og Glomfjord (1920). Det finnes imidlertid eksempler på at store kraftstasjoner fra før 1950 hadde vertikalt oppstilte generatorer, slik som Kykkelsrud (1903) og Solbergfoss (1924).

Vertikalt oppstilte generatorer, det vil si at generatoren står rett over turbinen, ble mer vanlig i 1940- og 1950-årene, samtidig som stadig flere kraftstasjoner ble anlagt i fjell. Noen tidlige kraftstasjoner med vertikal oppstilling er for eksempel Nedre Fiskumfoss (1947–61) og Nedre Vinstra (1953–59).

Likestrøm og Vekselstrøm

De første produksjonsanleggene for både industri og alminnelig forsyning ble bygd for produksjon av likestrøm. De første maskinene var små, de fleste med en effekt som var

mindre enn 1 000 kW, og de leverte stort sett strøm til belysning.

Transformatoren

Transformatoren fikk sin basisdesign midt på 1880-tallet. Det er først og fremst effektbehovet og spenningsnivået som har vært utfordringene, og som dermed har vært bakgrunnen for utviklingen.

Funksjon, plassering i produksjonssystemet og teknisk utførelse

Transformatoren omformer elektrisk vekselstrøm av en viss spenning til vekselstrøm av en annen spenning. Transformatoren består i prinsippet av to viklinger av et elektrisk ledende materiale og en kjerne av magnetisk materiale. Når den ene viklingen – kalt primærviklingen – fører en varierende strøm, induseres det en spenning i den andre viklingen – kalt sekundærviklingen. I transformatoren er spenningen som induseres i sekundærviklingen, proporsjonal med antallet vindinger i denne.

I kraftverkene benyttes hovedtransformatoren for å heve spenningen fra generatoren, oftest mellom 5 og 22 kV, opp til et nivå, gjerne fra 22 til 420 kV, som tillater overføring eller samkjøring til et område eller forbrukssted der spenningen settes ned til en hensiktsmessig distribusjonsspenning (for eksempel 22 kV) eller forbruksspenning (mest vanlig 230 V).

Strømstyrken på generatorsiden er derfor betydelig høyere (lavere spenning) enn på overføringssiden. For at tapene i overføringen fra generatoren til transformatoren skal bli minst mulig, plasseres derfor transformatoren så nær generatoren som mulig. For anlegg i fjell betyr dette plassering i direkte tilknytning til maskinsalen eller plassering i en egen transformatorhall i nærheten av maskinsalen.

Et viktig prinsipp for transformatoren er at produktet av strøm og spenning er det samme på sekundærsiden som på primærsiden. Produktet er definert som effekt. Dette betyr igjen at effekten ut fra en transformator er lik effekten som tilføres primær-

kretsen – også kalt gjennomgangseffekt. Det må korrigeres for tap, men disse utgjør vanligvis ikke mer enn en halv prosent av gjennomgangseffekten.

Transformatoren er ofte den største enkeltkomponenten i kraftstasjonen. Den hittil største transformatoren som har vært levert til et kraftanlegg i Norge, Svartisen kraftverk på 400 MVA, har en transportvekt på om lag 235 tonn.

Apparat- og koblingsanlegget

Funksjon og teknisk utførelse

Apparat- og koblingsanlegget i kraftstasjonen forbinder generatoren, transformatoren og overførings- og distribusjonsanlegget på en sikker og effektiv måte. Anleggene omfatter også nødvendige hjelpeanlegg for drift av kraftstasjonen samt hjelpekraftforsyning i tilfelle kraftstasjonens egenforsyning skulle svikte. Apparat- og koblingsanlegget har følgende elektriske hovedkomponenter: strømførende skinner og kabler, brytere (effektbrytere og skillebrytere), sikringer, batterier, likerettere og vekselrettere.

Utforming og konstruksjon har utelukkende vært bestemt ut fra tekniske og sikkerhetsmessige vurderinger. For disse komponentenes vedkommende er det utviklingen innen overføring og distribusjon samt industriell utnyttelse som har hatt størst betydning for konstruksjonen.

I de første kraftstasjonene var alle hovedkomponentene plassert i maskinsalen eller i dens umiddelbare nærhet i kraftstasjonsbygningen. Etter hvert ble det for transformatorenes og bryteranleggenes vedkommende utviklet konstruksjoner som kunne plasseres i friluft.

I de første kraftstasjonene var det vanlig at flere generatorene var koblet til en noe større transformator. Transformatoren var plassert i selve maskinsalen eller i rom i umiddelbar nærhet. Ved århundreskiftet (1900) besto det elektriske utstyret i kraftverkene vesentlig av knivbrytere, sikringer og instrumenter anbrakt på marmortavler eller treplater. Større generatorytelser og økt elektrifisering førte til at behovet for høyere driftspenninger økte raskt, noe som igjen medførte nye krav til apparatanlegget. Deler



Koblingsanlegg i friluft ved Tunsjødal kraftanlegg i Nord-Trøndelag. Foto: NVE

av apparatanlegget ble av plasshensyn anlagt i friluft (friluftsanlegg). For kraftstasjoner i fjell ble det viktig å plassere transformatoren så nær generatoren som mulig. Fram til midt på 1970-tallet var det vanlig med direkte forbindelse mellom generator og transformator, såkalt blokkobling. Etter flere store ulykkerblandt annet i Tonstad kraftstasjon i Sidal i 1973 (se egen bok: Tonstadulykken i 1973) ble det vanlig med en bryter i overføringen mellom generator og transformator. I nyere anlegg ser man en tendens til at man går tilbake til blokkobling mellom generator og transformator.

Strømskinner og strømkabler

En viktig del av det høyspente apparatanlegget er de strømførende forbindelsene mellom hovedkomponentene i kraftstasjonen. Kobberskinner i åpne løsninger var enerådende fram til slutten av 1970-tallet. I disse åpne apparat- og koblingsanleggene er det luftens isolasjonsevne som er avgjørende. Anleggene må avskjermes mot berøring. Fra rundt 1970 kom ulike typer kapslede anlegg

fylt med luft eller gass med bedre isolasjonsegenskaper enn luft. For overføring over lengre avstander benyttes kabler. I eldre kraftstasjoner finnes fortsatt oljefylte papirisolerte kabler. For nye anlegg er plastisolerte kabler enerådende.

Kontrollanlegget

Manuell styring på brettet eller i kontrollrom

De aller første kraftstasjonene i Norge var små og i stor grad betjent manuelt. Kraftstasjonene var derfor bemannet døgnet rundt. Nødvendig utstyr for måling og styring var plassert i maskinsalen i nærheten av aggregatene. Allerede på et tidlig tidspunkt ble det bygd kraftstasjoner med flere aggregater. Der ser vi eksempler på at utstyret for hvert enkelt aggregat ble samlet på et galleri (det såkalte brettet) i maskinsalen. Dette sikret god oversikt for maskinisten, samtidig som avstanden til aggregatene var kort. Hovedfunksjonen til styrings- og kontrollutstyret var å tilpasse effekt og

TONSTADULYKKEN I 1973

En eksplosjonsartet brann utviklet seg i Tonstad kraftverk. Tre personer omkom i brannen som også forårsaket store materielle skader. Det oppstod en kortslutning med lysbue i en oljefylt kabelboks i overgangen mellom transformator og 300 kilovolts kabel. Allerede etter 60 millisekunder ble aggregatet automatisk koblet fra strømmettet. Da generatoren var koblet direkte sammen med transformatoren, ble lysbuen opprettholdt en tid. Dette førte til et overtrykk. Kabelboksen, som ble holdt sammen av rundt 50 tre kvart toms bolter, kollapset og forstøvet olje ble slengt ut. Dette førte til voldsom brannutvikling og trykkøking i transformatorrommet.

Brannen spredte seg til limtrekonstruksjoner ved lysanlegget. Bjelkestengselet av betong mot maskinsalen ble slått ut og salen og tilkomsttunnelen ble raskt fylt av røyk og sotet ned. Trykkbølgen medførte også andre skader. Ytterst i den 750 meter lange adkomsttunnelen ble den halvåpne rulleporten blåst ut av føringen. Brannen slukket av seg selv på grunn av oksygenmangel.

Ulykken førte til omfattende studier av tekniske løsninger og bygningsteknisk utforming av store kraftstasjoner i fjell. Av viktige konklusjoner og tiltak nevnes:

- innsetting av egen bryter mellom generator og transformator
- transformatoren plasseres i egen fjellhall skilt fra maskinsalen
- trykkavlastningsåpninger etableres i rom med eksplosjonsfare
- egne redningsrom med luftkapasitet etableres
- driftspersonell får røykdykkeropplæring

spenning fra generatoren. Dette ble altså utført manuelt av maskinisten.

Etter hvert som kraftstasjonene ble større og fikk flere aggregater, ble det behov for å samle styrings- og kontrollfunksjonene. Behovet for å automatisere disse funksjonene ble også påtrengende. Hensikten var i hovedsak å få en hurtigere, bedre og sikrere betjening og overvåking av det kompliserte maskineriet som den elektriske utrustningen i kraftverket representerte. Automatisk spenningsregulering og automatisk utkobling ved feil ble tidlig introdusert. Feiltilfeller ble varslet med alarm. I kontrollrommet fikk man egne tavler med måleinstrumenter, betjeningspaneler for brytere og forskjellige tekniske innretninger for styring av produksjonsprosessen.

Kontrollrommet er i dag ofte betegnelsen på det stedet i kraftstasjonen der utrustning for styring og kontroll av hovedkomponentene befinner seg. Signaler fra kontrollanlegget overføres som regel til en driftsentral. Denne er lokalisert uavhengig av kraftverkens plassering. Det enkelte kraftverk er likevel som oftest utstyrt for lokal kontroll og styring av egne anlegg i en krisesituasjon.

Driftsentralen

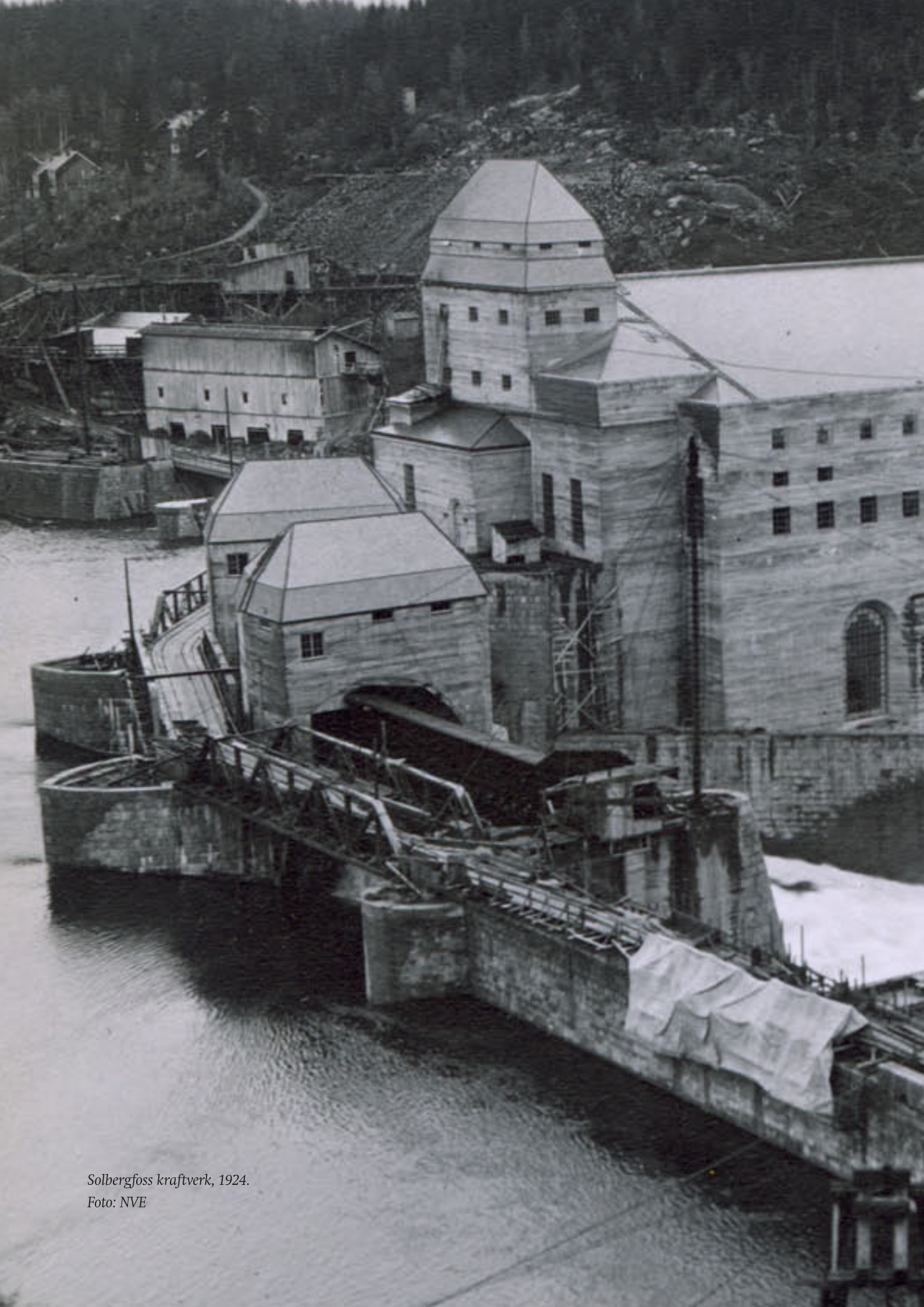
De aller første kraftverkene leverte kraft til begrensede forsyningsområder i et lokalt distribusjonsnett. Neste skritt var regional samkjøring av flere kraftstasjoner innenfor begrensede geografiske områder. I dag er hele landet knyttet sammen gjennom et høyspent ledningsnett. Det er også etablert linje- og kabelforbindelser til naboland. Kraftverkene styres fra driftsentraler for det enkelte kraftselskap eller grupper av kraftselskap.

Moderne kontrollanlegg

Kontrollanlegget skal sørge for stabil og sikker drift av kraftverket i henhold til forhåndsdefinerte betingelser og sikkerhetsnivå. Kontrollanlegget samler inn, viser og bearbejder viktige måleverdier og signaler fra produksjonsprosessen, så som strøm- og spenningsverdier fra generator, transformator og stasjonens høyspenningsapparat-anlegg.



Interior i Skjerka kraftstasjon fra 1932. Foto: NVE, 2005



Solbergfoss kraftverk, 1924.

Foto: NVE

Norsk kraftverksarkitektur

Forfatteren Ivar E. Stav setter kraftstasjonene inn i de siste hundre års utvikling innen arkitektur. Arkitektenes rolle blir belyst ut fra de føringer som lå til grunn for utformingen av stasjonen. Artikkelen viser eksempler fra forskjellige epoker og stilarter. Tilslutt vises hvordan arkitektens rolle ble endret når nye kraftstasjoner ble lagt i fjell. Artikkelen er en forkortet og bearbejdet versjon av artikkelen som finnes i første utgave av boken Kulturminner i norsk kraftproduksjon fra 2006.

1882–99: Den første pionertid

Det eksisterer lite dokumentasjon eller rester av Norges sannsynligvis første vannkraftverk i Hamn på Senja fra 1882, men det er rimelig å anta at stasjonen var liten og nyttebetont. I denne perioden ble bygningstegningene ofte utført av ingeniører tilknyttet firmaer innen maskin- eller elektrobransjen, eventuelt som del av en entreprise for hele eller vesentlige deler av kraftverket. Kunsthistorikeren Kari Hoel presenterer i sin bok *Beauty & Utility* noen kraftstasjoner tegnet av Myrens Verksted som er typiske og nokså anonyme representanter for industriarkitekturen i siste halvdel av det nittende århundre. Kraftstasjonene er prosjektert i teglstein, har stikkbuer og rundbuer og er enhetlige uten funksjonsbestemte differensieringer mellom bygningsdelene. De har relativt sett større vinduer enn for eksempel Hafslunds store, sannsynligvis tysktegnede, kraftstasjon ved Sarpsfossen og den mer beskjedne, natursteinskledde stasjonen til Gimsøy Kloster (den gang Klosterfossen kraftverk) i Skien. Begge de sistnevnte ble satt i drift i 1899.



Hammeren kraftstasjon anno 1900. Foto: NVE

Den første kraftstasjonen som avviker noe fra dette mønsteret, er Brekke (i dag nedlagt), bygd i 1892 for Brekke Bruk ved Akerselva i Oslo. Kraftstasjonen var, ifølge opplysninger fra Byantikvaren i Oslo, trolig tegnet av ingeniør Ingvar Kristiansen i Kanalvesenet. Brekke har større vinduer i maskinsalen, og høyspentdelen er plassert i en kvadratisk tårnbygning med pyramidetak. Tilsvarende tårn finnes også i andre samtidige industribygninger.

1900–05: Arkitektene kommer

I perioden 1900–05 begynner arkitektene å arbeide med kraftstasjoner. Den første arkitekttegnede kraftstasjonen synes å være Hammeren i Maridalen i Oslo fra 1900. Myrens Verksted skal ha tegnet to varianter i tradisjonell form, men byggherren Kristiania Lysverker var åpenbart ikke tilfreds og engasjerte arkitekt I.O. Hjorth (1862–1927). Hans løsning var på flere måter uortodoks, både i materialvalg og i utforming. Bygningen er oppført med betonghulstein over natursteinsokkel og med maskinsal og høyspentdel under et nærmest flatt tak. Maskinsalen har høye, rektangulære vinduer. Tre av fasadene er forut for sin tid. Bare den som vender mot veien har innslag med preg av representativitet og tidens stilretning: et relieff med motiv fra byvåpenet kronet av en slakk bue. På taket ligger et lite, pagodeaktig tårn for de utgående høyspentledningene. Buen og tårnet vitner om jugendstilen. I.O. Hjorth tegnet også transformatorstasjonen for kraften fra Hammeren i Hausmannsgate 16 (i dag Norsk Design- og Arkitektursenter). Her var tidens tradisjonelle industriarkitekturformer og

materialer tatt i bruk i en mer påkostet variant enn på kraftstasjonsbygningen med rundbuer, glassert rød teglstein med geometriske dekorbånd samt et rikere utformet St. Hallvard-relieff. Årsaken til denne forskjellen ligger nok i at naboskapet til Jakobs kirke og det urbane miljø satte større krav til representativitet, og at det ga bedre mulighet for eksponering overfor et større publikum enn en skogsvei i Nordmarka.

Teglstein og rundbueformer kommer tilbake i Øvre Leirfoss kraftstasjon i Nidelva som arkitekt Gabriel Kielland (1871–1960) tegnet for Trondhjem Elektrisitetsverk i 1901. Her er de tradisjonelle formene bevisst tilpasset og uttrykker kraftstasjonens funksjonelle krav. De store vindusåpningene gir godt lys i maskinhallen. Det horisontale murbåndet mellom de mindre, halvmåneformede vinduene og hovedvinduene markerer skinnen for traverskranen. Mellom annenhver vindusakse er det kraftige pilastre for å stive av veggene med hensyn til belastningene ved kranens maskinløft. Den utvendige dekoren begrenser seg til hvitmaling av alle aksenterende ledd og et lite byvåpen i relieff med

byggeåret over hovedporten.

Interiøret i maskinsalen preges av jugendstilen; lynet, som elektrisitetens symbol, er malt i blått som en strengt geometrisk frise øverst på vegg. Smijernsrekkverket opp til og på "brettet" har svungne former. Den tyske professor G. Klingenberg kritiserte for øvrig i 1913 at maskinsaler ble bygd med himling og malte friser fordi det, ifølge ham, fratok kraftstasjonene deres karakter av fabrikk. En enklere versjon av Øvre Leirfoss er den for lengst nedlagte kraftstasjonen Tinfos I på Notodden fra 1901. Også her finner vi lynet, denne gangen som gavlmotiv.

Samtidens moderne jugendstil med sine svungne linjer og hang til plantedekor lå ikke særlig vel til rette for de mer nøkterne behov ved kraftverksbygging. Det er derfor helst i de rent dekorative elementene, som i smijernsarbeider og malte friser, vi finner innslagene av denne stilarten. Begge deler kan sees på Kykkelsrud kraftstasjon ved Glomma i Askim fra 1903. Elementene gikk sannsynligvis inn som deler av en totalleveranse fra det tyske konsernet Siemens-Schuckert.



Øvre Leirfoss kraftverk. Foto: Elisabeth Hovås/NVE, 2009



Dalsfos kraftstasjon. Foto: Helena Nynäs/NVE, 2009

Dalsfos kraftstasjon i Kragerøvassdraget fra 1907 er den av alle norske kraftstasjoner som bærer mest preg av jugendstil med et særpreget trapperom og gavlvegg med store, oppdelte, halvsirkelformede vinduer. Så vidt vites er Dalsfos landets eneste kraftstasjon oppført i utmurt bindingsverk, delvis skjult av et senere tilbygg.

1906–20: Den romantiske og heroiske fase i arkitekturen

I perioden 1906–20 gjennomføres store utbygginger. Arkitektene, som rundt 1905 går ut av den felles interesseorganisasjonen med ingeniørene, blir mer synlige som en egen profesjon. De ser ut til å bli anvendt for de fleste store prosjekter. Noen, som Thorvald Astrup (1876–1940) og Olaf Nordhagen (1883–1925), får flere store oppgaver. Typisk nok strever arkitektene med å finne en form som uttrykker kraftstasjonen, men som stilmessig gjenspeiler utviklingen i arkitekturen generelt. Etter innslag av jugendstil søkes det også for kraftstasjonene tilbake til en ny og forenklet tolkning av eldre stilarter som renessanse, barokk og middelalderformer. Nordisk nybarokk blir den foretrukne stilen på store og åpenbart pretensiøse kraftstasjoner. Materialmessig kommer den armerte betongen (jernbetong) i bruk. Den hadde tidligere vært brukt blant annet av Forsvaret helt tilbake til midten av 1880-tallet. I det

sivile Norge ble den først introdusert av entreprenørfirmaet F. Selmer i 1906, men slo for alvor igjennom omkring 1920. Tidlig på 1900-tallet, derimot, fikk naturstein sin store periode som fasadekledning, gjerne utformet som "råkopp", det vil si grovt tilhugde, firkantede steinblokker. Denne materialbruken og uttrykksmåten ble også ofte brukt på kirker, banker, hoteller og offentlige administrasjonsbygninger. Et eksempel er arkitekt Bredo Greves (1871–1931) hovedbygning på Norges Tekniske Høgskole (NTH) i Trondheim, som fra 1910 ble arnestedet for våre sivilingeniører og arkitekter.

I perioden ble det bygd kraftverk i alle størrelser. Blant disse første store kraftverk er Tysso I i Odda, som i 1907 var Thorvald Astrups første kraftverksoppdrag. Andre eksempler er Tinfos II på Notodden, satt i drift i 1912, Vemork fra 1911 og Såheim fra 1915, begge på Rjukan, og Vamma ved Glomma i Askim. Til de små hører kraftverk som dekket behovet for såkalt alminnelig forsyning i kommuner, grendelag og bedrifter, eller for store spesialsykehus som ble bygd i landlige omgivelser.

Rjukan er kjent for sine store kraftverk. Astrup utarbeidet de første utkastene til Hydros første kraftstasjon på Vemork, men de fant ikke nåde hos Sam Eyde som var personlig sterkt interessert i arkitektur. En Hydro-fortelling sier at Eyde ga oppgaven til

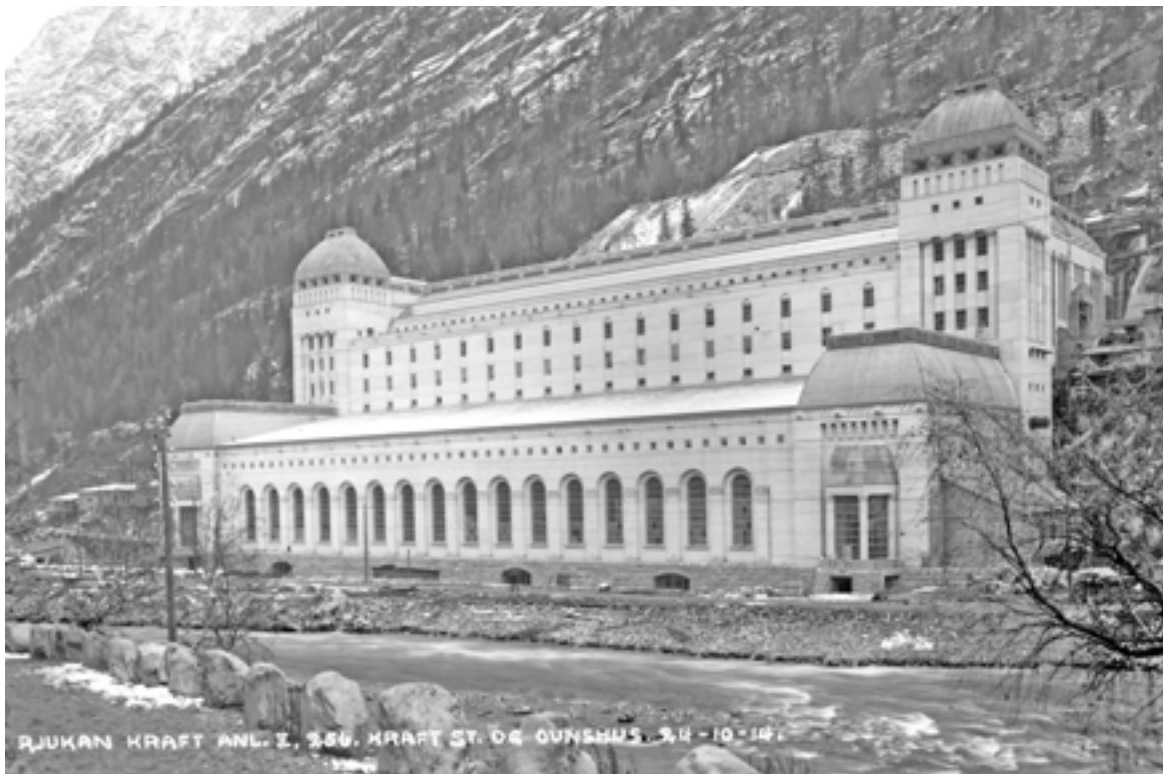
arkitekt Olaf Nordhagen på vilkår av at han i løpet av ett døgn kunne utarbeide et utkast. Nordhagens løsning er i stor grad basert på hans vinnerutkast i konkurransen om Bergen offentlige bibliotek i 1906–07. Vemorks fasade er, typisk for tidens prestisjebygg, kledd med naturstein.

Et annet meget stort og monumentalt anlegg på Rjukan er Såheim, eller Rjukan II som det ble kalt tidligere. Her ble Astrup og Nordhagen bedt om å lage hvert sitt utkast. Resultatet var at de fikk oppdraget i fellesskap, men nok med Nordhagen som den toneangivende. Oppdragsgiverens ambisjoner for arkitekturen og interesse for detaljer framkommer i korrespondanse mellom Nordhagen og ledelsen ved Hydro. Det som er bevart i Nordhagenarkivet (i Universitetsbiblioteket i Trondheim), gir innblikk i så vel honorarberegning som arkitektens frihet med hensyn til plassering, dimensjoner, utforming og materialbruk. Utbyggeren var åpenbart opptatt av arkitekturen i mange relasjoner, inklusive belysningen. Den rosettaktige grupperingen av lyspærer innfelt i

maskinsalens himling på Vemork ble således videreført på Såheim og av Astrup på Vamma tegnet i 1914 og Rånåsfoss ved Glomma i Sørums Akershus tegnet i 1919. Det ble bedt spesifikt om at vegglampene på Såheim måtte få en særlig omsorgsfull utforming av rent dekorative grunner.

Opprinnelig var det planlagt å bygge bare kraftstasjon på Såheim, og det ble utarbeidet planutkast som viser denne løsningen. Men Eydes byggeleder Gregussen Vogter fikk ideen om å bygge ovnshus for framstilling av kunstgjødsel over stasjonen, både for å eliminere effekttap ved kraftoverføring og ikke minst for å unngå konsesjonsbehandling og -avgift for overføringen. Såheims hovedtrekk viser likheter med andre av samtidens prestisjebygninger, som Oslo Hovedpostkontor.

Et annet stort, representativt anlegg fra denne perioden er Vamma kraftverk, tegnet av Thorvald Astrup i 1914. Maskinhuset er bygd parallelt med og tett inntil dammen (bare en kort rørgate skiller), og apparathuset står vinkelrett på. Adkomsten er via en bro som spenner dramatisk over slukten mellom



Såheim kraftstasjon, 1914. Bildet viser det litt tilbaketrunkne, høye ovnshuset med markante hjørnetårn som gir bygningskomplekset en usedvanlig monumentalitet mot den bakenforliggende fjellveggen og forklarer den populære betegnelsen "Rjukanoperaen". Foto: Norsk Hydros fotosamling/Norsk Industrierbeidermuseum

damkronen og det ene av apparathuset to tårn, som avsluttes av barokke hjelmer. Vammass inngangsparti og maskinsal er preget av relieffer i bruskarokk (en ornamentstil som ligner bruskdelen i det menneskelige øre). Salen er ellers en av de mest "delikate" blant norske kraftverk og står med sine sorte maskiner mot hvite vegger og tak som et uttrykk for begrepet "det hvite kull". Også damhusene i tilknytning til kraftstasjonen har fine arkitektoniske detaljer. Et unikt trekk ved Vamma er en utendørs frittliggende prakttrapp med spesialdesignet lyktearmatur. På det sentrale punktet er det en bronseplate der navnene på medlemmene av byggekomiteen er innstøpt. En vestlandsk pendant i form og stil til Såheim og Vamma er for øvrig Frøland i Samnanger ved Bergen fra 1912, tegnet av den lokale arkitekten Sigurd Lunde (1874–1936). Han var også ansvarlig for den store trafostasjonen i Solheimsviken i Bergen.

Kraftstasjonen som borg og slott

I denne perioden var borger og slott viktige bygningstypiske inspirasjonskilder. Et eksempel på dette er Nedre Leirfoss i Nidelva som ble tegnet av arkitekt Axel Guldahl (1866–1921) for Trondhjem Elektrisitetsverk i 1908. Fasadene av armert betong ble forblendet med en uregelmessig natursteinsmur med sprengestein fra tunnelarbeidene ved anlegget. Over hovedporten er det et stort steinrelieff av byvåpenet flankert av trondhjemsroser. Bygningen gir inntrykk av middelalderborg med dekorative detaljer som krenelering eller "skyteskår". Det faktum at begge Leirfossstasjonene fikk så påkostete utførelser, kan ha sammenheng med at fossene i noen årtier hadde vært populære utfluktsmål. For Nedre Leirfoss kan det også ha spilt inn at den kom da Trondheim hadde vunnet kampen om plasseringen av NTH. Internasjonalt finnes tilsvarende eksempler, det sveitsiske kraftverket Obermatt ved Engelberg fra 1905 har kanskje inspirert Guldahl. I 1917 fikk Øvre Leirfoss en etterfølger i Sagbergfoss i Melhus, vel to mil mot sørvest. Borgpreget var her mindre uttalt, men utbyggeren, et datter-

selskap av Orkla Grube AB, tok bryet og kostnadene ved natursteinskleddning, selv om plassering og tilgjengelighet knapt gjorde Sagfossen til et utfluktsmål. Tyn provisoriske kraftverk i Øvre Årdal i Sogn og Fjordane fra 1919 er som en Nedre Leirfoss i miniatyr. Det kan synes som om natursteinskleddningen av kraftstasjonene tok sikte på å knytte dem nærmere til de fysiske omgivelser, som ved Nedre Leirfoss. For kraften fra Nedre Leirfoss ble det bygd en trafostasjon (Paulinelund I) ved Høgskoleparken, også tegnet av arkitekt Guldahl. Den er utført i pusset mur og er nærmest som en urban, nybarokk villa.



Tinfos II. Foto: NVE

Den mest romantiske av kraftstasjonsborgene er nok Tinfos II ved Notodden, satt i drift 1912. Den er tegnet av arkitektbrødrene Knudsen, påbegynt av Finn (1864–1911) og fullført av Sverre (1872–1952). Tinfos II er oppført i pusset teglstein og malt rosa. Gesimsen og tårnene med krenelering framstår i upusset rød teglstein. Andre dekorative detaljer er relieff med dyrehode over en port, lyn i trappens smjernsgelender og akantusranker/bruskarokk i dekorfeltet rundt klokken i maskinhallen. Damhuset ved inntaket har en beslektet utforming.

Et annet anlegg i denne gruppen er Herlandsfoss på Osterøy ved Bergen fra 1919. Arkitektens navn er tapt, men inspirasjonen til apparthuset må være hentet fra Rosenkrantzstårnet i Bergen. Dette var enda tydeligere før kreneleringen på gesimsen ble fjernet. En annen særpreget natursteinskledd kraftstasjon er Osfallet nær Rena i Hedmark, som ble bygd i perioden 1912–14. Med sine steile tak og høye skorsteiner bringer den tanken hen på skotske herregårder. Ved flere kraftverk ble det bygd små damhus som kunne minne om middelalderens vaktårn. Det gjaldt både ved Skarsfossdammen på Rjukananlegget, ved fordelingsbassenget til Vemork og ved dammen til Årlifoss kraftverk i Tinnelva fra 1915, alle tegnet av Olaf Nordhagen.

Longerak kraftstasjon ved Byglandsfjorden fra 1915 kan på sin side minne om et lite fransk senmiddelalderslott bortgjemt i Setesdals skoger. Longerak ble bygd for å skaffe kraft til det nærliggende, men arkitektonisk mer nøkterne Landeskogen tuberkulosesanatorium. Det ble også bygd kraftstasjoner for psykiatriske sykehus. Kraftstasjonene ved Blakstad og Dikemark i Asker, begge fra 1904, var beskjedne, førstnevnte i tradisjonell teglsteinsstil og Dikemark i en forenklet versjon av Victor Nordans sykehus i pusset mur. Stasjonen til Valen i Sunnhordland fra 1910 har et snev av borgpreg.

Etter hvert begrenses bruken av naturstein til kun å framheve deler av fasadene. Det gjelder for Kiste kraftstasjon i Siljan i Telemark, tegnet av arkitekt Astrup i 1915. Det muligens siste eksempel i denne kategori er Tryland ved Mandal, tegnet i 1921 av arkitektene Heiberg og Dahl.

I 1909–12 tegnet Thorvald Astrup Svelgfoss II i Tinnelva ved Notodden (revet 1958) som med sin strenghet kunne gi assosiasjoner til militærarkitekturen. Formspråket var forbausende moderne, fritt for historiserende referanser. Noe av det samme preger Bøylefoss i Froland nord for Arendal fra 1913, hvor Astrup bare tegnet dekorative detaljer. Stasjonen leverte strøm til smelteverket i Eydehavn og skal være formgitt av ingeniør-

ene som tegnet fabrikkbygninger og trafostasjon der. Mot slutten av perioden tegnet Astrup to kraftstasjoner med en tyngre 1600-talls festningsform. Den ene er den nevnte Kiste (der det opprinnelige pyramidetaket og vindusløsningene er forsvunnet ved senere ombygging), og den andre er Nomeland ved Otra i Iveland i Aust-Agder fra 1920.

Kraftens katedraler

Flere av tidens stasjoner har trekk fra kirkearkitekturen. Den mest utpregede av disse må være Kopperå I i Meråker i Nord-Trøndelag, tegnet av trondheimsarkitekten Jakob Holmgren (1884–1962) i 1915. Med tårn og sideskip (om enn bare på den ene siden) gir den assosiasjoner til basilikaformen. Vindusløsningene og geometriske, innfelte mønstre i fasadene gir en svak gjenklang av jugendstil. Stasjonen er nå nedlagt, men fungerer som museum.

Nordhagens Årlifoss kraftstasjon hadde katedralpreg med et høyreist apparthus. Bygningen ble revet på slutten av 1980-tallet, men Nordhagens Hauen trafostasjon fra samme tid står fortsatt og har noen av de samme elementene. Staten utførte en stor kraftutbygging i Glomfjord med drift fra 1920. Her ble den andre av Nordhagens ”katedraler” oppført.

Brå overgang fra romantikk til nøkternhet

Mot slutten av epoken inntreffer en endring. Kraftverksarkitekturen tar farvel med romantikk og naturstein i tilpasning til en ny økonomisk virkelighet. Prosessen kommer klart til uttrykk ved Solbergfoss ved Glomma. Arkitektkonkurransen for Solbergfoss ble publisert i Teknisk Ukeblad i 1919. Kommentarene fra så vel juryen som redaksjonen viser at arkitektene fortsatt har problemer med å finne et gyldig formuttrykk for kraftstasjoner. Referanser til slott, herregårder og romantiske borger går stadig igjen. Konkurransen ble vunnet av Bredo Greve (1871–1931), men det ble forutsatt at utkastet ble bearbeidet i samråd med byggeleder ingeniør Sohlberg. Denne prosessen resul-

terte i en forenkling av fasaden. Forenklingen bestod i at natursteinskledningen forsvant, og granittomramming av porter og vinduer omfattet kun sidevangene, ikke buen over. Fasaden fikk en ubehandlet betongoverflate der strukturen i forskalingsbordene fortsatt lar seg avlese. Det kan ha vært en økonomisk tilpasning til depresjonen som satte inn høsten 1921.

1920-årene og nyklassisismen

Rånåsfoss er det første, største og utvilsomt flotteste av de nyklassisistiske kraftverkene. Stasjonen ble tegnet i 1919, og igjen leverte Astrup en monumental løsning. Et særtrekk er den smale maskinsalen som bare rommer generatorene. Turbinene (seks doble, horisontale Francis-turbiner) ligger under gårdsrommet mellom bygningene. Materialbruken og detaljeringen står i skarp kontrast til Solbergfoss. Den søylebårne tempelgavl møter oss ved hovedinngangen til tårnet, i forenklet versjon også over heisen inne i første etasje. Utvendig er overflatene pusset og malt. Sluttsteinene over vinduene er av granitt, og hjørnene er markert med pusskvader. Tårnbygningens takterrasse og lanterne er kledd i kobber og markert med en balustrade. Den lille gangen fra trapperommet inn til maskinsalen er hvelvet med kassett-tak. Belysningen i maskinsalen er slik Astrup benyttet både på Såheim og senere, med lyspærer innfelt i taket gruppert sammen i dekorative mønstre og supplert av lamper montert på veggene. Lukehuset ved Rånåsfoss kan gi assosiasjoner til kirkearkitekturen. Det samme gjelder for Toklev kraftstasjon i Siljan, som Astrup tegnet i 1921, med apparathuset som tårn i enden av maskinsalens "langskip". På Vestlandet var Dale kraftstasjon en meget viktig representant for nyklassisismen, tegnet av bergensarkitekten Arent Greve (1890–1961) i 1927. Kraftstasjonen ble revet i 2011.

Brekke ved Halden er også tegnet av Astrup, men noe senere enn Rånåsfoss, i 1924. Dette er et lite og enkelt anlegg hvor apparathuset (med tilnærmet flatt tak) og maskinsalen er bygd sammen i vinkel.

Kraftverket ble bygd samtidig med og ved siden av Brekke sluser. Sammen utgjør de to elementene et verdifullt teknisk-industrielt kulturmiljø. Noen mener at Brekke var tenkt utvidet for å gi strøm til jernbanen.

Follafoss, tegnet i 1921 for Nord-Trøndelag Elektrisitetsverk, var Nordhagens siste arbeid som kraftverksarkitekt. Stasjonen har en høyreist monumentalitet som bringer tankene tilbake til Såheim. Apparathuset er lagt bak maskinsalfløyen og gitt stor høyde tilpasset det sterkt skrånende terrenget. Smale, vertikale vindusfelt mellom lisenene understreker det vertikale preget. Den nåværende fargesettingens kontrasteffekter forsterker dette ytterligere. Samtidig med Follafoss tegnet Nordhagen tre store transformatorstasjoner i Namsos, Steinkjer og Åsen. Disse har et mer konvensjonelt preg av tempelgavl.



Rånåsfoss kraftstasjon sett fra dammen.

Foto: Helena Nynäs/NVE, 2009

En motsetning til Folla-foss er Løkaunet kraftverk ved utløpet av Selbusjøen som ble tegnet av arkitektene Brekke og Grimelund i 1924. Det er nesten helt frigjort fra referanser til tempelgavlen. Stasjonen var opprinnelig bygd som "midlertidig", men er fortsatt i full drift.

1920-tallet avsluttes med en atypisk, men den gang meget moderne og påkostet, kraftstasjon, Sauda III i Rogaland. Den er utformet i art deco-stil og ble tegnet i 1929 av arkitektene Andreas H. Bjercke (1883–1967) og Georg Eliassen (1880–1964). Hovedfasaden har en spesiell vindusløsning med en kombinasjon av tre store "koøyer" med "lueskygger" nederst og et horisontalt vindusbånd øverst, alt med dekorativ ruteinndeling. På gesimsen over det funksjonsinspirerte vindusbåndet troner fire stiliserte skulpturer i helfigur som et unikt innslag. Unikt er også den bølgende eller fossinspirerte konturen av tårnet for utgående ledninger. Kortfasadene avsluttes av den siste, svake snev av nyklassisismens tempelgavl over en siste versjon av 1800-tallets "rosevindu" for industribygninger. Lukehuset ved Sauda III's inntaksmagasin, Storlivassdammen, er utformet som en mindre og enklere pendant til kraftstasjonen. Selve dammen har også en bevisst estetisk utforming. Det samme må kunne sies om rørgaten, der rørbuen som krysser en mindre dal, er et spennende innslag. Spørsmålet om hvorvidt Bjercke og Eliassen også hadde ansvar for de sistnevnte elementene, er ubesvart, men kraftverket Sauda III framstår som en visuelt gjennomarbeidet helhet på linje med Nordhagens Vemork.

1930-tallet og funksjonalismen

Funksjonalismen i Europa oppstod allerede på 1920-tallet. Nå skulle bygningens utforming i overveiende grad bestemmes av de fysiske-funksjonelle, konstruktive og økonomiske krav som oppgaven stilte. Med funksjonalismen kommer de første tilløp til anonymisering av kraftverksarkitekturen. Det var strenge formkrav, bortfall av rent dekorative innslag og trang økonomi. Pionertiden var definitivt over, og elektrisiteten ble mer trivialisert som fenomen.

Et tidlig uttrykk for funksjonalismen i norsk industriarkitektur er konkurranseutkastet som arkitekt Ove Bang (1895–1942) laget til Frøystul kraftstasjon for Norsk Hydro i 1924. Kraftstasjonen ble oppført i 1926, etter Thorvald Astrups tegninger i enkel, nyklassisistisk stil, men ble revet og erstattet av ny stasjon i fjell i 1995.

Den første norske funksjonalistiske industribygning var Hydros hydrogenfabrikk på Vemork, oppført i 1928 etter Thorvald Astrups tegninger. Tilløp til art deco-innslag i tidligere utkast var da eliminert. Fabrikkens stod rett foran Nordhagens kraftstasjon og skjulte denne fullstendig. I arkitektene Astrup og Hellerns arkiv finnes Henning Astrups tegninger for Oslo Lysverker av Djupedalsfoss kraftstasjon i Holselva, en sideelv til Hallingdalselva. Førsteutkastet til denne lille bygningen med en grunnflate på 90 kvadratmeter var helt "kubistisk". Arbeidstegningene fra desember 1930 viser panelte fasader og pulttak (bortsett fra tårnet til apparathuset) og horisontale vindusbånd. Djupedalsfoss hadde utvilsomt en funksjonalistisk karakter. Kraftstasjonen ble avløst av Hol II i 1957 og revet. Et annet tidlig funksjonalistisk kraftverk i Norge er Skjerka i Vest-Agder med første byggetrinn utført i årene 1930–32, tegnet og planlagt av konsulentfirmaet Chr. F. Grøner. Skjerka kraftstasjon er organisert under én svakt skrånende takflate og er funksjonsdelt i lengderetningen. Maskinsalen er plassert inn mot fjellsiden og apparathuset og verkstedet ut mot elva. Det ga en lukket hovedfasade, hvor mørk sokkel, baldakin og takgesims understreket det horisontale mot det lyse vegglivet. I det øvre hjørnet, der verkstedet er markert med et tårnoppbygg, står et smalt, høyt vindu med et rundvindu som en stor "i". Maskinsalen har relativt små vinduer plassert høyt oppe på veggen. Fasadens kontrast mellom lyst og mørkt går igjen i gulvets rutemønster og i den opprinnelige lysarmaturen. Bygningen ble forlenget på 1940-tallet, og i de senere år er det bygd en tilpasset lav kontorfløy på nordsiden. Oppfylling for vei og et større transformatoranlegg i friluft har

endret det opprinnelige inntrykket av hovedfasaden. Skjerka har nå ny kraftstasjon i fjell.

Grønnvollfoss kraftstasjon ved Tinnelva ble tegnet av Thorvald Astrup i 1932. Den gir et tungt, lukket inntrykk, og med sine opprinnelig ubehandlede betongfasader kan den sies å foregripe andre verdenskrigs militærarkitektur og den senere brutalisme. Arkitekter var opptatt av å gi fasadene en ren, ikke-forkludret form. Selv nedløpsrør for regnvann ble derfor innstøpt i veggen. Løsningen var ikke heldig ut fra vedlikeholdssynspunkt da den senere ble brukt på det mer nedbørsrike Vestlandet. Konstruktive elementer i maskinhallens tak og vegger gir dekorative effekter. Maskinsalen er effektivt belyst av to vindusbånd, et smalt oppstrøms og et høyere, lavt plassert nedstrøms. Det opprinnelig strenge, enhetlige preget er senere endret ved tilbygg, en todelt farge-setting og en større metallkonstruksjon foran hovedfasaden. De opprinnelige lukehusene er erstattet av nye. Om Grønnvollfoss ble oppfattet som vel radikal vites ikke, men noen umiddelbar etterfølger fikk den ikke. Thorvald og Henning Astrup tegnet imidlertid i 1937 den mindre Skjeggedal kraftstasjon ved foten av Ringedalsdammen i Tyssedal og

utvidelsen av Bjølvo i Kvam i Hordaland i 1938, begge karakterisert av et sammenhengende vindusbånd øverst på alle veggene.

En annen funksjonalistisk kraftstasjon er Evenstad, bygd av Arendal kommune i 1939. Senere ombygging har endret stasjonsbygningens opprinnelig funksjonalistiske preg, men lukehusene på dammen står uendret. Et annet funksjonalistisk kraftverk var første byggetrinn av Svean kraftverk, bygd av Trondheim Elektrisitetsverk i 1939–40. Maskinsalen og apparathuset ligger symmetrisk omkring et smalt, forhøyet midtparti. Det har ikke vært mulig å knytte et arkitektnavn til denne kraftstasjonen, men det er mulig at to av e-verkets ingeniører var ansvarlig for utformingen. Kjosfoss kraftverk fra 1944 ved Flåmsbanen er tegnet ved NSBs arkitektkontor av Gudmund Hoel (1877–1956). Kjosfoss er enkelt utformet med maskinsalen nederst i det bratte terrenget og apparathuset bak under hvert sitt pulttak. I 1941 fikk Thorvald og Henning Astrup oppdraget ved utvidelsen av de eldre anleggene både på Kykkelsrud og Vamma. Begge steder ble hovedtrekkene i de opprinnelige anleggene videreført, særlig i interiørene. I eksteriørene ble tilføyelsene



Skjerka kraftstasjon. Foto: NVE



Vamma kraftstasjon fra 1914 ble utvidet i 1941. Lengst til venstre ses nybygget med det 11. aggregatet, som ble satt i drift i 1971. Alle byggetrinn er tegnet av arkitektfirmaet Astrup. Foto: Hafslund ASA

markert ved en ny vindusform (nordgavlen, Kykkelsrud) og forenkling av pilastrene (hovedfasaden, Vamma).

1945–65: Etterkrigstiden

I denne perioden er det to tendenser som kan noteres når det gjelder kraftstasjoner i dagen. Den ene er en videreføring av 1930-tallets funksjonalisme med geometriske volumer og flate tak. Et tidlig eksempel er Iveland kraftverk litt nord for Kristiansand. Arkitekt Einar Engelstads (1876–1958) tegninger er datert allerede i mars–april 1945. Et annet eksempel er Thorvald og Henning Astrups tegninger for ombygging og tilbygg av Hafslund kraftstasjon i Sarpsborg midt på 1950-tallet, hvitpusset, i tråd med funksjonalismens ideal. Den mest særpregete kraftstasjonen fra denne perioden er nok Fellesanlegget Kykkelsrud-Fossumfoss med Knut Astrup og Gudmund Bakke (f. 1933) i arkitektfirmaet Astrup og Hellern som utførende arkitekter i 1960–62. Det langstrakte hovedvolumet inneholder maskinsalen med to aggregater (et tredje kom i 1985) og verksted. Apparathuset er asymmetrisk plassert på tvers over dette. Sett forfra er det tilsynelatende svevende, bare båret av to piler i forkant. Den optiske illusjonen skapes ved at den lave kontoretasjen er lett

tilbaketrukket og mørk mot stasjonens øvrige helt hvite overflater.

Den andre tendensen i etterkrigstiden er en tilbakevending til mer tradisjonelle norske former, som en reaksjon mot den internasjonale funksjonalismen. Tendensen gir seg blant annet utslag i at saltaket igjen kom til heder og verdighet, enten det nå gjaldt boligblokker eller kraftstasjoner hvor denne løsningen også kunne harmonere bedre med fjellandskapet omkring. Et eksempel som kan nevnes, er Hol I fra 1949, som var et av de første store kraftverkene etter krigen. Hol I er tegnet av arkitekt Peter Daniel Hofflund (1897–1967), som da var byarkitekt i Oslo.

Kraftbehovet økte raskt etter 1945, utbyggingstempoet likeså. Utvidelser av eldre kraftverk og nye bygg som erstatning eller tillegg til eksisterende utbygginger ble utført allerede før krigen. Etter 1945 ble dette mer og mer aktuelt. Et eksempel på en vellykket utvidelse av et eldre kraftverk er arkitekt Geir Grungs forlengelse av Solbergfoss, fullført i 1959. Dette er muligens Geir Grungs første oppgave innen kraftverkssektoren. Her ble Bredo Greves opprinnelige bygningskropp hensynsfullt forlenget, samtidig som forlengelsen klart framstår som en lesbar, selvstendig helhet. Grungs grep er å åpne fasa-

den med ett stort vindu. Kraftige pilarer innenfor bærer traverskranen og takkonstruksjonen. Høyden på tilbygget er litt lavere enn på den eldre delen. Ellers er både takvinkelen og fasadens utforming så lik originalen som mulig.

Nye kraftstasjoner i dagen etter 1965

Kraftutbyggingen i Norge fortsatte i stort omfang etter 1965 og til ut på 1980-tallet. Kraftstasjoner ble nå oppført som enkle bygg i betong, gjerne med bevisst bruk av ubehandlet overflate kalt "béton brut" eller rå betong, noe som ga opphav til stilbetegnelsen brutalisme. Med hensyn til utførelsen av mange kraftverk var det viktig med enkle løsninger, ikke bare av arkitektoniske årsaker, men også for å gjøre byggetiden så kort som mulig og dermed bidra til prosjektets totale økonomi. Dette la føringer på utforming og materialvalg. Tendensen i retning av det mindre prangende og mer anonyme kan også ha vært påvirket av at motstanden mot kraftutbygging fra miljøvernhold ble mer markert. Men denne perioden er framfor alt preget av en samfunnsendring og av å være teknologiens og ingeniørenes tidsalder. Dette reflekteres også i arkitekturen rent generelt, med bygging av drabantbyer og boligblokker hvor utformingen kan se ut til å være mer preget av byggekranens behov under monteringen av byggmoduler enn av hensynet til estetikk.

Kraftstasjonsbygningene i dagen er også blitt mindre av størrelse. Selv om mange nye kraftstasjoner fikk større total ytelse enn de eldre, var det vanligvis færre aggregater som skulle på plass. Den teknologiske utviklingen hadde gjort det mulig å konstruere maskiner med vesentlig større ytelse enn tidligere. Samkjøringen av kraftverkene førte også til at samfunnet ikke lenger var så sårbart om det kanskje eneste aggregatet i et kraftverk fikk driftstans. Etter hvert plasseres de fleste nye, store kraftstasjoner i fjell. I hovedsak er det bare de mindre kraftstasjonene som plasseres i dagen, med unntak av der hvor topografien tilsier at det bare er plassering i dagen, helt

eller delvis, som er mulig. Den økende bruken av vertikale i stedet for horisontale aggregater, og plassering av disse og annet teknisk utstyr på nivåer som er sprent ned under fjelloverflaten, gir løsninger der bare en liten del av stasjonen er synlig i dagen. Arkitektene har fortsatt oppgaver med kraftstasjoner i dagen, selv om friheten i valg av løsninger kanskje er mindre enn for utbyggingene i de første tiårene av 1900-tallet. Oppgavene er likevel store, for eksempel ved nye utbygginger der kraftstasjonsbygningen også skal tilpasses landskap eller annen bebyggelse. Arkitekt Egil Sorteberg har tegnet Løpet kraftstasjon i Søndre Rena, en sideelv til Glomma, der kraftstasjonen er integrert som et sentralt element i dammen. Stasjonen flankeres av en fisketrapp i markert siksakkmønster på den ene siden og av flomløpet med kraner på den andre siden. Fasadens øvre del domineres av halvt gjennomskinnelige glasselementer. Kontrollrommet har et særpreget tak som skråner innover i trappetrinn.

Tilpasning til gammelt kraftverk og andre omgivelser

Ved noen kraftanlegg er det foretatt utvidelser og moderniseringer, med eller uten bygging av ny kraftstasjon. Noen steder legges den nye kraftstasjonen i fjell mens den eldre kraftstasjonen i dagen tas ut av produksjon. Andre steder har en utvidelse av kraftstasjonen i dagen vært mest gunstig, enten ved at den gamle bygningen utvides, eller ved at det bygges en ny kraftstasjon i dagen like ved. Noen steder kan den eldre stasjonen fortsatt være i drift eller er ivaretatt som museum eller kulturminne.

Vamma kraftverk ble i 1971 utvidet med ett vertikalt aggregat. Det nye aggregatet har litt større ytelse enn de ti eldre, horisontale til sammen. For øvrig er alle disse fortsatt i drift. Det ble oppført et nytt bygg for det nye aggregatet. Bygget er plassert i forlengelsen av og litt forskjøvet i forhold til den gamle bygningen fra omkring 1915. Arkitektfirmaet Astrup og Hellerns tegning fra 1966 viser at

nybygget er tilpasset den eldre bygningens nybarokke stil ved å velge anonymitetens strategi, men med beslektet hovedinndeling av fasaden.

Installasjonen på Rånåsfoss kraftverk ble økt med ett nytt aggregat i 1983. Også her ble det oppført en ny kraftstasjonsbygning, men på den andre siden av Glomma. Dermed skiller dammen nytt og gammelt anlegg. Arkitekt Knut Nergaard beholdt de gamle hovedformene (åstak og takvinkel) og den gamle fargebruken på den nye bygningen. Også han valgte en enkel og relativt anonym løsning med spalten i gavlveggen midtakse som det djerveste innslaget.

En selvstendig løsning er den nye kraftstasjonen for Herlandsfoss kraftverk, satt i drift i 1995. Den erstattet den gamle kraftstasjonen fra 1919. Den nye stasjonen er plassert inntil og delvis inn i fjellveggen. Midtpartiet er et stort vindu, og fire tresøyler og de flankerende betongveggene er kledd med naturstein. Sammen med valmtak med rød takstein viser dette en bevisst tilpasning

formspråk. Arkitekten er Anne Brith Ege (f. 1949).

Åmli kraftstasjon i Aust-Agder kombinerer de to elvekraftverkene Åmli-Nidelv (Åmfoss) og Åmli-Gjøv, begge fra 1983. Egil Sorteberg delte opp bygningen i flere volumer, tilpasset til terreng og vegetasjon, og forblendet fasadene med teglstein. I kraftstasjonen er det også et vasskraftsenter med en utstrakt informasjonsvirksomhet.

I de senere år er det bygd mange mindre kraftverk i kategoriene små- (1–10 MW), mini- (0,1–1 MW) og mikrokraftverk (mindre enn 0,1 MW). Disse har nærmest uten unntak kraftstasjon i dagen. Mange av dem er tilpasset lokal byggeskikk og kan for eksempel være oppført i laftet tømmer eller annet materiale med en lokal forankring.

Kraftstasjoner i fjell

Den første kraftstasjonen i fjell må sies å være den lille som ble bygget ved rørgaten til Såheim ved Rjukan, idriftsatt 1916. Arbeidet med Mår kraftstasjon, også ved Rjukan,



Portalen til Nedre Røssåga kraftstasjon. Foto: Helena Nynäs/NVE

er det bygd et stort antall kraftstasjoner i fjell i Norge. Løsningen er blitt valgt for de fleste store og mellomstore kraftstasjoner. I 1990 kom mer enn 85 prosent av den totale norske vannkraftproduksjonen fra kraftstasjoner i fjell. I 2002 hadde Norge 200 av verdens totalt 500 kraftstasjoner av denne kategorien.

De nye kraftverkene fikk stor betydning, men var ikke prestisjebygg på samme måte som de største kraftstasjonene fra tiårene forut. Kraftstasjonene skulle nå først og fremst bygges med tilfredsstillende tekniske løsninger. De mest synlige elementene er portalen eller et portalbygg i overgangen mellom friluft og tunnelen og maskinsalen inne i fjellet. Maskinsalen er det mest framtreddende av kraftstasjonens mange rom og utgjør som oftest det største volumet.

Arkitektenes mulige oppgaver knyttet til kraftstasjoner var dermed blitt endret. Med de store prosjektene, og med forskjellige inngrep i natur og andre omgivelser, fulgte imidlertid oppgaver av mer landskapsmessig karakter. De omfattende sprengningsarbeidene medfører store mengder med sprengstein som skal plasseres i tipper og tilpasses omgivelsene.

Plassering i fjell stiller nye krav også når det gjelder interiør. Geologiske forhold er for eksempel avgjørende for valg av opplegg for maskinsalens traverskran, som skal kunne manøvreres både i salens lengde- og tverretning. Dersom fjellet har tilstrekkelig bæreevne, kan kranskinnene legges på en utsprengt hylle. I motsatt fall må det konstrueres et system med pilarer og dragere for å oppta belastningene. Utformingen av veggflatene og himlingen er nok noe mer iøynefallende. For de aller tidligste kraftstasjonene i fjell var det vanlig med støpte betongflater mot fjellveggene. Senere ble det ofte valgt å la de utsprengte fjellveggene stå ubehandlet. Innkledning med ulike typer materialer er også brukt. Dersom fjellet er godt, kan himlingen (fjellflaten) være nær sagt ubehandlet, bare rensket, pusset og sikret. For å hindre innsig av vann og nedfall av løst fjell er himlingen ofte kledd med et egnet materiale eller har et betongskall som

himling, plassert litt under fjellet. Støydemping kan også være et moment ved valg av materialer og utforming.

Lysebotn kraftverk i Rogaland ble satt i drift i 1953. Dette var et stort og viktig anlegg med kraftstasjonen plassert i fjell av beredskapsmessige hensyn. Arkitekt var Gustav Helland (1879–1958), utdannet ved den tekniske høyskolen i Dresden like etter århundreskiftet og med lang praksis i Stavanger. Fjellhaller med nakne fjellvegger var fortsatt et radikalt grep da arkitekt Helge Ryvarden (f. 1930) tegnet Nea kraftstasjon i Tydal i Sør-Trøndelag i 1959. Norsk Hydro satte krav om nettopp en slik løsning under Røldal-Suldalutbyggingen da de noen år senere engasjerte Geir Grung.

Som i kraftstasjoner i dagen er kontrollrommet også i kraftstasjoner i fjell hensiktsmessig plassert nær maskinsalen. Men nå er det nesten uten unntak plassert i et eget rom, vanligvis innenfor den ene kortveggen og med vindu mot salen. Noen steder er kontrollrommet lagt en etasje opp fra gulvet i maskinsalen. Dette gir god oversikt, på samme måte som de eldre kraftverkens kontrolldel ("brettet"). Her bemerkes at den tidligere åpne kontrolldelen i mange kraftstasjoner etter hvert er blitt atskilt fra maskinsalen med vegg og vindu. Et unntak fra kortveggplasseringen er Tunnsjødal kraftverk i Nord-Trøndelag, satt i drift i 1963, der kontrollrommet er plassert innenfor midten av den ene langveggen. Dette kontrollrommet ligger også på samme nivå som maskinsalens grunnflate.

Transformatorer og koblingsanlegg er ofte lagt til en egen og lite synlig del av kraftstasjonen, og med liten eller ingen arkitektonisk bearbeidelse. Men for Tyso II i Tyssedal, som ble satt i drift i 1967, ble det valgt en annen løsning. Der er det elektriske anlegget plassert langs den ene langveggen i maskinsalen. Den nederste delen ligger bak gitterporter mens den øverste delen skjermes av en vegg av delvis gjennomsiktig glass. Arkitekt for denne kraftstasjonen var Geir Grung. Noen få steder er transformatorene plassert i portalbygget.



Røldal kraftstasjon

Foto: Terje S. Knudsen/Norsk Hydro

Nedre Vinstra kraftstasjon er et tidlig fjellanlegg og ble satt i drift i 1953. Både maskinsalen og portalbygget fører tradisjonelle former og detaljer videre på et nytt felt innen arkitekturen. Arkitekt var Sverre Narve Ludvigsen (1904–1971). Portalbygget er kledd med naturstein i en moderert funksjonalistisk stil. Maskinsalens langvegger er inndelt i pussete, rundbuede felter. I salen er det en monumental trappeløsning og fine smijernsarbeider i så vel trappegelendere som porter. Kontrollrommet ligger innenfor den ene tverrveggen med utsyn over salen gjennom et vindu. Kraftverket ble utvidet med ett aggregat på slutten av 1980-tallet, noe som medførte en forlengelse av maskinhallen. Den nye delen er tegnet av Egil Sorteberg. De rundbuede veggfeltene fortsettes inn i den nye delen, men ble der gjort større og med endrete ventilasjonsåpninger. Den nye endeveggen er utført med Lecablokker og murt med store fuger, noe som bidrar til å absorbere støy. Dette siste er et kjennetegn for Sortebergs kraftstasjoner.

Nea kraftstasjon stod ferdig i 1960 og ble tegnet av den unge arkitekten Helge

Ryvarden. Han fikk oppdraget etter en lukket konkurranse med tre veletablerte trondheimsarkitekter. Det hvitmalt portalbygget over åpningen til adkomsttunnelen har to etasjer. Bygningens kjerne består av en stor luftekanal for å få varmluften ut fra stasjonen. Opprinnelig inneholdt andre etasje i bygningen kontorer og hadde gjennomgående vindusbånd. Med dårlig isolasjonsglass og manglende klimaanlegg ble det lite behagelig i særlig varme og kalde perioder. Senere har administrasjonen flyttet, og vinduene er fjernet. Begge etasjer har nå åpen balkong på alle sider. Maskinsalen preges av en påkostet materialbruk. Bærekonstruksjonen for kortveggene er kledd med gule teglfliser. Kontrollrom og kontorer er panelt med teak. Det er brukt skifer til trappetrinnene. Inn mot maskinsalen er det kontrollrom og kontorer i to etasjer i den ene enden og verksted i den andre. På hver side av langveggene inn mot kontrollrommet er det en bronseplate, den ene med navnene til hovedaktørene i prosjektet (inkludert arkitekt), den andre med et relieff av stjerne-tegnet vannmannen, Aquarius. Gulvet var

opprinnelig dekket av linoleum i rødt-grønt rutemønster, som nå bare er bevart i et lite rom på kontrollsiden. Nea ble bygd som et flaggskip for utbyggeren Trondheim Elektrisitetsverk og var regnet som svært moderne for sin tid. Forklaringen kan ligge både i størrelsen på kraftverket og i relasjonen til nabolandet. Nea kraftverk var nemlig delvis finansiert med svensk kapital og skulle levere strøm også til Sverige. Innvielsen og oppstarten ble foretatt av statsministrene Tage Erlander og Einar Gerhardsen. Men den viktigste årsaken til det høye ambisjonsnivået var, ifølge arkitekten, at anlegget skulle være et besøkskraftverk. Kraftforsyningsens Siviltforsvarnemnd gikk imidlertid imot dette på grunn av beredskapshensyn.

Den kalde krigen medførte adgangsrestriksjoner som ikke bare hadde betydning for enkeltstående kraftverk, men også for spørsmålet om arkitektonisk bearbeidelse. Det var først rundt 1980 at det ble ansett som mulig å bygge enkelte anlegg som besøkskraftverk, noe som derved naturlig forutsatte en mer representativ arkitektur. Dette gjaldt for eksempel både for Alta fra 1987, tegnet av

Egil Sorteberg, og Brattset kraftverk ved Orkla i Sør-Trøndelag fra 1982, tegnet av arkitekt Ottar Heggenhougen (f. 1922) i Arnstad og Heggenhougen Arkitektkontor. På Brattset spilte arkitekten sterkt på kontrastene med sort tak mot den hvite bærekonstruksjonen for traverskranen. Begge disse utbyggingene, i særlig grad Alta, møtte betydelig motstand fra miljøvernhold. Besøksfunksjonen var tenkt å kunne bidra til å forklare og legitimere inngrepene i naturen og sette dem inn i en samfunnsmessig sammenheng. En annen faktor, som trakk i retning av enkelhet, var den nye fjernstyringsteknologien, som innebar at det ikke lenger var behov for bemanning til enhver tid i alle nye anlegg. Dette kunne tilsi en mer nødtørftig og rent nyttebetont utforming av fjellhallen, slik Nye Skjerka i Vest-Agder i 1997 er et eksempel på.

Til slutt noen eksempler som viser utførelser av portalbygg og portaler. Fjone kraftverk i Nissedal i Telemark stod ferdig i 1970. Portalbygningen er en nøktern, upusset betongkonstruksjon med en utkraget glassbaldakin over porten, kronet av en galge som



Driftsentralen for Røldal-Suldal-anlegget på Nesflaten i Rogaland tegnet av Geir Grung i 1965.

Foto: Terje S. Knudsen/Norsk Hydro

høyspentledningene går ut fra. Det hele er i samspill med den bratte, grå fjellveggen rett bakenfor.

En oppsiktsvekkende portalbygning er den som Geir Grung tegnet for driftsentralen for Røldal-Suldal- anlegget på Nesflaten i Suldal for Norsk Hydro i 1965. Bygningen er lav, sirkelrund og i én etasje. Bygningen nærmest svever over tunnelåpningen, båret av to utoverkragende betonglameller i forkant og hvilende på de flankerende bygningskroppene i bakkant. Kontorfløyens andre etasje har i likhet med driftsentralen en åpen glassfasade. De bærende betongelementene er tydelig framhevet i kontorfløyen, som i mange andre av Grungs bygninger og i 1960- og 70-tallets arkitektur generelt. En annen av Grungs bygninger for Røldal-Suldal-utbyggingen, er kontor- og verkstedsbygningen i Røldal fra 1966. Denne har et dristig utkraget og buet element som avsluttes med en endevegg i glass. Disse trekkene i form, konstruksjon og materialbruk viser hvordan Grung lot seg inspirere av østasiatisk arkitektur etter sine studiereiser til den delen av verden. Den orientalske påvirkningen er også tydelig, kanskje særlig i takformene, ved de to transformatorstasjonene han tegnet for plassering rett ovenfor den gamle kraftstasjonen i Tyssedal, Sengjanen fra 1961 og Stanavegen fra 1968.

Statkrafts Hogga i Nome i Telemark kom i drift i 1987. Bygningene ligger på en utsprenkt hylle nede ved elva. Portalbygget er bygd litt ut fra fjellveggen. Andre etasje har rundbuet tak og glassgavl. Like ved er det et uvanlig høyt tårn for de utgående kraftledningene. Hylen kraftverk i Suldal i Rogaland, også eid av Statkraft, stod ferdig i 1980–81 og ble tegnet av Egil Sorteberg. Mellom portalen og en lav, liten kontorfløy skyter et særpreget bygningselement fram. Det er høyt og smalt, med avrundet avslutning, og med små glugger. Dette skulle være for skytestillinger i en krigssituasjon.

Roskrepp i Sirdal, satt i drift i 1980, har en stor portalbygning i to etasjer. Det er oppholdsrom og andre funksjoner i den ene enden og transformatorer i den andre. En

fagverksmast for utgående kraftledninger på hver langside forbindes med fagverksbro over trafodelen. Ved Kvinen kraftverk, satt i drift i 1981, også i Sirdal, er portalen innebygd i en transformatorstasjon. Trafoen har utgående ledninger på hver side samt i midten. Mastene er plassert inn mot fjellveggen og er forbundet med en fagverkskonstruksjon. Noenlunde tilsvarende løsning er det ved Solhom kraftverk i Kvinesdal, satt i drift i 1974. Der er det en betongmast i hvert hjørne.

Moflåt kraftverk i Tinn i Telemark har en av de tidligste og mest særpregete portalene. Dette Hydro-kraftverket stod driftsklart i 1954. Portalveggen med støttemur på en side er kledd med en uregelmessig natursteinmur i mange fargesjatteringer. Dette knytter an til Nedre Leirfoss fra 1910. Men veggen krones av et moderne innslag, en betongkonstruksjon med halvt gjennomskinnelige glasselementer, som lar tilskueren ane bæresøylene innenfor. Øverst går kraftledningene ut. Selve porten er dekorert med krystaller i kjempeformat. Lignende glasselementer preger, sammen med dragerne som bærer pulttaket, Geir Grungs frittstående portalbygning til Mykstufoss i Numedal fra 1964.

Portalen i Nye Skjerka i Vest-Agder, satt i drift i 1997, er et eksempel på hva som synes i dagen av en ny kraftstasjon. Portalens flankerende natursteinsmur fungerer dels som en skjermfasade og skråner ned i avsluttende spiraler. Selve porten er utført som metallramme kledd med trepanel i rombemønster. Over porten er det et rundbuet vindu med framspringende tak i limtre.

Ved Tjørhom kraftstasjon fra 1973 har Geir Grung formidlet inngrepet i bakkeskråningen fram til portalen med utkragete betongvegger med en hesteskoformet betongkrone som følger terrenget.

Utsmykning av kraftstasjoner siden 1950

Også i senere tid er det i enkelte kraftstasjoner funnet plass for utsmykning. Nye Vamma, satt i drift i 1971, har en vegg som domineres av et stort kart over Glomma-



Svelgfoss kraftstasjon anno 2002. Foto: Rolf Grønnerud/Norsk Hydro

vassdraget med Gudbrandsdalslågen og et mindre snitt av kraftstasjonen og Kaplan-turbinen. En mosaikk med et tilsvarende snitt finnes også i Aunfoss kraftstasjon i Namsen i Grong i Nord-Trøndelag, satt i drift i 1959.

Fjellhallen i Mår kraftstasjon på Rjukan, fra 1954, har landets største freskomaleri. Det største og kunstnerisk mest frie dekorasjonsarbeidet i noen norsk kraftstasjon er utført av Reidar Johan Berle i 1969. Dette abstraherte relieffet dekker hele den ene kortveggen i Evanger kraftstasjon ved Voss og er dominert av vertikale linjer, med mosaikkinnslag med sterk koloristisk effekt. Denne satsingen kan vel sees som uttrykk for at Evanger er Bergenshalvøens Kommunale Kraftselskaps (BKK) største kraftverk med en total byggetid på 20 år fra 1963.

Avslutningsvis må dekorasjonen i Hydros Svelgfoss ved Notodden, i drift fra 1958, nevnes. Under traverskranen på den ene kortveggen er det en stor framstilling i fugleperspektiv av "Svelgfoss Kraftanlæg

Telemark" etter en original av Svelgfoss I bygd i perioden 1905–07.

Oppsummering

En rekke av landets fremste arkitekter har vært med på å forme kraftstasjonene, enten stasjonene har vært godt synlige eller skjult i fjell. Artikkelen har søkt å vise noen representative eksempler for å belyse en del av norsk arkitekturhistorie som i alt vesentlig er for lite kjent.

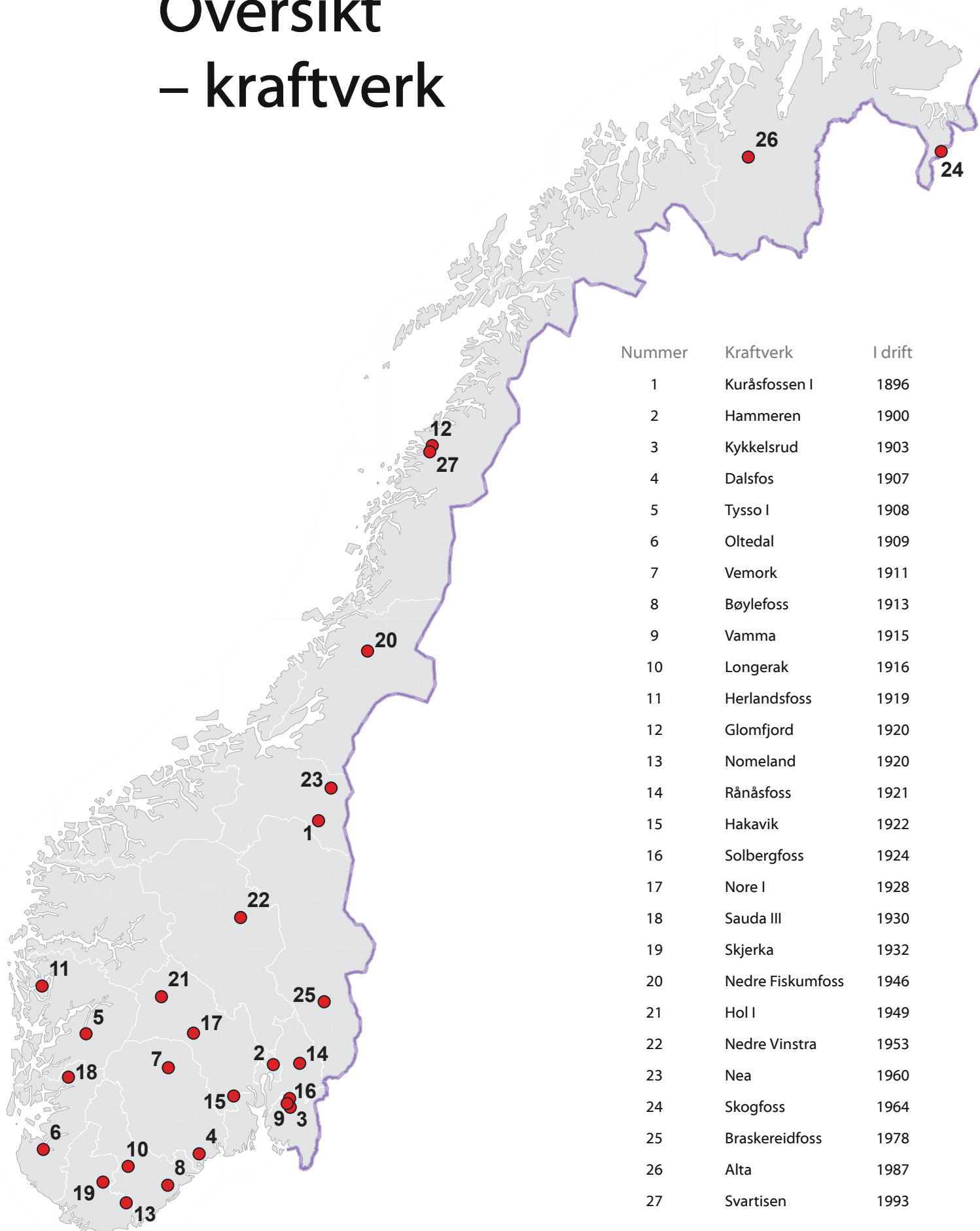


Del 2

Presentasjon

I denne delen presenteres kraftverk som er vurdert å være bevaringsverdige kulturminner. Disse kraftverkene skal til sammen gi en oversikt over vannkraftutbyggingen i Norge fra slutten av 1800-tallet og fram til i dag. Det er mange kraftverk å velge mellom, og de som omtales, skal til sammen utgjøre et representativt utvalg. Det har derfor vært en omfattende og utfordrende oppgave å bestemme hvilke kraftverk som skal være med. Mange andre kunne vært med, enten i tillegg til eller i stedet for ett eller flere av kraftverkene som nå presenteres. Resultatet skal derfor ikke tolkes dit hen at det bare er kraftverkene som er presentert i delen, som er bevaringsverdige som kulturminner.

Oversikt – kraftverk



Presentasjonene av bevaringsverdige kraftverk gir til sammen en oversikt over kraftutbyggingen i Norge – hvorfor og hvordan kraftverk er blitt planlagt, bygd og drevet og eventuelt utvidet, ombyggt, modernisert eller nedlagt. Dette danner grunnlaget for begrunnelsen for at kraftverket vurderes som bevaringsverdig.

Presentasjonen av kraftverkene er inndelt i fire hoveddeler:




- historikk
- teknisk utførelse
- arkitektur
- begrunnelse

Beskrivelsene er basert på ulike kilder. Noen av kildene kan betegnes som generelle, for eksempel oversiktsverker, NVEs databaser, etc. Det er ikke referert til disse kildene i hver enkelt presentasjon. Det vises imidlertid til referansene for de historiske artiklene. Spesifikke kilder er angitt dersom de har vært vesentlige for omtalen. Angivelsen er dermed en "veiviser" til ytterligere informasjon om et kraftverk. Referanser, både de generelle og de mer spesifikke, er oppført i registreringsskjemaene.

De mange kildene utgjør et omfattende bakgrunnsstoff. Noen ganger har forskjellige kilder forskjellige data for samme parameter eller forskjellige skrivemåter for navn. For talldata kan dette gjelde både for årstall og for fysiske størrelser. For enkelte fysiske størrelser kan forskjellige definisjoner gi forskjellige tall. Dette kan gjelde turbin- og generatorytelser, fallhøyder, damhøyder med mer. I dette prosjektet er det som oftest en størrelsesorden som er essensiell, og ikke nødvendigvis et helt eksakt tall. På den annen side – når et tall eller et navn er brukt, bør det selvsagt være korrekt, men det har vist seg at det kan være forskjellige meninger om hva som er korrekt. I noen tilfeller har det derfor vært vanskelig å få "endelig" avklaring, og noen uoverensstemmelser vil det nok derfor være.

Noen av kartutsnittene viser også andre kraftverk enn det som presenteres. I noen tilfeller gis det også en kort omtale av kraftverk som ligger i nærheten av kraftverket som primært beskrives. Særlig gjelder dette der det er et annet kraftverk, som oftest nyere, like ved et eldre kraftverk. Dette blir da et lite supplement til historien, både ved at et nyere kraftverk beskrives, og at kontraster mellom eldre og nyere anlegg synliggjøres.

Tegnforklaring til kartene for de enkelte kraftverk

 Magasin	 By, tettsted	Målestokk
 Vannvei - tunnel	 Industriområde	1:250000
 Vannvei - rørgate, kanal	 Riksgrense	Kartgrunnlag
 Omtalt kraftverk	 Fylkesgrense	Statens kartverk N250
 Omtalt pumpekraftverk	 Kommunegrense	Tillatelse nr.
 Andre kraftverk	 Europavei, riksvei	MAD12003-R1333714
 Andre pumpekraftverk	 Fylkesvei, kommunal vei	Kartografi
 Pumpestasjon	 Bilferje	Tore Tonning, NVE
 Dam	 Veitunnel	
 Inntak		

Kuråsfossen I

I øvre del av Norges lengste elv, Glomma, ble Kuråsfossen kraftverk satt i drift i oktober 1896. Den leverte kraft til kobberverket i Røros. Kuråsfossen er en representant for den tidlige vannkraftutbyggingen i Norge. Kraftledningen hadde da landets høyeste spenning, og var også den første overføring med trefase vekselstrøm. Kuråsfossen inngår fra 2010 i UNESCO-verdensarv "Røros bergstad & Circumferensen" (Røros Mining Town and the Circumference).

Historikk

I 1888 tok Røros Kobberverk i bruk et elektrisk lysanlegg med buelys ved en av gruvene. Tidlig på 1890-tallet opplevde verket økonomiske problemer som følge av dårlige kobberpriser. Det ble nødvendig å finne nye driftsmetoder for å redusere arbeids- og transportkostnadene. Beregninger viste at en elektrifisering av tre av gruvene ville utgjøre besparelser på 191 menn og 58,5 hester. Erfaringer fra elektrifisering av gruvedrift ble hentet fra utenlandsreiser. Endelig vedtak om utbygging av Kuråsfossen ble fattet i 1895.

Det tyske firmaet Schuckert & Co fikk oppdraget med levering av alt elektrisk utstyr til kraftstasjonen og gruvene. To turbiner, hver på 300 hk, ble levert av et svensk firma, Quist og Gjørs. Turbinrørene ble levert av det norske selskapet Kværner Brug. Kraftledningen hadde da landets høyeste spenning og representerte også den første overføringen med trefase vekselstrøm. Samlet lengde for overføringene var 24 kilometer. Kraftverket ble satt i drift 7. oktober 1896. I gruveområdene ble elektrisiteten nedtransformert til 150 V. Den ble fordelt rundt i gruvene og i dagen, til elektrisk belysning og til drift av bormaskiner og vaskerianlegg. Et lokomotiv levert av Schuckert & Co. kunne trekke fire tonn malm med en hastighet på ti km per time.

Viktige momenter

pionerprosjekt


teknisk utfordring for sin tid

initiativ og pågangsmot

nyere kraftstasjon like ved

eierens bevaringsarbeid

inngår i UNESCO verdensarv Røros Bergstad & Circumferensen



Fylke: Sør-Trøndelag
Kommune: Røros
I drift: 1896–1965
Installasjon: 0,5 MW (1896)
Fallhøyde: 15,3 meter
Nåværende eier: Røros Elektrisitetsverk AS
Kraftstasjon: I dagen
Magasin: Fra 1924 (Aursunden)
Antall aggregater: 2 (1896)



Et reguleringsanlegg ble tatt i bruk i 1924. Reguleringen må sees på som et tiltak for hele Glommavassdraget, men var selvsagt fordelaktig også for Kuråsfossen kraftverk. I 1931 ble et treje aggregat installert. De to eldste aggregatene ble deretter mest brukt som reserve og for ekstra effekt ved flom eller tapping fra magasinet. Kraftverket ble overtatt av Røros Elektrisitetsverk i 1936.

Kuråsfossen I utnyttet en fallhøyde på 15,3 meter som da var en tredjedel av den mulige fallhøyden. I 1946 ble det derfor besluttet å bygge et nytt anlegg. Det nye kraftverket ble satt i drift med ett aggregat på 5 MW i 1952. I 1965 ble det satt inn et aggregat til med en ytelse på 5 MW. Det nye kraftverket har inntak på samme sted som Kuråsfossen I. Fallhøyden ble nå økt til 48 meter. Kraftstasjonen er plassert i fjell.

I årene 1952 til 1965 var Kuråsfossen I kun periodevis i drift. Deretter forfalt bygningene, maskiner og utstyr. I 1982 ble det så tatt initiativ til restaurerings- og vedlikeholdsarbeider for kraftstasjonen. Bygget er nå pusset opp, generatorer og turbiner er glassblåst og malt opp igjen. Men Røros Kobberverk ble lagt ned i 1977, etter drift i 333 år.



Kraftstasjonen på Kuråsfossen I. Foto: Helena Nynäs 2010/NVE

Teknisk utførelse

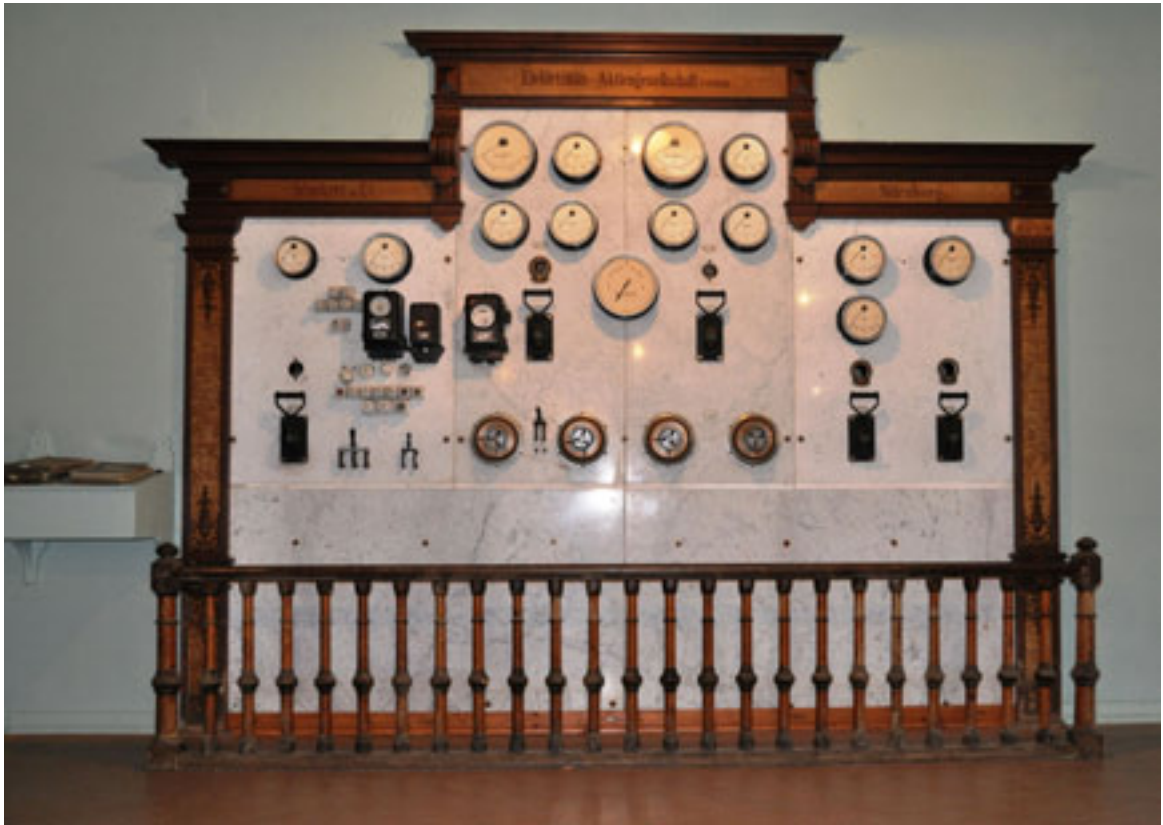
Kraftverkets hoveddeler var dam, inntak, vannveier og kraftstasjon med permanentutstyr. Ved inntaket var det en dam med største høyde fem meter og bredde sju meter. Dammen hadde fire sluser, hver to meter høy og en meter bred. Fra inntaket i Glomma var det en 190 meter lang renne av tømmer og tykke planker fram til fordelingsbasseng/inntaksbasseng av solid mur. Fra fordelingsbassenget, utstyrt med treluker, førte et stålrør med en lengde på omtrent 30 meter og en diameter på to meter ned til kraftstasjonen. Fra kraftstasjonen ledet ei utgravd renne vannet tilbake til Glomma.

Kraftstasjonen er plassert i dagen. Hver av de to opprinnelige horisontale Francis-turbinene med to løpehjul hadde en garantert ytelse på 300 hk ved fallhøyden på 15,3 meter. Aggregatet fra 1931 hadde en ytelse på 1 190 kW. De to generatorene fra 1896 hadde frekvens 50 Hz, turtall 300 og en generatorspenning på 5 kV. Kraften ble overført direkte fra generatorene og fram til gruvene. Kraftstasjonen hadde ikke eget høyspentrom. Generatorviklingen var knyttet direkte til kraftledningen, noe som må betegnes som dristig.

Dristigheten gjaldt også for brytere for utgående høyspentlinjer, måleinstrumenter og reguleringsmotstander. Alt betjeningsapparat ble plassert på marmortavle eller trevegger. I 1919 ble det anskaffet oljebrytere med utløserreleer og linjer.

Arkitektur

Kraftstasjonen er en relativt enkel trebygning. Det opprinnelige bygget fra 1896 har en størrelse på 15 ganger 11 meter. I 1919 ble høyspentrommet påbygd. Et påbygg kom i 1931 med utvidelsen til tre aggregat. Bygningen er pusset opp på 1980- og 1990-tallet.



Kuråsfossen I, betjeningsapparat på marmortavle. Foto: Helena Nynäs 2010/NVE

Begrunnelse

I løpet av noen få tiår på slutten av 1800-tallet og fremover ble det klart at vannkraften var en svært viktig ressurs for Norge, noe den eventyrlige utviklingen ved Kuråsfossen I er en tidlig representant for. På slutten av 1800-tallet var Kuråsfossen I en teknisk utfordring med avanserte løsninger. For sin tid var dette en stor utbygging også i europeisk målestokk. Men bare få år senere var betydelig større kraftverk i drift lenger ned langs Glomma, og i andre vassdrag i Norge.

Kraftoverføringen var landets første overføring med trefase vekselstrøm. Dette var fem år etter den kjente overføringen på 175 kilometer i Tyskland mellom Lauffen og Frankfurt, som regnes for å være det praktiske pionerarbeidet for trefasesystemet. I dag står den opprinnelige stasjonsbygningen igjen med mesteparten av det tekniske utstyret. Turbinene, generatorene, bryterne, måleinstrumenter og reguleringsmotstander er fine eksempler på tidlige maskin- og elektrotekniske komponenter.

Kuråsfossen I inngår fra 2010 i UNESCOs verdensarv "Røros bergstad & Circumferensen".



Kuråsfossen I, generator. Foto: Helena Nynäs 2010/NVE

Litteratur:

Almåsvoild, Petter (1979): Kuråsfossen I. Litt om dette kraftverks tilblivelse. Glåmos.

Fortidsvern 4/1998 (1998). Fortidsminneforeningen, Oslo.

Sundt, Johannes (red.) (1996): Kuråsfossen I – et teknisk kulturminne på Glåmos.
Røros E-verk, Røros.

Hammeren

Kraftstasjonen ligger ved Hammeren, like ved Skjærsvøelvas utløp i Maridalsvatnet, og var i drift fra 1900. Dermed kunne hovedstaden basere seg på elektrisitetsforsyning fra vannkraftverk. Etter datidens forhold bidro den store fallhøyden, de lange rørledningene og maskinkonstruksjonene til nasjonal oppmerksomhet. I tillegg skilte den seg fra landets andre kraftverk gjennom kombinasjonen av kraftoverføring med luftledning og kabler.

Historikk

Hovedstaden Oslo, eller Kristiania som byen het den gang, fikk kommunalt elektrisitetsverk i 1892. Det var et dampkraftverk. På 1890-tallet begynte imidlertid vannkraften å få anvendelse i flere byer i Norge. I Hammerfest ble et vannkraftverk satt i drift i 1891. I 1897 fremholdt en komité at elektrisitetsverket i hovedstaden burde vurdere en overgang fra dampkraft til vannkraft. Veksten i det alminnelige elektrisitetsforbruket og krav fra sporveiene om strøm gjorde det dessuten nødvendig å øke elektrisitetsverkets produksjonskapasitet.

I februar 1898 ble det avertert etter fosser. Samme år besluttet bystyret å erverve vannrettighetene i Bjørnsjøelva og Skjærsvøelva i Nordmarka. Anlegget skulle omfatte inntak i Skjærsvødammen, rørledninger, kraftstasjon ved Hammeren og kraftoverføring fram til en transformatorstasjon i Oslo sentrum. Fra Hammeren var det relativt kort avstand til byen. Dessuten var Skjærsvøens nedbørsfelt i Nordmarka tidligere regulert for blant annet fløting.

Stedet Hammeren hadde navnet sitt etter tidligere industrivirksomhet med blant annet produksjon av jernhammer og spikerhammere.

Viktige momenter

landets eldste kraftverk i drift

var viktig for elektrisitetsforsyningen i Oslo

trolig landets første arkitekttegnede kraftstasjon

arkitektur – helhet og detaljer

godt vedlikeholdt

reguleringsanleggene i Nordmarka



Fylke:
Oslo
Kommune:
Oslo
I drift:
1900
Installasjon:
5 MW
Fallhøyde:
105 meter
Nåværende eier:
Oslo Lysverker AS
Oslo Lysverker AS er et
heleid datterselskap av
E-CO Energi as
Kraftstasjon:
I dagen
Magasin:
Ja
Antall aggregater:
1



Hammeren kraftverk ble satt i drift i 1900 med fire horisontale aggregater etter en byggetid på to år. Utbyggingen var nybrottsarbeid for de involverte. Arbeiderne slet med tungt utstyr. Det meste av arbeidet måtte utføres med muskelkraft.

Kraftbehovet i hovedstaden økte, og allerede i 1901 ble det installert to aggregater til av omtrent samme størrelse som de fire første. Samlet installasjon ble da 2,1 MW. Også de to siste turbinene ble levert av Jensen & Dahl, mens generatorene ble levert av tyske Allgemeine Elektrizitäts-Gesellschaft (AEG). Kraftverket utnyttet imidlertid kraftpotensialet dårlig. Maskineriet var dessuten komplisert og krevde stor betjening og et omfattende vedlikehold. I 1927 ble derfor stasjonen bygd om. De seks opprinnelige aggregatene ble fjernet og erstattet av ett aggregat på 5 MW. Dette aggregatet er fortsatt i drift.

Teknisk utførelse

Hammeren utnytter fallet på 105 meter mellom Skjær sjøen og Maridalsvatnet. Maksimal driftsvannføring er 6,8 m³/s. Kraftverkets hoveddeler er magasiner, dammer, flomavledning, inntak, vannveier og kraftstasjon med maskineri.

Det er et stort antall regulerte magasiner i vassdraget. Det er dammer ved de fleste magasinene. Mange av dammene er fra slutten av 1800-tallet, oppført i mur med mørtelspekking, til tømmerfløting. Fra inntaket i Skjær sjøen er det to stålrør med en lengde på 2,4 kilometer ned til stasjonen. Det ble valgt to rør for å ha ett i reserve dersom ett av dem skulle bli satt ut av funksjon. Ved stasjonen føres de sammen til ett rør, som går fram til turbinen. Fra turbinen er det et kort utløp til Skjær sjøelva like oppstrøms elvas utløp.

Kraftstasjonen er oppført i betonghulstein over en sokkel av naturstein. Maskinsal og høyspentdel er i ett. Vinduene i maskinsalen er høye og rektangulære. Aggregatet er horisontalt med Francis-turbin med en ytelse på 5 MW, levert av Myrens Verksted. Generatoren på 5,6 MVA ble levert av NEBB (Norsk Elektrisk og Brown Boveri). Både turbinen og generatoren fra 1920-tallet er fortsatt i drift. Turbinhjulet ble skiftet ut i 1992.



Hammeren kraftstasjon. Foto: Helena Nynäs 2012/NVE

Arkitektur

Hammeren kraftverk er trolig det første norske vannkraftverket som er tegnet av en arkitekt (I. O. Hiort). Tre av fasadene gir et profotofunksjonalistisk inntrykk. Bare fasaden som vender mot veien har innslag av tidens rådende stilretning. Denne fasaden har relieff med motiv fra byvåpenet, kronet av en slakk bue. På taket er det et lite, pagodeaktig tårn for de utgående høyspentkablene. Buen og tårnet vitner om jugendstilen.

I forbindelse med utbyggingen ble det nødvendig å bygge ny dam ved Skjær-sjøen. Tømmer fra Finland ble benyttet til å sette opp en bolig og prosjektkontor for anleggslederen. Tømmerbygningen i hyttestil står fortsatt og er både arkitektonisk og håndverksmessig av høy kvalitet. I tilknytning til kraftstasjonen ble det oppført en kontorbygning for maskinsjefen og hans assistenter og en bolig med fire leiligheter for maskinistene. Maskinistboligen ble re- vet i 1975. Kontorbygningen står frem- deles og har tre leiligheter.



Detalj ved Hammeren kraftverk. Foto: Helena Nynäs 2012/NVE

Begrunnelse

Utbyggingen av Hammeren kraftverk var et viktig bidrag til hovedstadens utvikling på begynnelsen av 1900-tallet. Kraftverket viste bedre økonomi enn dampkraftverket og førte til at strømprisene kunne senkes. Vannkraften ga et raskt grunnlag for Oslo bys elektrisitetsforsyning.

Foruten den store fallhøyden, de lange rørledningene, maskinkonstruksjonene og kombinasjonen av kraftoverføring som luftledning og kabler, fikk kraftverket betydning for teknisk forskning. Det ble nemlig bygget et forsøksanlegg der professor Kristian Birkeland videreutviklet det som senere er kjent som Birkeland-Eyde-metoden for framstilling av nitrogengjødning. Disse forsøkene la grunnlaget for selskapet Norsk Hydro som utgjorde en viktig del av elektrokjemisk industri i Norge.

Kraftstasjonen kan være den første i Norge som ble tegnet av en arkitekt. Bygningen har gode bevarte arkitektoniske kvaliteter. Det opprinnelige eksteriøret er stort sett intakt, men det er oppført et lite tilbygg på den ene siden av den nedre kortveggen. Ved hovedporten er gamle lamper tatt vare på. Interiøret har bevart opprinnelige detaljer som lysarmatur, verktøytavler og rekkverk i trapper. Instrumenttavla er imidlertid blitt flyttet til maskinsalen. De arkitekttegnede husene i tilknytning til kraftverket øker den kulturhistoriske verdien. Mange av reguleringsmassetene og dammene er eldre enn Hammeren kraftverk. De representerer derfor også tidligere tiders dambygging. Samtidig viser anleggene hvordan eldre byggverk kunne tas i bruk for nye

formål. Og selv om magasinene er små, kan Hammeren kraftverk med sine mange reguleringer og dammer sammenlignes med utbygginger som kom langt senere.

Med tiden kunne ikke Hammeren kraftverk dekke hovedstadens elektrisitetsbehov. Senere på 1900-tallet skulle nye og vesentlig større utbygginger dekke hovedstadens elektrisitetsbehov. Men til tross for en beskjeden produksjon etter dagens målestokk er Hammeren kraftverk et viktig kulturminne.



Maskinsal Hammeren kraftstasjon. Foto: Dag Endre Opedal/NVIM

Litteratur:

Johannessen, Finn Erlend (1992): I støtet. Ad Notam Gyldendal, Oslo.

Ljøgdott, Lars (1967): Oslo Lysverker 1892–1967. Oslo Lysverker, Oslo.

Ljøgdott, Lars (1975): Hammeren kraftverk 75 år. Oslo Lysverker, Oslo.

Kykkelsrud

Kykkelsrud kraftverk på østsiden av Glomma er en representant for de større kraftverkene som kom i drift tidlig på 1900-tallet. Kraftverket var i drift fra 1903. Utbyggingen skulle opprinnelig dekke industrielle formål, men den ble også viktig for hovedstadens strømforsyning.

Viktige momenter

stor utbygging tidlig på 1900-tallet

kraftoverføring over lange avstander

monumental arkitektur

utfasede, opprinnelige aggregater

dam og luker – ombygging i 1960-årene

to separate inntaksbasseng

nytt anlegg like ved

kontinuitet – utbygginger over lang tid

Historikk

En lokal brukseier, Anders C. Furuholmen, var fra 1860-tallet eier av fossestrykene ved Kykkelsrud. Han moderniserte både en mølle og et sagbruk på eiendommen, sprengte kanaler, bygde dammer, hus, og anla gode veier ned til anleggene. Fosekraften kunne utnyttes videre, og neste prosjekt ble et tresliperi. Etterspørselen etter tremasse økte sterkt, og Kykkelsrud lå gunstig plassert med jernbane i nærheten. Firmaet A/S Glommens Træsliberi ble etablert med Furuholmen som aksjonær. Han planla også et kraftverk for elektrisitetsproduksjon ved Kykkelsrud. Men etter mislykkede forsøk på å skaffe tilstrekkelig kapital overtok det tyske selskapet Schuckert & Co. Glommens Træsliberi, og dermed også kraftverksplanene.

Utbyggingen av Kykkelsrud kraftverk startet i år 1900. Den omfattet flere fosser, men omtales ofte kun med henvisning til en foss - Kykkelsrudfoss. Kraftverk var planlagt med 13 aggregater og en ytelse på 33 MW. De to første aggregatene ble satt i drift i 1903. De var like store, med vertikale Francis-turbiner med en ytelse på til sammen 4,4 MW (6 000 hk). Fallhøyden varierte fra 15,5 til 19 meter i det uregulerte vassdraget. Første byggetrinn var fullført da to aggregater ble satt i drift i 1906. Kraftstasjonsbygningen ble utvidet og ytterligere fem aggregater installert fram til 1913. I løpet av disse årene inntraff også et eierskifte. Aktieselskapet Hafslund, stiftet i 1898, overtok i 1910 aksjemajoriteten i Glommens Træsliperi og dermed også



Kykkelsrud kraftverk. Planen var nå å overføre strøm til hovedstaden. Den store avstanden gjorde at strømmen måtte transformeres opp til 20 kV. Det var den gang høyest i Europa. Etter datidens målestokk var det også en lang overføring. De to aggregatene fra 1903 ble skiftet ut med to nye i 1936. Det tolvte og siste aggregatet i Kykkelsrud kraftverk kom i drift i 1948. Installasjonen var da 60 MW. I 1989 ble de ni eldste, gjenværende aggregatene tatt ut av drift. I dag er kun de tre nyeste aggregatene, ett fra 1936 og to fra 1948, som er operative, og de brukes hovedsakelig i perioder med stor vannføring.



Kykkelsrud kraftstasjon . Foto: Bjarne Nicolaisen 1980/NVE

Inntaksdammen for det opprinnelige anlegget ble bygd en kilometer ovenfor kraftstasjonen. Dette var en massivdam i betong. Fra inntaket var det en kanal på østsiden av elva og ned til kraftstasjonen. Kanalen hadde stort falltap og begrenset kapasitet. I årene 1939–1941 ble det derfor bygd en platedam med største høyde 24 meter tvers over elva like ovenfor kraftstasjonen. Fra inntaksmagasinet ble det bygd en ny inntakskanal med større kapasitet enn den gamle. Den tidligere dammen ble nedlagt. I 1963 kom et nytt kraftanlegg i drift som med to aggregater utnytter et fall på 26 meter i Kykkelsrudfossen og Fossumfossen. I 1985 ble dette anlegget utvidet med ett aggregat til. Installasjonen er nå 190 MW.

Teknisk utførelse

Det gamle kraftverket utnytter fallet i Kykkelsrudfossen. Kraftstasjonen er plassert langs elva. I kraftstasjonen er det tolv aggregater, alle med vertikal oppstilling. De ni eldste er ikke lenger i bruk, men de står fortsatt på de opprinnelige oppstillingsplassene. De tre som fortsatt er i drift, ble installert i perioden 1936–1948 og ble levert av Kværner. Nåværende fallhøyde er omtrent 20 meter, og de tre aggregatene har en slukeevne på 135 m³/s. Anleggets hoveddeler er inntaksmagasin, dam med flomavledning, inntak, vannveier og kraftstasjon.

Den nye kraftstasjonen er plassert mellom den gamle inntakskanalen og det nye flomløpet. Ved byggingen av det nyeste anlegget ble vannstanden hevet ved Kykkelsrud, og Fossumfoss ble neddemt. Dammen er en betong lukedam som var ferdig i 1963. I den delen av dammen som dekker det gamle elveløpet, er det fire flomløp med segmentluker. I bunnen av dammen er det betongplater som danner en terskel, og som understøttes av de fem hovedpilarene i flomløpet. Det er dermed uvanlig store spennvidder. Dammen har en total kronelengde på vel 300 meter.

Inntaksmagasinet er felles for de to kraftverkene og er etablert ved en oppdemning, men magasinet har en ubetydelig størrelse. Både Kykkelsrud og det nye anlegget er derfor typiske elvekraftverk. Det er dermed avgjørende for produksjonen hvordan magasinene lenger opp i vassdraget manøvreres. Fra de to inntaksbassengene er det korte vannveier til turbinene i de to kraftverkene. Turbiner og sugerør er plassert under selve fjelloverflaten, mens maskinsalen er synlig over terrenget. Fra hver turbin er det sprengt en kort tunnel som er betongfôret og utformet som en forlengelse av sugerøret. Fra hver tunnel er det en felles kanal ut til elva.

Det gamle kraftverket skal kunne kjøres samtidig med det nye, særlig når vannføringen er større enn det som brukes i det nye kraftverket. Opprustning av anlegget ble utført i 1989–90 og besto blant annet i en ny inntakskonstruksjon.



Maskinsal Kykkelsrud I. Foto: Margrethe Moe 2004/NVE

Arkitektur

Arkitekturen er fra forskjellige epoker. I den opprinnelige delen ses den tids moderne jugendstil mest i de rent dekorative elementene. Det er ikke kjent hvem som tegnet denne delen. I 1941 fikk Thorvald og Henning Astrup oppdraget med å tegne en utvidelse av kraftstasjonen. Hovedtrekkene i det opprinnelige anlegget ble videreført, særlig i interiørene. I eksteriørene ble tilføyelsene markert ved en ny vindusform i nordgavlen. Det nye anlegget ble tegnet av arkitektene Knut Astrup og Gudmund Bakke. Denne delen er et av de mest særpregede anleggene av denne typen fra de tjue første årene etter den andre verdenskrig. Maskinsalen er plassert i en langstrakt hoveddel.

Begrunnelse

Kykkelsrud er et av de eldste, store kraftverkene i Norge. Men det er mye som er forandret siden de første aggregatene kom i drift i 1903. Kuråsfossen, helt øverst i Glommavassdraget, var en forløper i denne utviklingen. Det var således en stor utvikling fra Kuråsfossen til Kykkelsrud. Det gjelder både kraftverkernes størrelser og anvendelsen av kraften. I nedre del av Glomma kom det

tidlig også andre store kraftverk; Borregaard og Hafslund ved Sarpsfossen fra omkring år 1900, Vamma fra 1915, Rånåsfoss fra 1921 og Solbergfoss i 1924. De tre siste regnes sammen med Kykkelsrud å være viktige for norsk kompetanse innen utbyggingen av elvekraftverk, med lave fall og store vannføringer. Dammen, inntaksmagasinet og det gamle inntaksbassenget er en spesiell løsning som viser en av mange mulige løsninger for kombinasjon av eksisterende kraftverk med ny utbygging. Bygningene viser at kraftverkene etter hvert hadde fått stor betydning i Norge, og at dette også ble markert gjennom kraftstasjonsbygningene, både når det gjelder eksteriør og interiør. Maskinhallen er typisk for de store kraftstasjonene fra den tiden, med mange aggregater og en trapp opp til "brettet". Maskiner og bygningsinteriør gir et fint, helhetlig inntrykk.



Trappen opp til "brettet" har et forseggjort smijernsgelender med plantedekor. Foto: Margrethe Moe 2004/NVE

Den gamle kraftstasjonen har vertikale Francis-turbiner. Den nye kraftstasjonen har tre vertikale Kaplan-turbiner, som er en senere tids turbintype for lave fall og store vannmengder. Disse tre turbinene har en ytelse som er mer enn det tredobbelte av den som de tolv eldre hadde til sammen. Den gamle delen av kraftstasjonen sammen med den nye viser dermed tekniske løsninger fra to forskjellige epoker. Dette gjelder maskin og elektroteknikk så vel som bygningsteknisk utførelse. De to første dammene og inntakskanalene ses ikke lenger. Utførelsene er imidlertid viktig historie. I dag er det den nye kraftstasjonen som gir den klart største delen av produksjonen ved Kykkelsrud. Den gamle Kykkelsrud kraftstasjon gir en ekstra produksjon i flomperioder – samtidig som den er et viktig kulturminne.

Litteratur:

Næss, Atle (1998): Fossekraft og lange linjer. Gyldendal, Oslo.

Opprusting og utvidelse av vannkraftverk. Erfaringer fra gjennomførte prosjekter, Kykkelsrud kraftverk, Østfold. Rapport 5/90 (1990). NVE, Oslo.

Dalsfos

Kragerøvassdraget er et typisk lavlandsvassdrag, rik på sjøer og vann. I dag er det fem kraftverk på den 15 kilometer lange strekningen mellom Tokevatnet og utløpet i Kilsfjorden ved Kragerø. Det eldste og øverste av disse er Dalsfos kraftverk fra 1907. Kraftverket er en representant for landets mindre kraftverk fra de første årene på 1900-tallet. Bomiljøet rundt gir et godt bilde på vannkraftutbyggingens betydning for lokalsamfunnet.

Historikk

Allerede på 1600-tallet utnyttet sagbruk kraften i Kragerøvassdraget. I 1899 kjøpte Aktieselskabet Kragerø Fossekompagni tre fosser i vassdraget med tanke på kraftutbygging. Arbeidet med dammen ved Dalsfossen ble satt i gang høsten 1900, og Tokevatnet ble regulert etter at dammen var ferdig i 1903. I 1901 inngikk eier av fossefallet avtale med Kragerø kommune om levering av elektrisitet til alminnelig forsyning. Allerede før Dalsfos kraftverk var ferdig, var det derfor mange abonnenter. Utbyggingsselskapet fikk imidlertid økonomiske problemer og startet derfor ikke byggingen av kraftstasjonen. Det tyske firmaet AEG (Allgemeine Elektrizitäts-Gesellschaft) var på jakt etter kraftkilder for en karbidfabrikk. Et nytt selskap med navnet Norsk Elektrokemisk Aktieselskab (NEA) ble konstituert i 1906.

Aksjemajoriteten var tysk. Det var til dels sterk motstand mot at utlendinger skulle gis anledning til kjøp og utnyttelse av norske vannfall. Oppkjøpet av Dalsfos kom midt i den politiske striden om dette spørsmålet. Stortinget vedtok en konsesjonslov 10. juni 1906. Dagen før hadde NEA fått avslag på sin søknad. Den 5. juli samme år ga imidlertid regjeringen konsesjon med hjemmel i den nye loven. Dermed kunne selskapet sette i gang med bygging av Dalsfos kraftverk.

Viktige momenter

godt bevart kraftverk fra like etter år 1900

representerer de mindre kraftverkene


dam – med kledning i granitt

arkitektur – jugendstil og bindingsverk

mye opprinnelig utstyr

bomiljø og lokalsamfunn

anlegget inngår i Landsverneplan Statkraft



Fylke: Telemark
Kommune: Kragerø
I drift: 1907
Installasjon: 6 MW
Fallhøyde: 21 meter
Nåværende eier: Skagerak Kraft AS
Kraftstasjon I dagen
Antall aggregater: 3
Magasin: Ja



Kraftverket med tre like aggregater på til sammen rundt 5 MW sto ferdig i 1907. Forsommeren 1908 kunne strømmen settes på. Karbidfabrikken startet produksjonen kort tid etter. Under utbyggingen og den senere driften av kraftverket ble det etablert et lite samfunn på stedet med boliger, veier og broer.

Kraftverkene nedenfor Dalsfos er Tveitereidfoss, Langfoss, Vafos og Kammerfoss. Alle fire er fra 1950-tallet, Hvert av disse kraftverkene har en fallhøyde på seks til tretten meter. Installasjonene er på mellom 2 og 3 MW. Det er ingen magasiner nedstrøms Dalsfos kraftverk.

Dalsfos kraftverk inngår for tiden i Statkraft Energi AS sitt arbeid med Landsverneplan Statkraft.



Dalsfos kraftstasjon. Foto: Helena Nynäs 2009/NVE

Teknisk utførelse

Tokevatnet er regulert og magasinvolumet er på 150 mill. m³. Kraftverkets hoveddeler er dam med flomavledning, inntak, korte vannveier og kraftstasjon i dagen. Kraftstasjonen er plassert like nedenfor den tidligere fossen. Fallhøyden er 21 meter. Med den konsentrerte plasseringen av konstruksjonene har kraftverket mange fellestrekk med et elvekraftverk. For Dalsfos kraftverk var det imidlertid mulig å etablere et reguleringsmagasin like oppstrøms fallet.

Dammen er en massivdam i betong. Luft- og vannside er forblendet med utkilt bruddstein satt i betong. Største høyde er omtrent 15 meter, og lengden er rundt 100 meter. Det ble satt inn tappe-luke i 1957 og segmentluke i 1994. Det opprinnelige overløpet med nålestengsel har vært en del av flomavledningen. Lengden av denne delen er omkring 65 meter. Etter de nyeste nasjonale retningslinjene tilfredsstiller ikke dammen kravene til sikkerhet mot glidning og velting.

Flomavledningskapasiteten er også for liten. Det skal derfor gjennomføres tiltak for å sikre at dammen får stabilitet og flomavledningskapasitet som tilfredsstillere kravene. Dammen er derfor under ombygging, hvilket blant annet medfører at nålestengslet vil bli fjernet.

Vannveien består av tre rør i klinket stål ned mot stasjonen. Mellom inntaket i magasinet og rørene er det to korte, åpne bassenger som er forbundet med en kort tunnelstrekning. Rørene fra 1907 er i god stand. Alle de fem inntaksluker i tre er også opprinnelige. Disse skal imidlertid skiftes ut. Luker mellom det siste bassenget og rørene i tre/stål ble rehabilitert i 1997.

Det er tre aggregater, alle med horisontale Francis-turbiner. Ett er fra 1907, mens de to øvrige (hver på 2,1 MW) er fra 1958. De tre opprinnelige turbinene ble levert av det tyske selskapet J.M. Voith. De to nyeste ble levert av norske Kværner. Den eldste generatoren er fra det tyske AEG og de to øvrige fra tyske Siemens. Alle er luftavkjølte. Maskinsalens traverskran med en kapasitet på 16 tonn er den opprinnelige fra 1907. I stasjonen er det også opprinnelig utstyr for regulering av vannføringen (spjeld/ventil). To av disse er fortsatt i bruk. Kraftverket har mange gamle komponenter som har vært lite egnet for fjernstyring. Tidligere var vassdraget kjent for mye ål, og det ble derfor sørget for ålekar og åleluke. Arrangementet er fortsatt intakt.

Arkitektur

Kraftstasjonsbygningen er oppført i utmurt bindingsverk med klare dekorative detaljer i jugendstil. Eksteriøret er i rød teglstein, hvitmalt tømmer, hvitmalt vindusinnramminger og et enkelt tak, tekket med shingel. Bygningen er godt vedlikeholdt. Det er i de senere år utført oppussing utvendig. Interiøret er romslig og pent. Begge fondveggene har dekorative og tidstypisk utformete vinduer i jugendstil. Inngangspartiet har forseggjorte detaljer i vindusinndeling, trappeløp og utforming av rekkverk. Gulvet er flislagt. Det er satt inn en ny og moderne kontrolltavle.



Eksteriørdetalj Dalsfos kraftstasjon. Foto (Utsnitt); Helena Nynäs 2009/NVE

Begrunnelse

For Dalsfos kraftverk er helheten med boliger og adkomst ett av argumentene for bevaring som kulturminne. Selv om Dalsfos er ett av de noe mindre kraftverkene som ble bygget i Norge i årene etter 1900, har kraftverket likefullt en framtrædende arkitektur, med mange fine og godt bevarte detaljer i både eksteriør og interiør.

Dammen er viktig både som en del av helheten og som et eget byggverk. To nye aggregater ble installert som erstatning for to opprinnelige på slutten av 1950-tallet, slik at det nå bare er ett opprinnelig aggregat tilbake. De tre aggregatene viser en kontinuitet gjennom ett opprinnelig og to fra en periode 50 år senere. Veien fram til kraftverket er til dels smal og svingete, spesielt det siste stykket mot kraftverket. Veien krysser elva over ei hengebro. Dette er på mange måter en attraksjon, som gjør turen fram til kraftverket og kraftverksområdet til en spennende opplevelse.



Dam Dalsfos med nålestensel. Foto: Helena Nynäs 2009/NVE

Litteratur:

Norsk Elektrokemisk Aktieselskab N. E. A. 1909–1956 (1956). NEA, Oslo.

Tysso I

Tysedal kraftanlegg i indre Hardanger utnyttet kraften i Tyssovassdraget. Første byggetrinn stod ferdig i 1908. Byggeperioden hadde vært kort og intens. Kraften gikk til industrien i Odda - noen få kilometer unna. Videre utbygginger fortsatte frem til 1918. Rørgaten har en helning på 58 grader i det bratteste partiet. Ringedalsdammen var den største dammen i Norge da den stod ferdig i 1918. Kraftanlegget er nær sagt autentisk, og i år 2000 ble kraftanlegget fredet. Et omfattende restaureringsarbeid ble gjennomført i årene til og med 2005.


Viktige momenter

- fredet anlegg
- pionertid for industri- og kraftutbygging
- helhetlig planlegging
- etablering av industrisamfunn
- kontinuitet – gammelt og nytt
- rørgate og tunnel
- monumental kraftstasjon
- kontrollpanel
- Ringedalsdammen
- museum

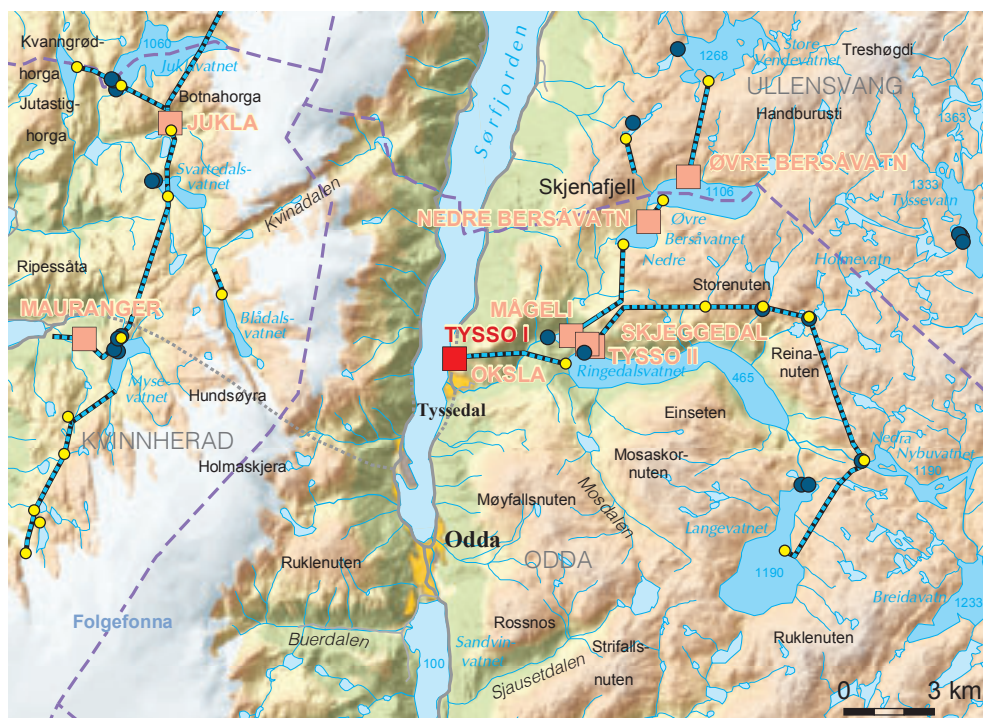
Historikk

Aktieselskabet Tyssefaldene ble konstituert 20. april 1906. Den norske ingeniøren og entreprenøren Sam Eyde var initiativtaker. Med internasjonale kapitalinteresser i ryggen var formålet å utnytte vannkraften i Tyssovassdraget i Hardanger. Vassdraget har sitt utløp i den dype og isfrie Sørfjorden. Med høye fall og gode magasineringsmuligheter hadde vassdraget et stort kraftpotensiale. Sam Eyde ble selskapets første generaldirektør. De viktigste kraftkundene var de britiskeide karbid- og cyanamidfabrikkene i Odda. Karbid var et viktig produkt i seg selv, brukt til blant annet belysning. Karbiden ble også brukt til å produsere cyanamid, som var en nitrogen gjødsel eller kunne brukes videre i kjemisk industri.

Første byggetrinn for Tysso I ble utført i perioden 1906–08. Kraftverket ble således satt i drift med de seks første aggregatene etter en byggeperiode på bare halvannet år. Året etter kom ytterligere et aggregat på plass. Arbeidene fortsatte nesten kontinuerlig til 1918. Da hadde kraftverket i alt 15 aggregater. Det siste av disse ble tatt ut av drift etter kort tid. Dammen ved Ringedalsvatnet ble også ferdig i 1918 og var den gang Norges største dam.



Fylke: Hordaland
Kommune: Odda
I drift: 1908–89
Installasjon: 89 MW
Fallhøyde: ca. 400 meter
Nåværende eier: Aktieselskabet Tyssefaldene
Antall aggregater: 15 (ingen i drift)
Kraftstasjon: I dagen
Magasin: Ja





Kraftstasjonen Tysso I ble satt i drift 4. mai 1908. Den ble utvidet i flere byggetrinn. Foto: K. Knudsen & Co, Bergen/Statkrafts fotosamling

Arbeidsstyrken var på omtrent 500 mann i den første anleggsperioden. Det var mye for en liten plass som Tyssedal, der det bodde 30–40 personer før utbyggingen startet. Det ble nå bygd boliger for arbeidere og funksjonærer, direktørbolig, skole og forsamlingshus. 4. mai 1908 ble karbidfabrikken satt i drift med strøm fra det nye kraftverket. Kraftverket produserte 25 Hz (perioder per sekund). De to fabrikkene ble i 1924 til Odda Smelteverk AS. Flere fabrikker ble bygd i området, og dermed gikk kraftleveransene etter hvert til Det Norske Nitridaktieselskab Aluminium (DNN Aluminium, 1916) og Det Norske Zinkkompanie (1924). Sørfjorden var transportåre. Råstoffene ble fraktet til Odda, og de ferdige produktene transportert til forbrukerne rundt om i verden.

Ragnvald Blakstad etterfulgte Sam Eyde som generaldirektør i 1910. Blakstad utarbeidet forslag om kraftoverføring fra Tyssovassdraget til Østlandet. Dette var flere tiår før Norge fikk et kraftnett som muliggjorde overføring over lange strekninger.

Skjeggedal kraftverk like nedenfor Ringedalsdammen kom i drift i 1938 og utnyttet fallet fra Ringedalsvatnet til Vetlevatnet. Mågeli kraftverk i sidevassdraget mot Vetlevatnet kom i drift i 1956. Da Tysso II ble satt i drift i 1967 gikk Odda over til 50 Hz, etter sigende som det siste stedet i Norge. I 1980 stod Oksla kraftanlegg ferdig. Kraftverket utnytter fallet som Tysso I og Skjeggedal til sammen hadde gjort. Tysso I ble tatt helt ut av drift i 1989. I mai 2000 ble Tysso I fredet. Etter fredningsvedtaket er det gjennomført en omfattende restaurering av kraftverket. Ved den offisielle åpningen av det restaurerte kraftverket i mai 2005 ble de to småkraftverkene Nedre Bersåvatn og Øvre Bersåvatn offisielt åpnet. Kraftverkene utnytter tidligere reguleringer i Mågelivassdraget. Den siste produksjonen ved Odda Smelteverk skjedde i 2002. Den endelige avgjørelsen om nedleggelse kom i 2003.

Tysso I inngår for tiden i Statkraft Energi AS sitt arbeid med Landsverneplan Statkraft.

Teknisk utførelse

Tysso I utnyttet en fallhøyde på 400 meter og den maksimale ytelsen var på 89 MW. Kraftverkets hoveddeler var magasiner, dammer med flomavledning, inntak, vannveier og kraftstasjon med permanentutstyr. Ved inntaksmagasinet i Vetlevatnet ble det først bygd en betong massivdam like nedenfor inntaket. Dammen var 30 meter lang og 10 meter høy. I 1928 var et nytt inntak og en ny dam ferdig. Den 15 meter høye dammen ble bygd i armert betong.

Hovedmagasinet for Tysso I var Ringedalsvatnet. Ringedalsdammen var den største dammen i Norge da den var ferdig i 1918. Den er en massivdam i betong (gravitasjonsdam) kledd med granitt. Lengden er 520 meter. Største høyde er 33 meter. Bredden i bunnen er 22 meter, mens damkronen har en bredde på fire meter. Damvolumet er på 80 000 m³. Dammen fikk lekkasjer, og i årene 1929–31 ble det, etter en løsning utarbeidet av den kjente ingeniøren Christian Fredrik Grøner, støpt en armert betongplate foran dammens vannside. Fra Ringedalsvatnet ble det sprengt to tappetunneler med en lengde på 150 meter. Fra inntaket i Vetlevatnet er det to parallelle tunneler med en lengde på 3,4 kilometer og et tverrsnitt på 9-10 m² fram til fordelingsbassenget i fjell. Den første tunnelen ble drevet med håndboring og håndlasting fra til sammen 16 tverrslag. Arbeidet med den andre tunnelen startet i 1914 og ble utført med mer bruk av maskiner. Fra bassenget var det i første byggetrinn to rør ned til kraftstasjonen, og fram 1918 ble det lagt tre rør til. Lengden er 720 meter. Rørgaten er svært bratt og har en helning på 58 grader i det bratteste partiet. Dette var et pionerprosjekt i skandinavisk målestokk. Aldri tidligere var det lagt rør for et så stort vanntrykk og i et så bratt terreng.



Maskinhallen i Tysso I etter restaureringen i forbindelse med fredningen. Foto: Harald Hognerud/NVIM

Den 50 meter lange kraftstasjonen ble ombygd og forlenget fram til 1918. Bygningen har nå en lengde på 175 meter. Bredden er 10,5 meter med et midtparti på 14 meter. På baksiden av stasjonen ble det oppført en 60 meter lang apparatbygning i fire etasjer. Fra kraftstasjonen ble vannet ledet ut i sjøen gjennom en kort kanal fra hver turbin.

Det er 15 hovedaggregater i kraftstasjonen, alle med horisontal oppstilling og Pelton-turbin. De seks turbinene fra 1908 og den fra 1909 ble alle levert av sveitsiske Escher Wyss med en ytelse på 3,4 MW. Fram til 1918 ble det installert sju turbiner til, levert av Escher Wyss (2) og Picard Picket (5) og med en ytelse fra 10 MW til 12 MW. I 1918 ble et femtende aggregat installert. Dette aggregatet ble imidlertid tatt ut av drift etter forholdsvis kort tid. For å oppnå større ytelser ble de sju største turbinene ombygd på slutten av 1920-tallet. Senere ble også de sju eldste turbinene ombygd samt at de fleste turbinene fikk ny regulator. De sju føste generatorene ble levert av svenske Allmänna Svenska Elektriska Aktiebolaget (ASEA). De øvrige ble levert av British

Wesinghouse (tre) og tyske Siemens-Schuckert (fire). Generatorene var i så god stand at de tålte de større turbinytelsene, og de kunne derfor brukes videre uten endringer.

I tillegg til hovedaggregatene var det fire mindre aggregater for magnetisering av generatorene. I 1950-1951 ble det installert et aggregat på 3 000 hk som produserte strøm med 50 perioder per sekund (Hz). Pelton-turbinen ble levert av norske Kværner Brug og generatoren av ASEA. I 1955 ble en av de eldre generatorene skiftet ut med en moderne 50 perioders trefasegenerator fra ASEA. Aggregatene i Tysso I kunne i prinsippet kobles sammen og kjøres som inntil sju uavhengige "kraftstasjoner" ved hjelp av et samleskinnesystem. Hvert aggregat kunne kobles til hvilke som helst av de andre. Dette sikret kraftmottagerne en mest mulig stabil leveranse. Driftsmåten var helt spesiell for Tysso I.

Terrengtet for overføringslinjene til Odda er vanskelig. Ledningene måtte derfor legges i tunnel over en strekning på 1,2 kilometer. Total lengde er omtrent 7 kilometer.

Arkitektur

Første byggetrinn for kraftstasjonen ble tegnet av arkitekt Thorvald Astrup. Dette var hans første kraftverksoppdrag. Anlegget har elementer fra middelalderborger og renessanseslott. Utvidelsen av bygningen er tegnet av arkitekt Victor Nordan.

Begrunnelse

Kraftverket er i dag museum. Norske myndigheter har startet arbeidet for å få kraftverket og Odda Smelteverks fabrikanlegg inn på UNESCOs liste over verdens kulturarv sammen med industri- og kraftanlegg på Rjukan og Notodden.

Kraftverket er et helhetlig og autentisk anlegg som dokumenterer og formidler en viktig del av norsk vannkraftshistorie. Kraftverket representerer sammen med fabrikkene i Odda og Tyssedal flere viktige samfunnsmessige og politiske forhold i tillegg til de tekniske aspektene. I en stor



Industriområdet i Tyssedal med det fredete kraftanlegget Tysso I. Foto: Per Einar Faugli 2005/NVE

skala omfatter teknologien en helhetlig planlegging for utnyttelsen av store vannkraftressurser. I en noe mindre skala, men ikke helt liten den heller, kommer den tekniske utførelsen av kraftverket. Industrisamfunnene Tyssedal og Odda er representanter for det industrielle gjennombrudd i Norge etter 1900.

Kapital fra utlandet ble forent med de lokale naturressursene og norsk entreprenørskap, skaperevne og arbeidskraft. Utbyggingen i Tyssedal var også med på å legge grunnlaget for moderne vassdragslovgivning i Norge. Tysso I var nemlig den første utbyggingen som fikk konsesjon etter den såkalte panikkloven i 1906. Det var ikke lange overføringslinjer fra Tyssedal til Odda. De store industrivirksomhetene tidlig på 1900-tallet måtte legges nær et kraftverk.

Teknologien med effektiv overføring over lange avstander kom først senere. Tysso I var det første anlegget i Nord-Europa som ble bygd med magasin og en så stor fallhøyde som 400 meter. Det ble et imponerende resultat. Bak resultatet sto dristige og dyktige ingeniører og arbeidere. Dette var bare litt over ti år etter Kuråsfossen kraftverk ved Røros, som med en installasjon på omtrent 500 kW og et fall på 15 meter også var et pionerprosjekt. Byggetiden for Tysso I var imponerende kort fram til kraftverket ble satt i drift. Arbeidene var krevende. Det skulle også bestilles, produseres, transporteres og monteres turbiner, generatorer og annet maskineri og materiell.

Rørgaten er lagt i et særdeles vanskelig terreng. Rørgater av denne størrelsesorden var ikke montert tidligere og ikke så mange ganger senere heller. Den er fortsatt imponerende. De to tilløpstunnelene er kanskje ikke så imponerende sett med dagens øyne og med bakgrunn i utviklingen som har funnet sted innen fjellsprenningsteknikken. Men det er slett ikke sikkert at noen i dag hadde maktet å utføre et arbeid med datidens teknikk (håndmakt, minebor, feisel og dynamitt). Ringedalsdammen var et storverk for sin tid og har en sikker plass i norsk damhistorie. Dammen var imidlertid ikke feilfri, og det måtte utføres arbeider i ettertid for å stoppe lekkasjene. Men også dette arbeidet, med en betongplate på 10 000 m² foran dammen, ble godt kjent. "Ringedalsmodellen" er senere blitt brukt ved svenske gravitasjonsdammer.



Kontrollrommet på Tysso I. Flere generasjoner kontrollpaneler sees plassert innover.

Foto: Harald Hognerud/NVIM



Detalj av brystningen etter utført restaureringsarbeid. Foto: Harald Hognerud/NVIM

Kontrollrommet er plassert høyt med oversikt over det som foregikk nede på gulvet i maskinsalen, fortsatt med de opprinnelige og komplett bevarte kontrollinstrumentene som ble levert fra British Westinghouse i årene 1911–1918. Kontrollrommet anses å være det mest autentiske fra en første generasjon kraftstasjon. Kontrollpaneler fra 1950-, 1960- og 1980-årene viser hvordan kontrollteknologien har utviklet seg. Fra det flotte kontrollpanelet i marmor og messing kan man følge utviklingen via blikkpanel til digitale styringssystemer og dataskjermer. På grunn av de forskjellige kundene var det viktig at det var muligheter for fleksibel drift av aggregatene.

For Tysso I var det de to kjente arkitektene Thorvald Astrup og Victor Nordan som satte sitt preg på kraftstasjonsbygningen. Både form og dekorative motiver er hentet fra den romanske kirkearkitekturen. Et stort og enkelt sentralt rom gir plass til turbinene. Lyset kommer inn gjennom lysåpninger på langveggen langs sjøsiden. Utbyggingen markerer at kraftstasjonene etter hvert ble ansett som viktige symboler, og at arkitektene dermed begynte å få viktige oppgaver innen norsk kraftutbygging.

Like ved kraftstasjonsbygningen ligger nå det langt nyere Oksla kraftverk med kraftstasjon i fjell. Dette kraftverket har kun ett aggregat, som alene har omtrent dobbelt så stor ytelse som de 15 aggregatene i Tysso I til sammen.

Litteratur:

Fortidsvern 4/1998 (1998). Fortidsminneforeningen, Oslo.

Initiativ for å koma på UNESCO si liste over verda sin natur- og kulturarv. (2004). Tyssedal Kraftanlegg, Odda kommune, Odda.

Tekniske kulturminner i Statkraft SF (2002). NIKU/Statkraft Grøner, Oslo.

Oltedal

Flere norske byer fikk elektrisk lys i løpet av 1890-årene. I Stavanger startet planarbeidet for vannkraftutbygging i kommunal regi på slutten av 1800-tallet. Da hadde et godt utbygd gassverk siden 1865 forsynt byens innbyggere med energi. Oltedal kraftanlegg i Oltedalsvassdraget var i drift fra 1909. Kraftverket representerer den kommunale utbyggingen i årene frem mot 1920. Innenfor et avgrenset område finnes også det midlertidige kraftverket som ble bygget for å gi strøm i anleggsperioden og et nytt kraftanlegg som fra 1994 erstattet Oltedal kraftverk.

Viktige momenter

- den todelte kraftforsyningen
- kommunal utbygging
- representativ for epoken
- arkitektur – stilfull bygning
- kraftstasjonen, turbiner og generatorer, godt vedlikeholdt
- ny kraftstasjon like ved
- kombinasjonen av gammelt og nytt "småkraftverk"

Historikk

I 1899 nedsatte Stavanger kommune en komité som skulle utarbeide plan for kraftforsyningen til byen. Kommunen hadde da fått tilbud om å kjøpe fallrettigheter i Oltedalsvassdraget. En utfordring var at vassdraget lå mer enn tre mil fra byen. Dermed ble kraftoverføringen sett på som svært usikker og saken ble i første omgang stilt i bero. I 1907 ble så en ny plan for kraftutbygging vedtatt av bystyret. Lokale firmaer sto for oppføringen av kraftstasjonsbygningen og alle maskinleveransene var satt bort til norske leverandører. Turbinene og generatoren ble således levert av henholdsvis Kværner og NEBB, to tradisjonsrike norske bedrifter.

To aggregater med en ytelse på til sammen 3 MW var driftsklare i 1909. Fra kraftstasjonen ble kraften ført 33 kilometer som trefase vekselstrøm med en spenning på 30 kV til en sekundærstasjon. Her ble strømmen nedtransformert til 6 kV. I 1911 og 1914 ble ytterligere to aggregater satt i drift. Disse kom også fra Kværner og NEBB. For å skaffe anleggskraft til den første utbyggingen ble det bygget et lite kraftverk.



I 1916 ble det bygd et provisorisk kraftverk i Oltesvik nederst i vassdaget. Ett av aggregatene i Oltedal ble flyttet dit. Bakgrunnen var et ekstremt tørrår med for lite vann til å holde hele Oltedal i drift. Det var derfor bedre å utnytte vannet i et ekstra fall. Det provisoriske kraftverket var i ordinær drift fram til 1935. Da ble det bygd et nytt og større kraftverk på samme sted. Dette kraftverket er fortsatt i drift, mens det provisoriske ble stående som reserve til det brant i 1944. I Oltedal kraftverk ble det allerede i 1917 satt inn et nytt og større aggregat. Behovet for stadig mer kraft til Stavangerregionen førte til bygging av flere kraftverk. Da måtte også spenningen på overføringslinjene og i Oltedal økes til 50 kV. Dette ble gjennomført i 1921. Turbinene i Oltedal kraftverk ble sprengt under krigshandlinger i 1940, men med nye turbiner på plass kom driften i gang igjen innen utgangen av året.

I 1994 ble den gamle kraftstasjonen fra 1909 erstattet med en ny bare noen få meter fra den gamle. De fire aggregatene i den gamle kraftstasjonen ble da tatt ut av drift. Produksjonen i den nye stasjonen er omtrent 30 prosent større enn i den gamle. Dette skyldes større installasjon, mindre falltap og høyere virkingsgrad.

Oltedal kraftverk ble overført fra Stavanger kommune til Lyse Kraft i desember 1991.



Kraftstasjonsbygningen fra 1905. Foto: Margrethe Moe 2004/NVE

Teknisk utførelse

Oltedal kraftverk utnytter fallet fra Oltedalsvatnet til kraftstasjonen. Magasinvolument er på 28,8 mill. m³. Kraftverkets hoveddeler er dam med flomavledning, inntak, vannveier og kraftstasjon. Det er i tillegg mindre reguleringsmagasiner i to nærliggende vann. Ved begge magasinene er det en liten murdam fra rundt 1920. Damanlegget ved Oltedalsvatnet består av lukedam og jorrdam. Samlet lengde er på nær 40 meter, og største høyde er fem meter. Fra inntaket ble det sprengt en tunnel fram til fordelingsbassenget. Fordelingsbassenget er innsprengt i fjell.

Fra fordelingsbassenget var det opprinnelig to rør ned til kraftstasjonen. Deler av de gamle rørene ligger der fortsatt. Til den nye kraftstasjonen er det ett rør. Fra kraftstasjonen er det en kanal med noen hundre meters lengde ned til elva. Både den gamle og den nye kraftstasjonsbygningen er plassert i dagen.

Aggregatene i den gamle er bevart som da de ble tatt ut av drift i 1994. De fire horisontale Francis-turbinene fra 1940 ble levert av Kværner. Ytelser er fra 1,5 til 2,4 MW. Generatorene fra NEBB er de samme som de opprinnelige fra tiden like før og under den første verdenskrig. De to eldste er på 1,4 MVA, mens de to øvrige er på 2,2 MVA. Det opprinnelige kraftverket kunne forsyne området på eget nett, noe det nye fra 1994 ikke kan. Den nye kraftstasjonen har ett aggregat, med horisontal oppstilling. Francis-turbinen på 9 MW er levert av Kværner. Generatoren på 10 MVA er levert av selskapet ABB. Dette selskapet var en sammenslåing av fire store norske industriaktører, blant annet NEBB og Elektrisk Bureau.

Arkitektur

Kraftstasjonen fra 1909 er en stilfull bygning med et klassisk, tempelaktig utseende. Interiøret har også en fin utførelse og er ivaretatt gjennom godt vedlikehold og oppussing. Bygningen ble tegnet av stadskonduktør Eckhoff.



I midten sees den nye Oltedal kraftstasjon. Foto: Sissel Riibe 2009/NVE

Begrunnelse

Teknisk er utbyggingen representativ for årene rundt 1900 med magasin, tunnel og rør fram til kraftstasjonen i dagen. Maskinhallen er typisk for en mellomstor kraftstasjon fra denne perioden. Oltedal kraftverk viser at arkitektur og byggeskikk også var viktig for de noe mindre kraftanleggene. Kraftstasjonen representerer den kommunale utbyggingen og viser dermed elektrisitetsforsynings lokale betydning. Den lille kraftstasjonsbygningen i teglstein fra byggeperioden står fortsatt. Det er således tre utgaver av kraftstasjonsbygninger på stedet. En ny kraftstasjon på 1990-tallet gjorde det mulig å ivareta anlegget fra 1909 som kulturminne. Maskinhallen med maskiner ble pusset opp med de opprinnelige fargene.

Koblingsanlegget står også som den gang. For demonstrasjon er skallet delvis tatt av én turbin og én generator. Kontrollrommet har nå vinduer mot maskinsalen, men var opprinnelig åpent. Kontrolltavla er fra 1950–60-tallet.

Det forelå våren 2011 en rivingsøknad på Oltedal kraftstasjon fra 1909 fra eier Lyse Energi. Søknaden er avslått av kommunen og kraftstasjonen er i kulturminneplan for Gjesdal kommune 2012 blitt regulert til spesialområde bevaring.



Gammel og ny Oltedal kraftstasjon. Foto: Margrethe Moe 2004/NVE

Litteratur:

Fortidsvern 4/1998 (1998). Fortidsminneforeningen, Oslo.

Nerheim, Gunnar, Ramskjær, Liv og Øye Gjerde, Kristin (1997): Ingen skal fryse med kraft ifra Lyse. Lyse Kraft fra 1947 til 1997. Lyse Kraft, Sandnes.

Kulturminneplan for Gjesdal kommune 2012-2020

Nerheim, Gunnar og Øye Gjerde, Kristin (1998): Energiske linjer. Stavanger Energi AS, Stavanger.

Stavanger Elektrisitetsverk (ca. 1911). Aktieselskabet Kværner Brug, Kristiania.

Vemork

Vemork kraftverk i Rjukan var verdens største da det ble satt i drift i 1911. Kraftkilden var elva Måna som renner gjennom Vestfjorddalen i Tinn i Telemark. Norsk Hydro, kunstgjødselproduksjon og tungtvannsaksjon er sentrale stikkord i kraftverkets historie. Vemork er trolig det mest kjente norske kraftverket internasjonalt. Såheim kraftverk stod ferdig i 1915. De to kraftverkene Vemork og Såheim er bygd i serie. Til sammen utnyttet de et fall på 600 meter. Teknisk, arkitektonisk og kulturhistorisk er det nær sammenheng mellom de to kraftverkene.

Historikk

Viktige momenter
industrieventyret på
Rjukan

kraftverket –
helheten

arkitekturen

rørgaten

turbinene og
generatorene

etablering av
industriamfunn

museum

Vemork-aksjonen

Såheim kraftverk

Mår kraftverk

Med et loddrett fall på 104 meter tiltrakk Rjukanfossen seg oppmerksomhet fra industrigründere og forretningsmenn. En av disse var ingeniøren og entreprenøren Sam Eyde. Middagen hos statsråd Gunnar Knudsen 13. februar 1903 er en av Norges mest omtalte og berømte. Der møttes Sam Eyde og professor Kristian Birkeland. Det var starten på samarbeidet om kunstgjødselproduksjon etter den såkalte lysbueprosessen. Etterspørselen fra jordbruket var stor. Norgessalpeter ble ett av alternativene til det naturlige Chile-salpeter. Eyde sikret seg først kraftrettigheter i elva Måna som renner gjennom Vestfjorddalen i Tinn i Telemark.

Overføring av elektrisitet over lange avstander var vanskelig og vannfalleierne trengte derfor en stor kraftkunde i nærheten av kraftkilden. Med produksjon av kunstgjødsel ble grunnlaget lagt for en enorm vannkraftutbygging og en av verdens mest avanserte elektrokjemiske bedrifter, Norsk Hydro. Først ble det satt i gang prøvedrift på Notodden. Fabrikken kom i drift 2. mai 1905 og var den første i verden som framstilte syntetisk salpetergjødning. Dette var starten på den storstilte industriutbyggingen og kraftverksutbyggingen i området fra Notodden til Møsvatn.

Fylke:
Telemark
Kommune:
Tinn
I drift:
1911–1971
1971 (Nye Vemork)
Installasjon:
132 MW
200 MW (Nye Vemork)
Fallhøyde:
300 meter
Nåværende eier:
Norsk Hydro Produk-
sjon AS
Antall aggregater:
12 (ikke i drift)
2 (Nye Vemork)
Kraftstasjon:
I dagen
I fjell (Nye Vemork)
Magasin:
Nei



Kraftverkene Svelgfoss I (1905–1907), Svelgfoss II (1913–15) og Lienfoss (1909–11) ble bygd i nedre del av Tinnelva. Svelgfoss I var det første anlegget Norsk Hydro bygde for å skaffe kraft til nitrogenindustrien. Svelgfoss I var på den tiden Europas største kraftverk og verdens nest største etter anleggene ved Niagara Falls i Amerika. Installasjonen var på litt over 30 MW. Utbyggingen på Rjukan ble så satt i gang i 1907 med ferdigstilling av Vemork i 1911. Neste trinn ble Såheim. Ingeniørene visste at det var mer enn selve det imponerende fossefallet som kunne utnyttes. Inntaket til kraftverket ble lagt et stykke ovenfor fossen. Derfra ble vannet ført til kraftstasjonen som ble bygd på en fjellhulle på Vemork, en del høyere enn det trange elvejuvet nedenfor fossen. Fallhøyden ble 300 meter. Inntaksmagasinet er lite, men Møsvatnet litt lenger opp ga en god regulering både for Vemork kraftverk og de andre kraftverkene lenger ned i vassdraget. Allerede i 1903–06 var det bygd en dam. Magasinvolument var etter hvert på 1 064 mill. m³.

Vemork kraftverk hadde ti aggregater og en ytelse på 108 MW. Såheim kraftverk hadde en installasjon på 120 MW. Kraftstasjonen på Såheim ble bygd som en integrert del av Hydros fabrikkbygg for gjødselproduksjon, blant annet for å redusere energitapet ved overføring. I 1929 ble det satt i gang hydrogenproduksjon i en fabrikk som var bygd like foran kraftstasjonen på Vemork. Aggregatene i kraftstasjonene ble ombygd for likestrøm. Vemork var i mange år verdens største kraftverk med produksjon av likestrøm. Hydrogenfabrikken er sikkert mest kjent for produksjonen av tungtvann, selv om dette opprinnelig bare var et biprodukt. Tungtvannet er ti prosent tyngre enn vanlig vann. Stoffet ble oppdaget i 1932–33 og kunne brukes i framstillingen av atombomber. Kampen om tungtvannet og sabotasjeaksjonen mot hydrogenfabrikken på Vemork i februar 1943 er velkjent i internasjonal krigshistorie.

Vemork fikk ny kraftstasjon i fjell. Oppstarten var i 1971. Da gamle Vemork ble faset ut, var installasjonen på 132 MW. Den nye kraftstasjonen har en installasjon på 200 MW. Fra kraftstasjonen blir vannet ført videre til Såheim. Såheim kraftstasjon er fortsatt den store, mektige kraftstasjonsbygningen, men med vesentlige endringer. Kraftverket er ombygd med ny vannvei og nye aggregater. Installasjonen består av vertikale aggregater med Francis-turbin i stedet for de tidligere horisontale med Pelton-turbin. Det foregår ikke lenger produksjon av gjødsel i fabrikkbygningen. Nå produseres det bare kraft. En ny felles driftsentral for alle Hydros kraftverk er plassert i Såheim kraftstasjon og satt i drift i 2002. På den andre siden av dalen utnytter Mår kraftverk et fall på litt over 800 meter. Kraftverket ble satt i drift i 1948 og har fem horisontale Pelton-aggregater på til sammen 180 MW. Kraftstasjonen er plassert i fjell. Dette representerer en nyere tid enn Vemork og Såheim, med høyere fall, kraftstasjon i fjell og statlig eierskap. Fallet fra Såheim til Tinnsjøen ble også etter hvert utnyttet med kraftverkene Moflåt i 1954 og Mæl i 1957.

Rjukan var et lite sted på slutten av 1800-tallet. Fra 1907 til 1920 økte imidlertid innbyggertallet fra rundt 50 familier til 8 000 innbyggere. Det ble bygd jernbane med forbindelse til kraftstasjonene, og over Tinnsjøen var det jernbaneferge og jernbane til Notodden. Jernbanen ble åpnet i 1909. Fabrikkene og kraftverkene lå på sørsiden av elva, boligbebyggelsen på nordsiden. Hydrogenproduksjonen på Vemork ble innstilt i 1971. Da var den nye kraftstasjonen i fjell driftsklar. Nå var det selvsagt vekselstrøm som ble produsert. Hydrogenfabrikken ble revet i 1977. I dag bor det mellom tre og fire tusen innbyggere på Rjukan. Rjukanbanen ble nedlagt i 1991. Fergetrafikken over Tinnsjøen er også innstilt.

Deler av Såheim kraftverk ble fredet av Riksantikvaren i 2003. Fredningen omfatter hele kraftstasjonsbygningens eksteriør, interiøret i turbinhallen, med unntak av turbinene, samt rommet som huser omformer for Rjukanbanen, komplett med teknisk utstyr. Gamle Vemork kraftstasjon



Vemork kraftstasjon 1911. Foto: Norsk Hydros fotosamling/Norsk Industrierbeidermuseum

er bevart. Norske myndigheter har startet arbeidet for å få kraft- og industrianlegg på Rjukan og Notodden inn på UNESCOs liste over verdens kulturarv sammen med Tyssedal kraftanlegg og smelteverket i Odda.

Teknisk utførelse

Vemork kraftverk utnytter et fall på omtrent 300 meter fra inntaksmagasinet ved Skarsfoss ned til kraftstasjonen som ble bygd på en berghylle inn mot fjellsiden. Dette er ikke hele fallet ned til Rjukan. Såheim kraftverk fullførte med sine 273 meters fall hele fallet. Totalt fall for de to kraftverkene er dermed nesten 600 meter. De to kraftverkene henger teknisk sett nøye sammen. Kraftverkets hoveddeler var et lite inntaksmagasin, dam med flomavledning, tilløpstunnel, fordelingsbasseng, rørgate ned til kraftstasjonen, kraftstasjon med permanentutstyr og utløp fra kraftstasjonen til tilløpstunnelen for Såheim kraftverk. Reguleringsmagasinet i Møsvatnet er viktig for driften av kraftverkene på Rjukan så vel som for andre kraftverk i denne delen av Skiensvassdraget.

Dammen ved Skarsfoss var opprinnelig en betongdam med en lengde på 120 meter og en høyde på elleve meter. Etter en ombygging som var ferdig i 1961, er damlengden 190 meter med en platedam i midten og massive betongdammer på sidene. Største høyde er 19 meter. Magasinet strekker seg 4,5 kilometer oppover fra dammen. Fra inntaksmagasinet ble det drevet en tilløpstunnel med en lengde på over 4 000 meter og et tverrsnitt på 26 m² fram til fordelingsbassenget ovenfor kraftstasjonen. De mange steintippene langs tunnelen vitner om en driftsmåte med mange tverrslag som var vanlig på den tiden. Tunnelarbeidet foregikk med håndboring. I 1946–47 ble det sprengt en parallell tunnel med samme tverrsnitt over en strekning på 1 500 meter for å øke kapasiteten.

Rørgaten på 720 meter fra fordelingskammeret og ned til kraftstasjonen hadde først ti rør. Hver av rørseksjonene har en lengde på seks meter og veier 7,5 tonn. I 1913 ble det lagt et rør til med litt større dimensjoner enn de ti første. Diameteren var 2,0 meter øverst og 1,6 meter nederst. Dette var for å ha litt ekstra for eventuelle senere utvidelser.

Kraftstasjonsbygningen ble oppført i betong og kledd i huggen stein (naturstein). Fundamentet består av steinblokker. Maskinhallen er 110 meter lang, 21,5 meter bred og 14 meter høy. Kraftverket ble satt i drift med ti horisontale aggregater i 1911. De doble Pelton-turbinene var Norges største. Fem ble levert av det tyske selskapet J.M. Voith og fem av det sveitsiske selskapet Escher Wyss. I 1913 ble det besluttet å bygge en reservestasjon med aggregat nummer elleve. Reservestasjonen ble bygd inn til hovedstasjonen i dens sørøstre ende. Turbinen ble levert av Escher Wyss. Det tolvte aggregatet ble satt inn på midten av 1920-tallet og fikk vertikal oppstilling og hadde Francis-turbin. Dette var første gang denne turbintypen ble anvendt for en fallhøyde på 300 meter. Turbinen fra Escher Wyss var en teknisk-historisk begivenhet i verdensmålestokk. Ytelsen var omtrent 12 MW. På 1950-tallet ble turbinene fra J.M. Voith skiftet ut med turbiner fra Neyrpic. Av disse er det nå bare én igjen i kraftstasjonen.

Generatorene ble levert av fem forskjellige produsenter. Da hydrogenfabrikken fra 1929 skulle forsynes med kraft, fikk hvert av de elleve første aggregatene to likestrømsgeneratorer. I 1947–48 fikk fire av hovedaggregatene en trefasegenerator i tillegg. Disse kunne benyttes til produksjon av vekselstrøm dersom likestrømsgeneratorene ikke tok all kraften som turbinene produserte. Den viktigste funksjonen var imidlertid som motorer for å drive likestrømsmaskinene med strøm fra et annet kraftverk. Aggregat tolv har bare vekselstrømsgenerator. I kraftstasjonen var det også et driftsaggregat. Til turbinen fra Kværner ble det koblet både en likestrøms- og en vekselstrømsgenerator fra NEBB. Dette var det eneste norskproduserte aggregatet. Det var bare verksteder i utlandet som kunne levere utstyr av de dimensjonene som ellers trengtes.

Fra turbinene ble vannet ledet gjennom en kanal under kraftstasjonen og gjennom lukeåpningen direkte inn i tilløpstunnelen til Såheim kraftverk. Tilløpstunnelen fikk en lengde på 5,7 kilometer og et tverrsnitt på 32 m² fram til fordelingsbassenget i fjell. Som for Vemork ble det



Toppen av rørgate på Vemork, tidlig 1900. Foto: Wilse/Norsk Industrierbeidermuseum

sprengt en parallell tunnel med en lengde på rundt 1 500 meter. Fra rørinntakene var det tre sjakter med tre smisveiste rør i hver av dem. Vannet fra Såheim ledes via en kort utløpskanal delvis i fjell og delvis i dagen ut i Måna, der det nedenfor er bygd inntaksdam for Moflåt kraftverk.

Den nye kraftstasjonen på Vemork har to vertikale aggregater. Hver av Francis-turbinene har en ytelse på 100 MW og ble levert av Kværner. Generatorene på 110 MVA ble levert av NEBB. Den nye kraftstasjonen har lengde, høyde og bredde på henholdsvis 40 meter, 15 meter og 15 meter. Ved Vemork er det drevet en ny tilløpstunnel parallelt med den gamle. Rørgaten er erstattet av trykksjakt i fjellet.



*Liten kraftstasjon til anleggskraft nede i juvet på Vemork, tidlig 1900
Foto: Ukjent/Norsk Industriarbeidermuseum*

Kraftstasjonen på Såheim måler hele 145 x 80 x 75 meter, har seks etasjer og er oppført i betong. Gjødselabrikken var en ganske stor del av bygningene. Maskinhallen er 144 x 20 x 15 meter. Det var ni horisontale Pelton-aggregater på 12 MW hver, foruten tre mindre. Rjukanbanen gikk i tunnel under kraftstasjonen. I Såheim kraftverk er vannveien ombygd, og alle de ni gamle, horisontale hovedaggregatene med Pelton-turbin er skiftet ut med tre nye, vertikale Francis-aggregater. Det er en ny trykktunnel fra 1993 som har erstattet de ni smisveiste rørene i tre sjakter. Den store kraftstasjonen er i dag en moderne kraftstasjon. Aggregatene er fra 1959, 1961 og 1972 og har en samlet ytelse på 185 MW. De to første turbinene ble levert av J.M. Voith og den siste av Escher Wyss. To generatorer ble levert av Siemens og den siste av National Industri.

Ved Såheim kraftverk er det et aggregat i en stoll fra rørgaten omtrent 80 meter over hovedkraftstasjonen. Det kan sies at dette er den første kraftstasjonen i fjell i Norge. Uansett om den regnes som en egen kraftstasjon eller ikke, har det helt fra 1916 vært et horisontalt aggregat plassert der. Pelton-turbinen fra J.M. Voith med en ytelse på 4,5 MW synes å være den eldste av denne typen i fortsatt drift i Norge. Generatoren på 6,3 MVA ble levert av Oerlikon. Fra 2002 rommet kraftstasjonen også driftsentral for alle Hydros kraftverk.

Arkitektur

Olaf Nordhagen var arkitekten for Vemork. Han ble kalt domkirkearkitekten fordi han var kunstnerisk leder for restaureringen av Nidarosdomen i Trondheim. På Vemork skapte han en bygning med en fasade forblendet med naturstein. Da Såheim skulle tegnes, fikk Nordhagen oppdraget sammen med Thorvald Astrup. Resultatet ble en stor og monumental bygning som ruver i landskapet i Rjukan sentrum. Prinsippet fra Vemork kraftstasjon fikk en fortsettelse. De enorme bygningsvolumene harmoniserer med naturen. Arkitekt Geir Grung har tegnet nye Vemork kraftstasjon.

Begrunnelse

Vannkraft, norsk teknologi, ingeniørkunst og ikke minst rallarenes og industriarbeidernes innsats gjorde Rjukan kjent som et industristed med store kraftverk. Vemork og Rjukan representerer på mange måter gjennombruddet for kraftkrevende industri i Norge etter år 1900. Vemork kraftverk var større enn noe tidligere kraftverk i Norge da det ble satt i drift. Utbyggingen var et stort steg framover i vannkraftteknologien. Kraftverket ble et erfaringsgrunnlag for senere store kraftverk i Norge. Vemork kraftstasjon kan karakteriseres som et monumentalbygg i fin harmoni med omgivelsene. Den er et monument fra en tid da det ble lagt stor vekt på profane bygningers utforming og utseende. Arkitekturen på Vemork og en del andre bygninger på Rjukan viser en arkitektonisk og kulturhistorisk bevissthet i den industrielle utviklingen i Norge. Rørgaten er et kjent landemerke og motiv. Kraftstasjonen og de elleve rørene nedover fjellsiden og den vakre bygningen er ofte avbildet. Vemork er utvilsomt et av de mest kjente norske kraftverkene internasjonalt. Vemork kraftstasjon utgjør sammen med mesteparten av det opprinnelige produksjonsutstyret en vesentlig del av Norsk Industriarbeidermuseum. I kraftstasjonshallen er fortsatt de fleste aggregatene på sin plass som da de var i bruk inntil 1971. Aggregatene med to likestrømsgeneratorer og en vekselstrømsgenerator på samme aksling er spesielle. Pelton-turbinene var i sin tid verdens største. Francis-turbinen i reservekraftstasjonene var den i verden med høyeste fall for Francis-turbiner da den ble satt i drift på 1920-tallet. Vemork kraftverk med rørgate og kraftstasjon kan så absolutt stå på egne ben i en teknisk og kulturhistorisk sammenheng. Sammen med de nære kraftverkene Såheim og Mår blir perspektivet enda større.

Litteratur:

Eyde, Sam (1939): Mitt liv og mitt livsverk. Gyldendal, Oslo.

Hallesby, J. (1956): Øst-Telemarkens Brukseierforening gjennom 50 år. 1903-1953. ØTB, Oslo.

Høydal, Hallgrim (2003): Kampen om vannet. Øst-Telemarkens Brukseierforening 1903-2003. ØTB, Notodden.

Kjeldstadli, Sverre (1944): Rjukan. Et moderne eventyr om industri- og bondesamfunn. Cappelen, Oslo.

Bøylefoss

Bøylefoss kraftverk ved Nidelva i Arendalsvassdraget var i drift fra 1913. Denne store utbyggingen la grunnlag for industri i Arendalsområdet. Kraftverket var bygget med norsk kapital. Den tekniske løsningen med dam og vannvei var spesiell.

Historikk

Arendal Fossekompani ble etablert i 1896. Fossekompaniet kjøpte opp fallrettigheter i Nidelva, nederste del av Arendalsvassdraget. Lengden på hele vassdraget er rundt 190 kilometer. Selv om det etter datidens mål var store kraftmengder som kunne bygges ut, var det imidlertid begrenset etterspørsel etter kraft til alminnelig forsyning og industri. Ingeniøren Sam Eyde hadde imidlertid utbyggingsplaner. Han var opprinnelig fra Arendal. Distriktet var kjent for betydelige jernforekomster, og Eyde ønsket å etablere et jernverk basert på elektrisk smelting. To industribedrifter for produksjon av silisiumkarbid og aluminium ble etablert.

I 1913 fikk stedet navnet Eydehavn. Arendalsbanen ble ferdig i 1910. Det ble anlagt et sidespor helt fram til kraftstasjonen. Utstyr og materialer til kraftverket kunne dermed fraktes med jernbane i stedet for på dårlige veier.

Utbyggingen av Bøylefoss startet for alvor i 1911. Som ved andre kraftverk fra denne perioden ble det etablert et samfunn knyttet til kraftverksdriften. Det ble bygd boliger, forsamlingslokale og butikk. Kraftverket ble satt i drift i 1913, og i løpet av få år var det installert sju aggregater. Turbinene var alle av typen Francis, levert av tyske Amme Giesecke & Konegen. Hvert aggregat hadde en ytelse på 5 000 hk. Kraftverket ble utvidet i takt med økende regulering av vassdraget. Bøylefoss har i dag størst produksjon av kraftverkene i vassdraget.

Viktige momenter

stor utbygging tidlig
1900-tall

grunnlag for industri i
Arendal

betydningen for byen
og omegnen

kraftverket bygd
utelukkende med
norsk kapital

teknisk løsning – dam
og vannvei

kontinuitet

arkitektur





Bøylefoss kraftverk. Foto: NVE

Teknisk utførelse

Utbyggingen omfatter en fallhøyde på rundt 62 meter. Med alle aggregatene i drift er det nå en slukeevne på 125 m³/s. Kraftverkets hoveddeler er dammen med flomavledning, inntak, vannveier og kraftstasjon med permanentutstyr. Dammen ved inntaket er en massiv betongdam forblendet i stein. Største høyde er 16 meter, og lengden er rundt 160 meter. Dammen var ferdig i 1913.

Det er 19 luker i dammen – en bunnluke, fire reguleringsluker og 14 flomluker. Alle flomlukene er glideluker og har erstattet tidligere nåleløp. Fra dammen ble det bygd ei tømmerrenne med lengde på to kilometer forbi både inntaksområdet og kraftstasjonen. I dag er det bare rester igjen etter renna. Fra inntaket fører to tunneler fram til to fordelingsbasseng, hvorfra det i dag går fire rør ned til kraftstasjonen.

Kraftstasjonsbygningen er oppført i armert betong. Bygningen har tre etasjer. I 1954 ble omfattende arbeider med modernisering og fornyelse avsluttet, blant annet ombyggingen av generatorene. Installasjonen var da kommet opp i 35 MW, mens den midt på 1920-tallet var 23,5 MW. De opprinnelige turbinene var etter hvert skiftet ut. I dag har kraftverket åtte aggregater, alle med Francis-turbin levert av Kværner. Det er fem horisontale aggregater på 5 MW. De kom på plass i perioden 1925–49. Senere er kraftverket ble utvidet med tre vertikale aggregater i perioden 1960–74. De to eldste av disse er hver på 10 MW, og det siste er på 20 MW. De fem eldste generatorene er levert av ASEA. Den største av de tre nyeste er levert av National Industri, de to øvrige av NEBB. Driften av kraftverket er modernisert de senere årene.

Arkitektur

Kraftverksbygningen er oppført i en stil som gir assosiasjoner til militærarkitekturen. Arkitekten Thorvald Astrup har utformet dekorative detaljer. Turbinene og generatorene i den opprinnelige delen av maskinsalen er oppstilt etter hverandre. Maskinsalen er derfor lang og relativt smal.

Begrunnelse

Bøylefoss dokumenterer kombinasjonen av kraftutbygging og etablering av storindustri. For Arendalsdistriktet var virksomhetene med grunnlag i kraften fra Bøylefoss av stor betydning. Lokalt initiativ i kombinasjon med eksterne ressurser ga resultatet. Kraftverket ble bygd utelukkende med norsk kapital, og det var imponerende for et så stort anlegg på den tiden. Da Bøylefoss stod ferdig, var det med sine 35 000 hk ett av de største kraftanleggene i landet. Bare Svelgfoss ved Tinnelva, Tysso I i Tyssedal og Vemork på Rjukan var større.

Bøylefoss er et elvekraftverk. Sammenlignet med de fleste andre elvekraftverk fra denne perioden er det lang avstand fra inntaket til kraftstasjonen. De fleste andre elvekraftverkene har en mer konsentrert utførelse med bare en kort vannvei fra inntaket til turbinene. Sam Eyde var involvert i utbyggingen, og det er derfor ikke overraskende at det ble lagt vekt på arkitektur. Arkitekten Thorvald Astrup stod for formgivningen for flere av datidens kraftstasjonsbygninger. Kraftstasjonsbygningen viser anvendelsen av militærarkitekturstilen. Kraftstasjonen med permanentutstyr er godt bevart og vedlikeholdt. Det samme gjelder for dammen, som anskueliggjør dambygging på begynnelsen av 1900-tallet. Teknikk og dagens utgave av Bøylefoss kraftverk utgjør en del av norsk vannkraftshistorie som det er verdt å merke seg.



Bøylefoss kraftstasjon. Foto: Rolf M. Krogh 2010/NVE



Bøylefoss kraftstasjon. Foto: Hans Sperstad 1967/NVE

Litteratur:

Dannevig, Birger (1960): Arendals Fossekompani. Arendals Fossekompani, Arendal.

Folkman, Kristian (red.) (1996): Kraft og børs 1896–1996. A/S Arendals Fossekompani.

Vamma

Vamma kraftverk på østsiden av Glomma var en stor utbygging i 1915. Utbyggingen representerte norsk teknologi med Francis-turbiner for lave fall og viser dermed den kompetansen Norge fikk innen bygging av slike turbiner. Kraftstasjonen har fortsatt eldre turbiner og generatorer i drift. Både kraftstasjonen og øvrige konstruksjoner er imponerende byggverk.

Viktige momenter

stor utbygging
tidlig på 1900-tallet

arkitektur –
monumentale
bygninger

særpreget
trappekonstruksjon

dam og luker –
ombygging

norske Francis-
turbiner for lave fall

eldre turbiner
og generatorer
fortsatt i drift

stor Kaplan-turbin
i den nye delen

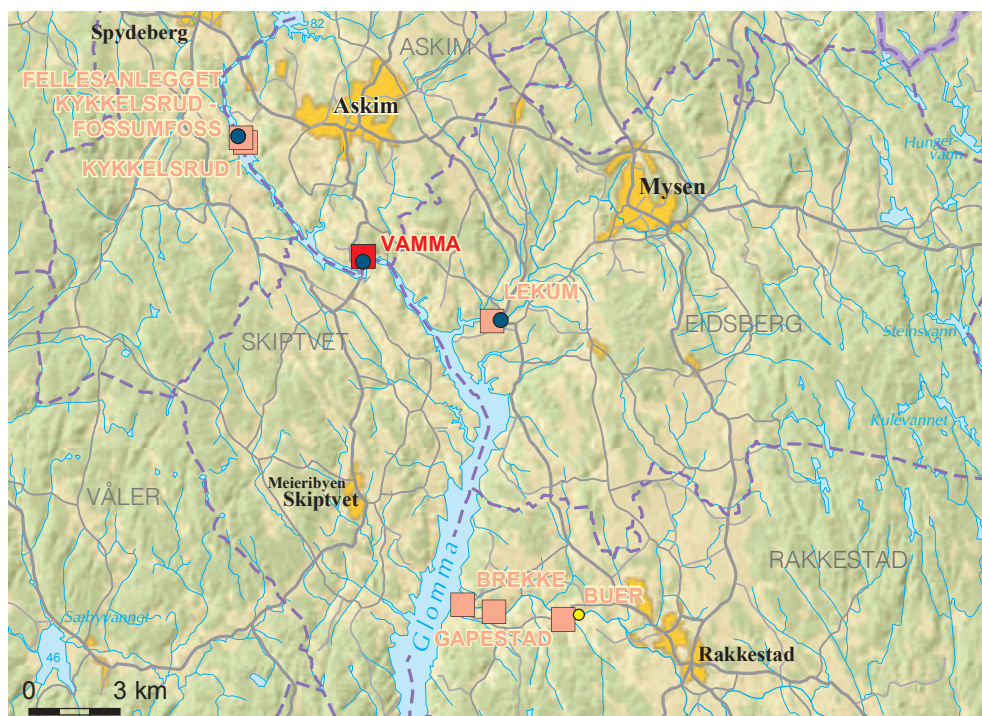
visningsanlegg

Historikk

Den nederste delen av Glomma-vassdraget var gunstig for etablering av kraftkrevende storindustri i en tid da det var begrensede muligheter for overføring av elektrisitet over lengre strekninger. De to kraftverkene Hafslund og Borregaard utnyttet allerede fra slutten av 1890-årene Sarpsfossen. Kykkelsrud kraftverk noen mil lenger nord kom i drift med to aggregater i 1903. Utbyggingen av Vammafoss startet i 1907. Selskapet A/S Vamma Fossekompani var grunnlagt av Sam Eyde i 1902, som var sterkt involvert i nesten all norsk vannkraft- og industriutbygging i disse årene.

Formålet var å bygge kraftverk for å produsere elektrisitet til en planlagt kunstgjødselabrikk. Fem år senere skrinla imidlertid Eyde fabrikkplanene, og det påbegynte kraftverket ved Vamma ble solgt til aksjeselskapet Hafslund.

Første byggetrinn for Vamma kraftverk stod ferdig i 1915 med to aggregater på til sammen 17 MW. Fallhøyden var 27 meter, med oppdemning rundt 20 meter over det opprinnelige nivået oppstrøms Vammafoss. Fram til 1927 ble ytterligere seks aggregater satt i drift. I 1944 ble to til aggregater installert. Samlet ytelse var da 100 MW. I 1971 ble et aggregat med Kaplan-turbin satt i drift. Dette aggregatet har en ytelse på 113 MW.





Vamma kraftstasjon, anno 1915. Foto: NVE

Teknisk utførelse

Vamma kraftverk utnytter fallet i åtte mindre stryk. Nåværende fallhøyde er 28,5 meter, etter økning to ganger med til sammen 1,5 meter siden 1915. Inntaksmagasinet er lite og kan bare brukes til kortvarig regulering. Med alle aggregatene i drift har kraftverket en slukeevne på 950 m³/s. Det nye aggregatet tar alene 425 m³/s. Kraftverkets hoveddeler er magasin, dam med flomavledning, inntak, vannveier og kraftstasjon. Dammen ble ferdig i 1917 og er utført i massiv betong med forblending i granittstein på luftside. I alt er rundt 6 000 m² dekket med granitt. Største høyde er 38 meter. Dammens lengde inklusive flomløpene er på noe over 400 meter. I det dypeste partiet er det to store bunntappeløp med tre glideluker i hvert løp. Betongdammen har holdt seg bedre enn mange andre massivdammer fra denne perioden.

Flomavledningen er plassert i dammens sørlige del. Avledningen bestod opprinnelig av to valseluker, et fast overløp og et nødoverløp. Nødoverløpet ble ombygd til tømmerløp med sektorluke i 1928. Valselukene ble levert og montert av tyske MAN i 1915. En ombygging av valselukene ble fullført i 1991. Etter ombyggingen består flomavledningen av fire lukeløp samt flomkanal og den gamle tømmerkanalen nedstrøms lukeløpene. Det er nå to segmentluker, en gummiluke og en klappeluke. Gummiluka var den tredje av denne typen som ble montert i Norge. Reguleringen av vannstanden skjer ved bruk av segmentlukene. Disse har tosidig hydraulisk opptrekk, som de første i sitt slag i Norge. I dammen er det inntak for samtlige elleve aggregater. Turbinrørene er støpt inn i dammen, svingt ned langs dammens luftside og ført inn i stasjonen. Turbinrørene har en lengde på rundt 30 meter og en diameter på mellom 4,2 meter og 4,5 meter for de ti eldstes vedkommende.

Kraftstasjonen og maskinhallen har lengder på henholdsvis litt over 100 meter og 80 meter. Bredden er omtrent 20 meter. Adkomsten til maskinhallen er via en bro som dramatisk spenner over slukten mellom dammen og det ene av apparatusets to tårn. Det ble oppført et nytt bygg for det ellefte aggregatet. Også dette bygget er parallelt med dammen og er plassert tett inntil den gamle maskinsalbygningen. De ti eldste turbinene er levert av de norske produsentene Kværner og Myrens Verksted. Alle er doble Francis-frontalturbiner med horisontal oppstilling på tvers av maskinsalens lengderetning. Ytelsene er fra omtrent 9 til rundt 12 MW. Den siste turbinen har vertikal oppstilling, kan yte 113 MW og er Norges største Kaplan-turbin i ytelse.

Den ble levert av svenske NOHAB/KMW. De ti eldste generatorene er levert av tyske Siemens-Schuckert. De seks første er på 11 MVA, mens de fire siste er på 15 MVA. Den siste på 120 MVA er levert av norske National Industri. Alle de elleve aggregatene er fortsatt i drift, og de ti eldste er mer eller mindre som da de ble installert i perioden 1915–44. I 1995 var restaureringen av kontroll- og apparatanlegget ferdig. Kraftverket er nå fjernstyrt.



Horisontalt aggregat med dobbel, horisontal Francis-turbin og generator. Foto: NVE

Arkitektur

De opprinnelige kraftstasjonsbygningene (maskinhallen og apparathuset) er oppført i nybarokk og tegnet av arkitekt Thorvald Astrup. Både kraftstasjonen og de øvrige konstruksjonene er imponerende byggverk som viser byggeskikk på begynnelsen av 1900-tallet. Den opprinnelige byggestilen ble beholdt gjennom de første byggetrinnene. Kraftstasjonsbygningen for det siste aggregatet fra omkring 1970 representerer imidlertid et stilbrudd.

Den nye flomavledningen vises som et anlegg fra 1990-årene og stå i bevisst kontrast til resten av dammen. Like ved dammen er det bygd en praktfull trapp med spesialdesignet lykteamatur. I trappens sentrale punkt er det også en bronseplate med informasjon.

Begrunnelse

De horisontale, tohjulede frontale Francis-turbinene med sylindertromme representerer utviklingen av norsk kompetanse på Francis-turbiner for lave fall. Spesielt var turbinene fra 1915 og de nærmeste årene viktige i den sammenhengen, selv om leverandørene allerede hadde noen års erfaring med slike turbiner. Andre kraftverk med lavtrykks Francis-turbiner er Kykkelsrud, Solbergfoss og Rånåsfoss, som sammen med Vamma viser en teknisk utvikling. For Vamma er det allikevel helheten, og ikke primært turbinene som sådanne, som er mest bemerkelsesverdig. Felles for de nevnte elvekraftverkene er at det er foretatt nye utbygginger i siste halvdel av 1900-tallet. Nye, moderne maskiner har overtatt hovedproduksjonen, mens de gamle anleggene er flomkraftverk.

Den nye delen i Vamma kraftanlegg har en Kaplan-turbin, som er en senere tids turbintype for lave fall og store vannmengder. Denne turbinen har omtrent like stor ytelse som de ti eldre til sammen. Den gamle delen av kraftstasjonen med mange aggregater sammen med den nye med én vertikal Kaplan-turbin viser dermed tekniske løsninger fra to vidt forskjellige epoker.

Dammen med flomavledningsarrangement og kraftstasjonen er imponerende byggverk fra en tidlig epoke i norsk kraftutbygging. Kraftverket var en anleggs- og bygningsteknisk utfordring og kan uten tvil betegnes som ingeniørkunst. Maskinhallen er typisk for de store kraftstasjonene fra den tiden med mange aggregater og en trapp opp til "brettet". Trappen er gitt en elegant utførelse. Både inngangspartiet og maskinsalen er preget av relieffer i bruskbarokk. Maskiner og bygningsinteriør gir et fint og helhetlig inntrykk. Vamma kraftverk er et visningsanlegg.



Vamma kraftanlegg under storflommen i 1995. Flyfoto: ©Blom Geomatics AS

Litteratur:

Næss, Atle (1998): Fossekraft og lange linjer. Gyldendal, Oslo.

Longerak

Longerak kraftverk var i drift fra 1916. Kraftverket utnytter kraften i en sideelv til Otravassdraget. Kraftstasjonsbygningen minner om en middelalderborg. Det statlige kraftverket var bygd med tre aggregater og ga elektrisitet til et sanatorium og alminnelig forsyning.

Historikk

Kraftverket ble bygd av staten for å skaffe elektrisitet til et tuberkulosesanatorium i Setesdal i Aust-Agder fylke. Kraftverket ble satt i drift med tre aggregater i 1916. Kraftstasjonen ligger omtrent 60 meter høyere enn Byglandsfjorden. Hele fallet er dermed ikke utnyttet. Inntaket er plassert nedenfor Longerakvatnet, slik at heller ikke hele fallet ned til kraftstasjonen er utnyttet. En forklaring er at utbyggerne ikke så for seg at det ville bli behov for mer kraft, en annen forklaring er at den valgte fallhøyden ble ansett som en grense for hva som var teknisk mulig. Imidlertid var det allerede bygd kraftverk andre plasser i landet både med større fallhøyde og vesentlig større installasjon. Resultatet er en kraftstasjon som både er underlig og vidunderlig plassert i skogen ovenfor Byglandsfjorden i Setesdal. Kraftproduksjonen gikk også til alminnelig forsyning til bygda. Norges vassdrags- og elektrisitetsvesen (NVE) overtok kraftverket i 1925. Kraftverket ble overtatt av Aust-Agder Kraftverk i 1962. Fra 2001 er Agder Energi eier.

Teknisk utførelse

Kraftverket utnytter fallet fra inntaket omtrent 900 meter nedstrøms Longerakvatnet. Dette gir en fallhøyde på rundt 300 meter. Med alle aggregatene i drift er slukeevnen 0,7 m³/s. Kraftverkets hoveddeler er magasin, dammer med flomavledning, inntak, vannveier og kraftstasjon med permanentutstyr.

Viktige momenter

særegen utbygging
tidlig på 1900-tallet

beliggenheten
inne i skogen

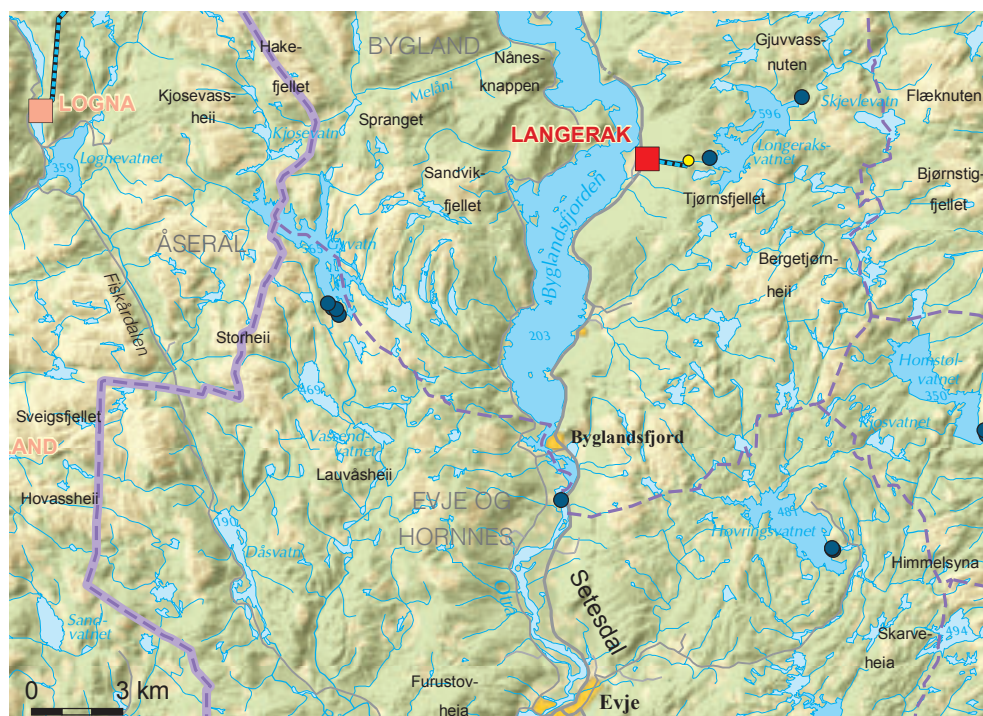
elektrisitets-
forsyningen til
et sanatorium

arkitektur

opprinnelige turbiner
fra 1914–15

likestrøms
magnetiserings-
maskin i bruk

kontinuitet –
to relativt nye
generatorer





"Eventyrslottet i skogen". Foto: NVE

Magasinvolumet er på 12,5 mill. m³. Med et midlere årlig tilsig på snaut 17 mill. m³ har kraftverket god regulering. Magasinet er etablert ved oppdemning med hoveddam og en liten sperredam. Hoveddammen er en steinkistedam med frontal tetning av plank, og det er fritt overløp med en lengde på vel 30 meter. Kronelengden er bortimot 50 meter, og største høyde fem meter. Dammen var ferdig i 1914, og ble rehabilitert i 1971. Dammen ved inntaket er en murdam med oppstrøms betongplate. Dammens lengde er rundt 30 meter, med fritt overløp. Største høyde er litt over fire meter. Dammen var ferdig i 1914 og ble ombygd og utbedret i 1953 og 1984. Fra inntaket fører et rør med en lengde på rundt 1 200 meter ned til kraftstasjonen. Kraftstasjonsbygningen har to etasjer og er oppført i betong med forblending i naturstein.

Kraftverket har tre horisontale aggregater. Turbinene er av typen enstrålet Pelton, hver med en ytelse på 480 kW. De ble levert av norske Kværner Brug, alle med påstemplet årstall 1914. Det er én opprinnelig generator i fortsatt bruk. Den ble levert av svenske Nya Förenade Elektriska AB. Generatoren er nylig omviklet. På denne generatoren er det fortsatt en operativ likestrøms magnetiseringsmaskin, levert av norske Per Kure. Denne løsningen er nå relativt sjelden. De to andre generatorene er fra 1981 og 1982. Begge ble levert av NEBB, norsk datterselskap av sveitiske Brown Boveri & Cie. Maskinsalen har en enkel utførelse. Instrumenttavlen ble levert av Per Kure. Transformatorene fra 1981–82 er plassert ute. Tidligere var trafoene plassert i en trebygning like ved kraftstasjonen, men på grunn av brannfaren har man gått bort fra den løsningen.

Arkitektur

Longserak kraftstasjon er kalt "eventyrslottet i skogen". Den er tegnet av arkitekt Kristian Hjalmar Biong. Kraftstasjonsbygningen har forblending i naturstein, med rike detaljer, og minner om et lite fransk senmiddelalderslott eller en middelalderborg i miniformat. Engelsk romantikk er en annen karakteristikk som er brukt. Longseraks romantiske stil blir forsterket av oppdelingen i flere bygningsvolumer og av fasadenes natursteinskledning.

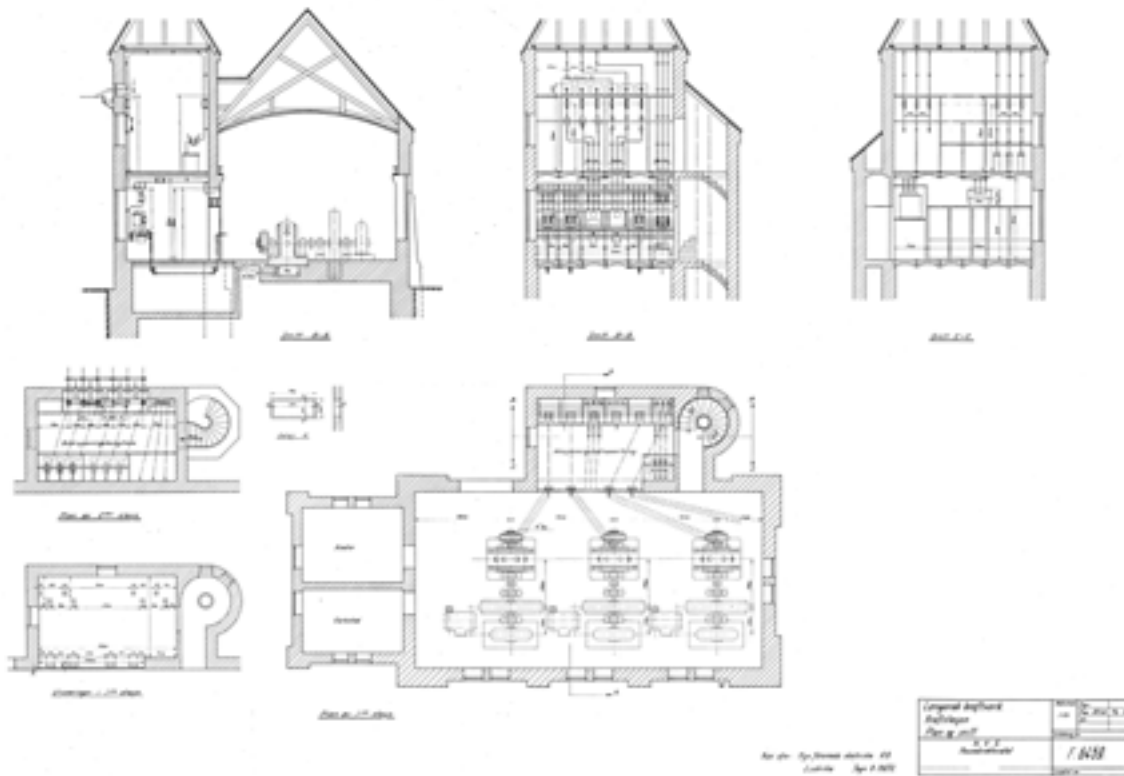
Begrunnelse

Det er først og fremst kraftstasjonens arkitektur og beliggenhet som særmerker Longerak kraftverk. Kraftstasjonen er absolutt en sjelden severdighet. "Eventyrløst i skogen" er en god karakteristikk. Longerak kraftverk ble bygd for å skaffe kraft til det nærliggende, men arkitektonisk mer nøkterne tuberkulosesanatoriet. Andre helseinstitusjoner i landet hadde også fått eget kraftverk noen år tidligere, men disse kraftverkene hadde en mer beskjeden størrelse. Elektrisitet for sykehusdrift var viktig. Mulighetene for overføring over lange avstander var begrenset, og derfor ble mange helseforetak lagt der det var en utbyggbar kraftkilde. Kraft til alminnelig forbruk ble da en ekstra gevinst.

Kraftstasjonen med permanentutstyr er godt bevart og vedlikeholdt. De tre turbinene fra 1915 er nær sagt som da de ble installert. En likestrøms magnetiseringsmaskin i bruk, som på den opprinnelige generatoren, er en sjeldenhet i våre dager. Longerak kraftstasjon har to generatore av nyere dato. Med sine kasseformede skall bryter disse med et ellers gammeldags interiør og maskineri. Men samtidig viser dette generatore fra forskjellige epoker og også hvordan en ny generator kombineres med en langt eldre turbin.



Longerak kraftstasjon. Foto: Hallgeir Vestøl/Agder Energi



Longerak kraftstasjon, plan og snitt. Kopi etter Nya förenade elektriska AB, Ludvika.
 NVE - Fossedirektoratet 1931. NVEs arkiv.

Litteratur:

Fortidsvern 4/1998 (1998). Fortidsminneforeningen, Oslo.

Herlandsfoss

Herlandsfoss kraftverk utnytter Herlandsvassdraget i Hordaland fylke. Det kommunale kraftverket kom i drift med fire aggregater i 1919. Kraftstasjonen minner om middelaldertårnet Rosenkrantzårnet i Bergen. De opprinnelige aggregatene er godt bevart. Herlandsfoss kraftverk var det første i Norge som nyttet råsprengt trykksjakt og trykk-tunnel. På stedet finnes også en ny kraftstasjon.

Historikk

Hosanger, Haus og Hamre kommunale kraftverk ble stiftet i 1916. De involverte kommunene var enige om å bygge ut Herlandsvassdraget på Osterøy nær Bergen. Vassdraget består i hovedsak av Storavatnet og Løtveitvatnet. Herlandsfoss kraftverk ble satt i drift med fire aggregater i 1919. Til utbyggingen hørte også linjenettet til eierkommunene og andre deler av fylket. For å produsere anleggskraft ble det bygd et provisorisk kraftverk på vestsiden av Herlandselva. Områdets kraftutbygging var viktig for den lokale sysselsettingen.

Kraftverket ble bygd med råsprengt trykksjakt og trykk-tunnel i stedet for frittliggende rør i dagen eller sjakt i fjellet. Det var første gang i Norge. Råsprengt utførelse vil si at fjellet alene tar opp vanntrykket. Trykket på nesten 140 meter var stort og dristig ut fra tidligere erfaringer. Store byggekostnader sammen med reduserte kraftleveranser førte til økonomiske vanskeligheter for kraftverket. I 1925 kom det i stand en gjeldsordning etter initiativ fra Justisdepartementet. Det opprinnelige kraftselskapet ble oppløst, og et nytt selskap med navnet Herlandsfoss Kommunale Kraftverk (HKK) ble konstituert. Kraftselskapet, som fortsatt var eid av de tre kommunene, fikk egen administrasjon og overtok både kraftverket og salg av kraften. Eierkommunene fikk kraft som ga grunnlag for industri og vekst.

Viktige momenter

kraftkommunalisme

arkitektur – den gamle kraftstasjonen

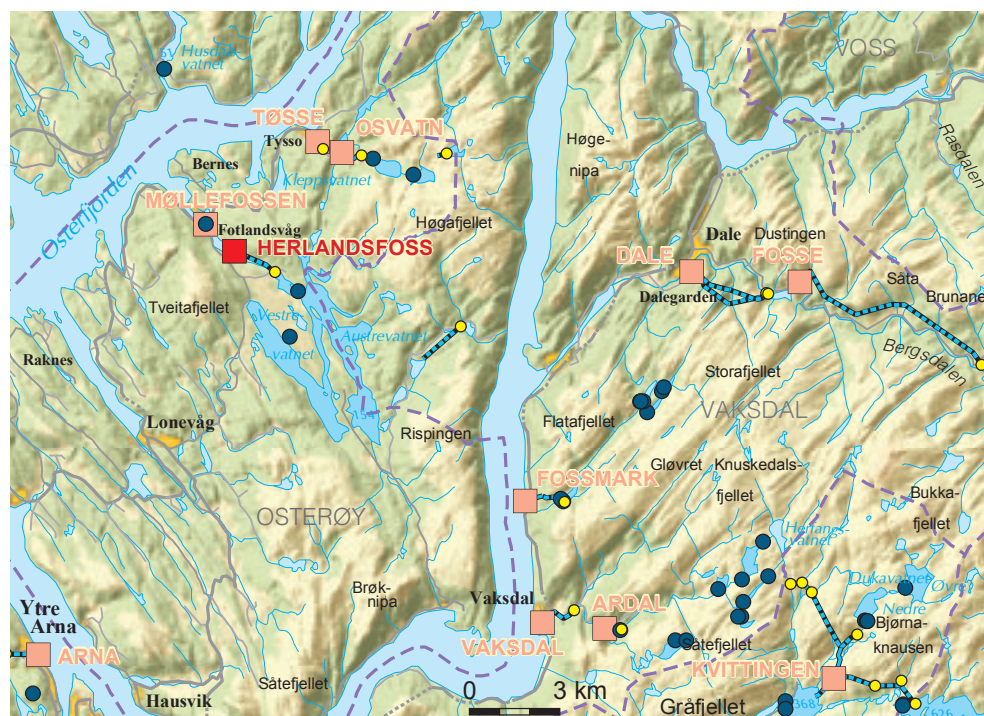
arkitektonisk tilpasning av ny kraftstasjon

kontinuitet i drift - gammelt og nytt

opprinnelige aggregater godt bevart

uført trykksjakt på tidlig tidspunkt

museum



På 1930-tallet ble det i samarbeid med Bergenshalvøens Kommunale Kraftselskap (BKK) inngått en langsiktig avtale med Norges Statsbaner (NSB) om levering av strøm til drift av jernbanen mellom Voss og Granvin. Etter andre verdenskrig økte kraftforbruket i leveringsområdet sterkt. I 1930 var behovet 12 GWh per år og i 1965 var behovet 70 GWh. Kraftverket produserte rundt 35 GWh. Det var mer kraftpotensial i området. I 1989–1990 ble det



Herlandsfoss kraftverk. I dag er skyteskivene på taket fjernet ellers fremstår bygningen stort sett slik den var ny. Foto: NVEs arkiv

sprenget en 1 700 meter lang tunnel for overføring av vann fra Botnavatnet i Hesjedalsvassdraget til Blomdalsvatnet ovenfor Storavatnet. Overføringen ga en produksjonsøkning på 6 GWh per år.

Maskinene i kraftstasjonen var etter hvert blitt nedslitt og krevde mye vedlikehold. I 1992 ble det satt i gang rehabilitering av kraftverket. Arbeidene besto først og fremst i bygging av ny kraftstasjon, men omfattet også overføringstunnelen fra Storavatnet til Løvteivatnet. Etter 75 års drift ble den gamle kraftstasjonen tatt ut av drift i 1995. Den nye kraftstasjonen stod ferdig samme høst. Rehabiliteringen ga en produksjonsøkning på omtrent 25 prosent.

Teknisk utførelse

Herlandsfoss kraftverk utnytter fallet fra inntaksmagasinet i Løvteivatnet til Herlandselva kort oppstrøms elvas utløp i Fotlandsvågen, en avgrening fra Osterfjorden øst for Bergen. Fallhøyden er i dag 138 meter. Slukevnen for nåværende kraftstasjon er 11,5 m³/s, mens den gamle hadde 12 m³/s. Kraftverkets hoveddeler er magasiner, dammer med flomavledning, inntak, vannveier og kraftstasjon med permanentutstyr. Gjennomsnittlig årlig tilsig til kraftverket er 165 mill. m³. Det er gode reguleringsforhold i vassdraget med utbygd magasinkapasitet på nesten 80 mill. m³. Hovedmagasinet i Storavatnet har et volum på 77 mill. m³. Dammen ved Storavatnet er en massivdam i betong. Den var ferdig i 1919 og gir en oppdemning på to meter. Største damhøyde er 3,5 meter, og lengden er 23 meter. Det er fritt overløp for flomavledningen.

Driftstunnelen fra inntaket i Løvteivatnet til fordelingsbassenget har en lengde på 1 325 meter og et tverrsnitt på åtte m². Bassenget er utsprengt i fjell øst for kraftstasjonen. Derfra er det en 180 meter lang råsprengt trykksjakt ned til kraftstasjonens høydenivå og deretter to frittliggende, parallelle rør med en lengde på 200 meter fram til kraftstasjonen. En siste, kort strekning ligger rørene i dagen, men ellers er de lagt i tunnel. Fra den gamle kraftstasjonen ble vannet ledet ut i Herlandselva gjennom en 65 meter lang tunnel. Kraftverket har råsprengt (uføret) trykksjakt, og opprinnelig var tunnelen tilsvarende. Kort tid etter at anlegget ble satt i drift, oppstod det store lekkasjer i tunnelen. Det ble derfor støpt en betongpropp nær overgangen mellom tunnelen og sjakten. Fra proppen ble det lagt frittliggende rør fram til turbinene.



Den gamle og nye kraftstasjonen. Foto: Dag Endre Opedal 2013/NVIM

Den gamle kraftstasjonen i tre etasjer er bygd i betong med forblending av gråstein. Bygningen har en lengde på 35 meter, og maskinsalen utgjør 27 ganger 12 meter. Kraftstasjonen har fire like horisontale turbiner. De er utført som Francis spiralturbiner og med direkte drift av generatorene. Norske Myrens Verksted leverte turbinene, som hver har en ytelse på 3 MW. De ble ombygd med godt resultat av norske Kværner Brug på 1930-tallet. Den nye kraftstasjonen ligger like ved den gamle og har ett horisontalt aggregat - en Francis-turbin med en ytelse på 13,8 MW. Fallet er to meter mer enn for den gamle stasjonen, oppnådd ved at den nye turbinen er senket

lenger ned i terrenget. Generatoren på 15 MVA er levert av ABB (ASEA Brown Boveri). Kraftverket er i dag fullt automatisert. Nytt apparatanlegg ble installert i 1993, og er sammen med kontrollanlegget plassert i den gamle kraftstasjonen.



Maskinsalen. Foto: Dag Endre Opedal 2013/NVIM

Arkitektur

Den gamle kraftstasjonsbygningen er en verdig representant for kraftstasjoner som tidlig på 1900-tallet ble tegnet og oppført i en stil som minner om middelalderens borger og slott. Det er ikke kjent hvem som har tegnet bygningen, men inspirasjonen til apparathuset antas å være Rosenkrantzårnet i Bergen. Den nye stasjonen har en vakker fasade i gråstein og glass og er plassert delvis inne i fjellveggen. Det er en selvstendig arkitektonisk løsning. Bygget er på en fin måte tilpasset den gamle kraftstasjonsbygningen, men i et moderne formspråk. Arkitekt er Anne Brith Ege.



Foto: Dag Endre Opedal 2013/NVIM

Begrunnelse

Herlandsfoss er et lite kraftverk, men med en utvikling som er karakteristisk for flere kommunale kraftverk. Utbyggingen ga store, positive virkninger for lokalmiljøet. Den flotte monumentalbygningen er pusset opp og gjort om til museum. De gamle turbinene, generatorene og annet utstyr står igjen og er stort sett som da kraftverket ble satt i drift i 1919. Kontrollanlegget på "brettet" er selvsagt ikke i bruk lenger, men er fortsatt på sin opprinnelige plass, en etasje opp fra maskinsalen. Kraftverket er et pioneranlegg. For første gang i Norge ble det nyttet råsprengt (uføret) trykksjakt og trykktunnel i stedet for frittliggende rør i dagen eller i sjakt i fjellet. En årsak til løsningen for Herlandsfoss var stålmangelen i årene like etter verdenskrigen. Trykket på nesten 140 meter var stort og dristig ut fra tidligere praksis og erfaringer. Tunnelen hadde størst vanntrykk og minst overdekning og var ikke vellykket. Sjakten forble imidlertid råsprengt. Erfaringene fra Herlandsfoss er noe av grunnlaget for den videre utviklingen av sjakter i vannkraftverk. Men først etter andre verdenskrig ble råsprengt trykksjakt vanlig, i takt med at stadig flere kraftstasjoner ble plassert i fjell. Etter hvert ble det tatt i bruk råsprengte sjakter med vanntrykk på mange hundre meter.

Litteratur:

Tysse, Hallvard (1995): Kamp om kraft. Herlandsfoss Kommunale Kraftverk. HKK, Fotlandsvåg

Glomfjord

Kraftanlegget i Glomfjord stod ferdig i 1920. Kraftkilden fantes i Fykanvassdraget. Utbyggingen la grunnlag for et helt industrisamfunn. Kraftverket har beholdt store, opprinnelige aggregater. I 1993 stod Svartisen kraftverk ferdig. De to kraftverkene, det første synlig i dagen, det andre bygd inne i fjellet, representerer kontinuitet i den offentlige kraftutbyggingen.

Viktige momenter

statens kraftverk

stor utbygging
for sin tid

grunnlag for
industrisamfunn

arkitektur – kraft-
stasjon og boliger

vannveiene

store, opprinnelige
aggregater

transportanlegg –
taubane og trapp til
fjells

kontinuitet –
Glomfjord og
Svartisen

inngår i
Landsverneplan
Statkraft

Historikk

I 1912 fikk Glomfjord Aktieselskap konsesjon på erverv og regulering av Fykanvassdraget i Nordland fylke. Utbyggingen skulle gi kraft til industriell produksjon av kvelstoff (nitrogen). Disse planene ble imidlertid oppgitt da den tyske Haber-Bosch-metoden for framstilling av kvelstoff ble kjent før første verdenskrig.

Et lite kraftverk skulle skaffe anleggskraft. Det kom i drift i 1914, men ble revet på 1960-tallet. Kraftproduksjonen pågikk således lenge etter at den første anleggsperioden i Glomfjord var over. Staten kjøpte det påbegynte kraftverket i 1918 og inngikk en avtale om levering av 36 MW til sinkproduksjon ved Glomfjord Smelteverk AS. Kraftverket ble satt i drift med to aggregater i 1920 med overføring av 25 perioders strøm (25 Hz) til fabrikk. I 1922 ble ett aggregat til satt i drift. Alle aggregatene var på 20 MW og var de største i Norge.

Kraftverket førte til vekst for Glomfjord som industristed. Det forelå planer for en by med 6–7000 innbyggere. Optimismen var stor i høykonjunkturs-årene under første verdenskrig. Virkningene av den internasjonale etterkrigsdepresjonen ført til at planene måtte reduseres. Byanlegget var imidlertid påbegynt før omslaget i verdensøkonomien etter første verdenskrig.



Fylke:
Nordland
Kommune:
Meløy
I drift:
1920
Installasjon:
20 MW fra 1994
120 MW tidligere
Fallhøyde:
460 meter
Nåværende eier:
Statkraft Energi AS
Antall aggregater:
1 i drift, 5 tatt ut av drift
Kraftstasjon:
I dagen
Magasin:
Ja



Smelteverket måtte innstille i 1923 på grunn av økonomiske vanskeligheter. Staten overtok de faste anleggene i 1924. To år seinere ble det inngått en avtale om levering av inntil 36 MW til et nytt selskap med engelske interesser som hadde kjøpt smelteverksbygningen for å produsere aluminium. Det ble imidlertid vanskeligheter med avsetningen. Kraftleveransen ble dermed redusert.

Under andre verdenskrig begynte tyskerne å bygge en ny og større aluminiumsfabrikk i Glomfjord. Det tyske Nordag skulle skaffe lettmetall til den tyske rustningsindustrien. I Glomfjord skulle kraftverket utvides med tre nye aggregater. Både byggearbeidene og produksjonen i kraftstasjonen stoppet 21. september 1942 som følge av "Glomfjordraidet" - et sabotasjeangrep utført av først og fremst engelske og norske kommandosoldater. Kraftstasjonen kom delvis i drift igjen i løpet av okkupasjonen, men det gikk sakte med nybyggingen. Ved krigens slutt var en del av materiellet til de tre nye aggregatene kommet.

Våren 1947 godtok Stortinget et tilbud fra Norsk Hydro om bruk av Glomfjord-kraften til framstilling av kunstgjødsel. Fabrikbygningene ble overtatt av Norsk Hydro. De tre siste aggregatene i Glomfjord kraftverk ble satt i drift i 1948-49. Den totale installasjonen var da på 120 MW. I juli 1949 startet så produksjonen ved Norsk Hydros fabrikk. Tilløpet til Glomfjord kraftverk ble kraftig redusert etter at Svartisen kraftverk kom i drift i 1993. Generatoren fra 1922 ble omviklet for 50 Hz. De øvrige aggregatene ble tatt ut av drift, men står fortsatt på sine opprinnelige plasser.

Mellom stedet der folk bodde og området der kraftstasjonen lå, var det en bratt fjellvegg helt ned til fjorden. Kraftstasjonen var derfor vanskelig tilgjengelig, og transporten måtte foretas med båt. Båtene gikk sin trauste gang med kraftstasjonsfolk i over femti år, helt til en veitunnel åpnet i 1965. Da ble det også lettere for folk å komme til fjells. Fra før fantes en taubane og en tretrapp fra 1910-13 med 1 127 trinn i den stupbratte fjellsiden.

Glomfjord kraftverk inngår for tiden i Statkraft Energi AS sitt arbeid med Landsverneplan Statkraft.

Teknisk utførelse

Glomfjord kraftverk nytter en fallhøyde på 460 meter. Kraftverkets hoveddeler er magasiner, dammer med flomavledning, inntak, vannveier og kraftstasjon med permanentutstyr. Den opprinnelige vannveien besto av tappetunnel fra Storglomvatnet til Fykanåga, overføring fra Synk I i Fykanåga til Nedre Navervatnet, tilløpstunnel, fordelingskammer, rørgate ned til kraftstasjonen og utløp til fjorden. Glomfjord kraftverks tidligere hovedmagasin i Storglomvatnet er nå en del av Svartisen kraftverk. Før Svartisen-utbyggingen hadde Storglomvatnet et magasinivolum på litt over 600 mill. m³. Fra Synk I i Fykanåga nedenfor Storglomvatnet er det nå som tidligere overføring til Nedre Navervatnet. Tunnelen har en lengde på 2 150 meter. Nå er det bare vannet fra restfeltet nedenfor den nye Storglomvassdammen som overføres.

Magasinene i dagens Glomfjord kraftverk er Nedre Navervatnet og Øvre Navervatnet. Begge er relativt små. Dammen i Nedre Navervatnet har en noe uvanlig utførelse med treullplater direkte på damplaten. Den var ferdig i 1941. Dammen i Øvre Navervatnet er en kombinasjon av trebukkedam som den høyeste delen, betong massivdam og steinfyllingsdam med sentral betongtetning. Fra inntaket i Nedre Navervatnet er det tilløpstunnel med en lengde på 2 740 meter og et tverrsnitt på 18 m² fram til fordelingsbassenget. Tunnelen er håndboret og sjelden i sitt slag. Bassenget har et tverrsnitt på 20 m².



Kraftstasjon Glomfjord. Foto: Dag Endre Opedal/NVIM

Dette ble for lite etter utvidelsen av kraftverket. Det ble derfor sprengt ut et pådrags- og avslagskammer i et bekkeinntak 400 meter ovenfor bassenget slik at det ble et såkalt koblet fordelingskammer. Fra fordelingskammeret er det tre rør med en lengde på 900 meter ned til kraftstasjonen. Bare ett av dem er i bruk i dag. Det siste røret kom i 1949. Rørgatens største helning er 49 grader. Langs rørgaten er det en trallebane.

Kraftstasjonen ligger like ved fjorden. Bygningen er oppført i betong og har en hoveddel og en sidefløy. Grunnplanet er L-formet. Bygningen er 103 meter lang og 14 meter bred. Sidefløyen har en lengde på 37,5 meter, og bredden er 13 meter. I første byggetrinn var det plass for fire aggregater. Stasjonens lengde var da 67 meter. Fra hver turbin er det en kort, granittbelagt kanal ut til fjorden. Under kraftstasjonen er det en kanal for avledning av overvann og vann fra et eventuelt rørbrudd.

Aggregatene har horisontal oppstilling og Pelton-turbiner. Alle turbinene er levert av tyske J.M. Voith. Hver turbin har to turbinhjul med én dyse på hvert hjul. Hydraulisk sett er alle turbinene like, men de tre siste har separate deksler for hvert hjul, mens det for hver av de tre første er et felles hjuldeksel. Skovlhulene har en ytre diameter på 3,4 meter. De tre eldste generatorene ble levert av svenske ASEA og var de største i verden i avgitt effekt. De tre siste ble levert av Brown Boveri Co., Baden, i 1948–49. Da var ikke lenger 24 MVA størst i verden og heller ikke i Norge. Hver generator veide 225 tonn og hver turbin hadde en vekt på 120 tonn. I kraftstasjonen ble det montert en traverskran med kapasitet på 100 tonn. Maskinene kom i flere deler og ble montert i kraftstasjonen. Det måtte bygges transportfasiliteter for både anleggs- og driftsperioden som trallebane, båttransport og taubane.

Arkitektur

Den opprinnelige kraftstasjonsbygningen fra 1920 ble tegnet av arkitekt Olaf Nordhagen. Han hadde tegnet Vemork kraftstasjon på Rjukan og også fullført domkirken i Trondheim. Bygningen i Glomfjord er enklere i detaljene, og den er fint tilpasset fjellveggen bak. Senere utvidelser ble oppført i samme stil. Det var først med tilbygget som bestod av verksted og kontorbygning på 1960-tallet at formspråket ble brutt.

Disse fasadene ble senere endret for å oppnå et helhetlig preg. Hele kraftstasjonsbygningen har nå taktekke av skifer slik det opprinnelig var. Det er også annen arkitektur i Glomfjord som forbindes med kraft- og industriutbyggingen, slik som boliger og Statkrafts eget informasjonslokale. Tidligere eiere har brukt store ressurser på bevaring av disse bygningene.

Begrunnelse

Glomfjord kraftverk representerer en utbygging som la grunnlaget for industriens framvekst de første tiårene på 1900-tallet. Kraftverket er også en historie om transport og anleggsarbeid under krevende forhold. En viktig forutsetning for et vellykket resultat var dristighet og kreativitet. Helheten ved anlegget er kanskje det som er mest bemerkelsesverdig. Maskinene som kom i drift omkring 1920, var verdens største i ytelse. Men også andre deler av utbyggingen var imponerende. Fallhøyden var stor og kan ha vært den største i Norge da planleggingen startet. Men innen kraftverket kom i drift, var det kraftverk med større fysisk fallhøyde andre steder i landet.

Kraftstasjonsbygningen er monumental og representerer kraftverkernes store betydning for industrialiseringen i Norge. Maskinsalen er lang og smal og typisk for tidens store kraftstasjoner. Tilløpstunnelen med mange tverrslag og steintipper fra inntaksmagasinet til fordelingsbassenget vitner om tidligere tiders teknologi. Rørgaten er lagt i et bratt og vanskelig terreng. Etter at en stor del av tilsiget i nedslagsfeltet er overført til nye Svartisen kraftverk er 3 av de 6 opprinnelige aggregatene tatt ut av drift og revet. Dette for å gi plass til blant annet et nytt minikraftverk som utnytter fallet fra Fykanvatn. Ett av de opprinnelige aggregatene er bygget om fra 25 Hz til 50 Hz. For øvrig ser alle de tre gjenværende og opprinnelige aggregatene ut som de gjorde ved idriftsettelsen 1920.

Kraftverkene Glomfjord og Svartisen viser planlegging, bygging og drift fra nesten hele forrige århundre. Glomfjordutbyggingen bidro på mange måter til beslutningen om etablering et forvaltningsorgan for saker innen vassdrags- og elektrisitetssområdet, Norges vassdrags- og elektrisitetssvesen i 1920, og til at staten tok del i kraftutbyggingen. Kraftverket var grunnlag for industri og viktig for lokalsamfunnet. Det ble bygd boliger, noen av dem er senere vurdert som bevaringsverdige. En del av de gamle transportfasilitetene står igjen som påminnelser om hvordan logistikken ble løst. Taubanen og de 1 127 berømte trappetrinnene i omtrent samme trasé er der fortsatt.

Litteratur:

Glomfjord kraftverk. Kortfattet beskrivelse. (1930). NVE, Oslo.

Lund, Diderich H. (1972): Fra Norges fjell til fjerne kyster. Aschehoug, Oslo.

Tekniske kulturminner i Statkraft SF (2002). NIKU/Statkraft Grøner, Oslo.

Thue, Lars (1994): Statens Kraft 1890–1947. Cappelen, Oslo.



Taubane ved Glomfjord kraftverk. Foto: Helena Nynäs 2010/NVE

Nomeland

Nomeland kraftverk i Otravassdraget i Aust-Agder fylke ligger i vakre omgivelser. Det er et typisk elvekraftverk fra 1920-årene, som ble viktig for Kristiansand bys elektrisitetsforsyning. Det har tre aggregater fra 1920 og 1922, og er seinere utvidet med ett nytt. Kraftverket har det opprinnelige opptrekket for damlukene og inntakslukene.

Historikk

I november 1900 fikk byen Kristiansand strøm fra det private Kringsjø kraftverk ved Otra. Otravassdraget er det største vassdraget i Agderfylkene med en lengde på omtrent 250 kilometer. Overføringslinjen til byen på 23 kilometer var da den lengste i landet. I 1914 overtok Kristiansand kommune både produksjon og fordeling av den elektriske kraften. Kommunen hadde også kjøpt rettigheter i flere vannfall for å dekke framtidens kraftbehov. Det kommunale Nomeland kraftverk ble satt i drift i 1920 med først ett aggregat, og deretter to til i 1922. Samlet ytelse var da 16 MW. I tillegg var det plass for ett aggregat til. Under byggingen foregikk all transport til stedet med jernbanen, det vil si Setesdalsbanen, som var ferdig i 1896. Et sidespor ble anlagt inn i kraftstasjonsbygningen. Kraftverksbyggingen ga grunnlag for et lite lokalsamfunn. Under andre verdenskrig ble kraftstasjonen utsatt for sabotasje og bombing. De tyske vaktene bodde på loftet. Hele kraftverksområdet var avstengt med piggtådgjerde og landminer plassert innenfor.

Flere elvekraftverk er bygd på strekningen fra Byglandsfjorden til Kristiansand. Nord for Byglandsfjorden er det bygd to store magasinkraftverk. I Nomeland kraftverk ble aggregat nr. 4 installert i 1994.

Eierskapet ble overtatt av Agder Energi fra 1. januar 2001.

Viktige momenter

typisk elvekraftverk for 1920-årene

dammen

arkitektur

beliggenhet i vakre omgivelser

tre aggregater fra ca. 1920

kontinuitet – tre gamle aggregater og ett nytt

opprinnelig opptrekk for damluker

eiers arbeid for bevaring





Nomeland kraftstasjon sett fra dammen. Foto: NVE

Teknisk utførelse

Kraftverket utnytter et fall på 20,5 meter. Kraftverkets hoveddeler er dam med flomavledning, inntak, vannveier og kraftstasjon med permanentutstyr. Dammen er en massivdam (gravitasjonsdam) i betong. Største høyde er 28 meter, lengden er 100 meter. I dammen er det et 30 meter langt overløp og to flomløp som hver har en valse Luke på 20 x 5 meter. Det er tappeluken i bunnen av dammen. Opptrekksmaskineriet for valselukene er langt på vei det samme som det opprinnelige. I 1963 ble dammens vannside plastbelagt. Det var første gang her i landet at en gammel dam ble tettet på denne måten. Resultatet var vellykket. Fra inntaksmagasinet er det en tunnel fram til fordelingsbassenget i dagen, der det er inntak med finvaregrinder og luker for fire maskiner. Maskineriet for manøvrering av lukene er plassert i eget lukehus og er i hovedsak originalt. Fra inntaket er det fire rør med en lengde på ti meter ned til kraftstasjonen.

Kraftstasjonsbygningen er oppført i betong og stein. Maskinsalen ligger parallelt med elva, mens transformatorer og apparatanlegg er plassert i en tilstøtende del på tvers av maskinsalens sørende. Kontrollrommet med opprinnelige instrumenter innenfor den ene kortveggen er bevart, og noen funksjoner kan fortsatt styres manuelt. I dag er kraftverket fjernstyrt.

De tre eldste aggregatene har horisontal oppstilling, mens det nyeste har vertikal oppstilling. De tre eldste turbinene er doble Francis-turbiner (spiral tromme med to løpehjul). Denne utførelsen var moderne i 1920. De to fra 1922 har litt større ytelse enn den eldste. Opprinnelig hadde alle tre samme ytelse, men den eldste ble ombygd. Den nyeste turbinen (1994) er også en Francis-turbin. Den første turbinen ble levert av Kværner Brug. De to fra 1922 er påført "Ausführung Vulkan Werken, Hamburg & Stettin". Den siste har en ytelse på 11 MW og er levert av Kværner. De tre eldste generatorene, hver på 7 MVA, er levert av NEBB, og den fjerde på 13 MVA kommer fra ABB (ASEA Brown Boveri).

Arkitektur

Kraftstasjonen er tegnet av arkitekt Thorvald Astrup og er oppført i borgstil. Nomeland kraftstasjon er en vakker og særpreget bygning, med en stilfull utforming både innvendig og utvendig. Maskinsalen er lys og luftig.

Begrunnelse

Kraftverket er typisk for den tids elvekraftverk med en konsentrert utbygging og kort vannvei. Det er en stor og ruvende kraftstasjonsbygning ved foten av en stor massivdam i betong med luker, overløp, isløp og tømmerløp. Tømmerløpet er det i dag bare rester igjen av. Kraftstasjonen ligger i flotte omgivelser. Den ble oppført i en tid da stoltheten ved å mestre vannkraftteknikken ble uttrykt i bygningenes stil og materialvalg. I 1992 ble det satt i gang rehabilitering og oppussing av kraftstasjonsbygningen. Den framstår som velholdt både utvendig og innvendig. Den utgjør sammen med brukonstruksjon, verksted og tidligere boliger et interessant kulturmiljø.

De opprinnelige, horisontale aggregatene har store fysiske dimensjoner fra 1920-tallet og sammen med et vertikalt aggregat fra 1990-tallet viser de både kontinuitet og kontraster. Installasjonen av det siste aggregatet har fått en vellykket løsning. Gammel instrumentering er intakt og kan brukes for noen funksjoner. Det er også tatt vare på annet eldre utstyr.



Nomeland kraftverk. Foto: Anders Martinsen/Agder Energi



Dammen ved Nomeland kraftverk. Foto: Helena Nynäs 2011/NVE

Litteratur:

Fortidsvern 4/1998 (1998). Fortidsminneforeningen, Oslo.

Oftedahl, Axel, mfl. (1950): Kristiansands Elektrisitetsverk gjennom 50 år. 1900–1950. Dreyer, Stavanger.

Sandvik, Pål Thonstad og Andresen, Espen (2000): Kristiansand Energiverk i elektrisitetens århundre, 1900–2000. Historisk Institutt, NTNU, Trondheim.

Skomedal, Sigmund (2000): I skiftende tider og inn i en ny tid. Otteraaens Brugseierforening gjennom 100 år. 1900–2000. Otteraaens Brugseierforening, Brokke (Valle).

Rånåsfoss

Rånåsfoss elvekraftverk ved Glomma stod ferdig i 1921. Den utnytter et fall på 12,7 meter. Dammen med flomlukene og kraftstasjonsbygningen er fine byggverk. Som helhet forteller Rånåsfoss vannkraftshistorie over et tidsspenn på hundre år.

Historikk

Utbyggingen av Rånåsfoss skulle dekke kraftbehovet i Akershus fylke. Før arbeidene startet våren 1918, måtte det skaffes lagerplass, verksted og husrom til flere hundre anleggsarbeidere. Mye var provisorisk og til bruk kun i anleggsperioden. Men noen bygninger ble stående, som bolighus, direktørbolig, funksjonærmesse, landhandel og skole. Det ble bygd en jernbanestasjon og et sidespor fram til byggeplassen. På det meste var det ansatt 1 200 mann på anlegget.

I desember 1921 leverte det første aggregatet kraft. Året etter kom ytterligere fem aggregater i drift. Utbyggingen var fullført. For mange andre av de store kraftverkene fra før 1945 var byggeperioden mye lengre, og nye aggregater kom etter hvert som kraftbehovet økte og økonomien tillot det.

I 1983 ble det utvidelse på Rånåsfoss. Ett nytt aggregat på 45 MW kom i drift, plassert i en ny kraftstasjon på andre siden av elva, kalt Rånåsfoss II. Større deler av vannføringen over en større del av året kunne da utnyttes, og driftstiden for de gamle aggregatene reduseres.

I 2010 startet arbeidet med Rånåsfoss III, der de seks aggregatene fra 1920-tallet vil bli skiftet ut. Dette krever en ny maskinsal som er bygd mellom lukehuset og den gamle kraftstasjonsbygningen.

Viktige momenter

særpreget utbygging omkring 1920

Francis-turbiner for lave fallhøyder

dam med luker

monumental arkitektur

Rånåsfoss II, med stor Kaplan-turbin

Rånåsfoss III under utvikling

flere generasjoner anleggsutforming

museum og Energiforum





Rånåsfoss III, med ny maskinsal i midtpartiet. Foto: Helena Nynäs 2011/NVE

Teknisk utførelse

Fra kraftstasjonen strekker inntaksbassenget (magasinet) seg 20–25 kilometer oppover vassdraget. Kraftverkets hoveddeler er dam, inntak, kraftstasjon og vannveier. Dammen ble bygd ved foten av fallet og er en massivdam (gravitasjonsdam) i betong. Største høyde er 18 meter, og kronelengden er 180 meter. Dammens luftside, pilarer og overløp er forblendet med granitt. Det er tre flomløp, hvorav ett med valse Luke og to med sektorluke. Valselukken har en bredde på 45 meter og en høyde på 6,5 meter og var visstnok verdens største i sitt slag da den ble produsert. Hver av sektorlukene har en lengde på 50 meter og en høyde på 3,75 meter og var i sin tid Europas største. Sektorlukene kan fylles med vann og balanseres ved at vannmengden varierer. Prosedyren ved flomavledning er at først åpnes den fjernstyrte valse Luke, og deretter settes sektorlukene, som åpnes lokalt, i funksjon.

Inntaket og kraftstasjonen er bygd i ett. Det er to inntaksluker for hver turbin, hver av dem med en bredde på fire meter og en høyde på elleve meter. Inntakslukene er motordrevne, men alle luker kan ved behov sveives. Lukehusets interiør og eksteriør er autentisk. Ved utvidelsen i 1983 ble det bygd et nytt tømmerløp med klappeluke og fisketrapp, men uten andre endringer i damkonstruksjonen.

Kraftstasjonen er bygd som en forlengelse av dammen og består av lukehus, maskinsal og instrumenteringshus. Bygningen har en lengde på ca hundre meter. Maskinsalen er 85,5 meter lang, ti meter bred og er tolv meter høy. Aggregatene har horisontal oppstilling. De seks generatorene er plassert i maskinsalen. Turbinene er doble Francis-turbiner plassert i egne turbinkummer mellom lukehuset og maskinsalen. Hvert aggregat kan yte 9 MW. De ble levert av tyske J.M. Voith og svenske Verkstaden i Kristinehamn. Fire av generatorene er levert av sveitsiske Brown Boveri og to av svenske ASEA. De seks opprinnelige aggregatene er nå under utskifting og nye turbiner av typen Kaplan skal installeres. De vil være installert i den nye maskinsalen innen år 2016. Hvert aggregat yter 12,8 MW, og leveres av tyske Voith Hydro.

Rånåsfoss II har en vertikal Kaplan-turbin, levert av svenske KaMeWa. Ytelsen er 45 MW. Turbinen var i fysiske mål Norges største da den ble levert. Løpehjulet har en diameter på 7,9 meter. Både generatoren på 53 MVA og transformatoren ble levert av National Industri.

Etter at de seks nye aggregater er installert i 2016 blir slukeevnen på Rånåsfoss som helhet 1150 m³/s (Rånåsfoss II med 400 m³/s og Rånåsfoss III med 750 m³/s).

Arkitektur

Kraftstasjonsbygningen (Rånåsfoss I) ble tegnet av arkitekt Thorvald Astrup. Stilen minner om kirkebygg og borganlegg i nyklassisismens enkle og stramme formspråk. Astrup var ikke den eneste arkitekten som var engasjert i utbyggingen. Arkitekt Otto V. Juel tegnet blant annet direktørboligen. Arkitektene tok del i utformingen av hele miljøet. Det er senere blitt bygd flere villaer like ved kraftverkets boligområde. Dette har ført til at noe av inntrykket av enhet og likhet er forsvunnet, men de opprinnelige byggverkene individualitet er der fortsatt.

Rånåsfoss II er tegnet av arkitekt Knut Nergaard. Kraftstasjonen er mindre, og er utført i mer nøktern stil for ikke å konkurrere med Rånåsfoss I. Den nye maskinsalen, Rånåsfoss III, er tegnet av LPO-Arkitekter. Her er det valgt en lett glasskonstruksjon, bygd mellom den gamle kraftstasjonen og lukehuset, for ikke å dominere den eldre bygningsmassen.

Begrunnelse

Ved Rånåsfoss, så som ved Vamma og Kykkelsrud, er det totalkonseptet mer enn turbintypene, som er verdt å merke seg med hensyn til teknologien. Det er senere installert moderne maskiner ved alle de tre kraftverkene, men de opprinnelige maskinene er fortsatt delvis operative, bl.a. i flomperioder. De nye maskinene har imidlertid overtatt hovedproduksjonen.

Dammen med flomlukene er et flott byggverk, både bygningsmessig og estetisk. Det samme gjelder kraftstasjonen. Maskinsalen er typisk for perioden, lang og smal, med maskinene på rekke og rad. Men i Rånåsfoss er turbinene plassert i eget rom, slik at det bare er generatorene vi ser i maskinsalen.

Rånåsfoss var et stort og viktig kraftverk da det ble bygd og satt i drift. Dette ble uttrykt også gjennom arkitekturen, både gjennom valg av stil og utsmykning. Resultatet er blitt til gjennom et tett samarbeid mellom ingeniør og arkitekt. Anleggs- og bygningsarbeidernes dyktighet og utholdenhet under vanskelige forhold må ikke glemmes. Rånåsfoss representerer alle disse aspektene. Rånåsfoss II og III tilhører den nyere tid. Samlet sett illustrerer de ulike teknologiske løsningene på Rånåsfoss drift av et elvekraftverk fra tre forskjellige perioder.

Eieren har lagt vekt på å bevare autenticiteten ved Rånåsfoss kraftverk, parallelt med en illustrasjon av forholdet mellom gammel og ny vannkraftteknologi. Den gamle maskinsalen vil bli holdt intakt, og er inkludert i visninger av anlegget som helhet. Siden 1987 har eieren drevet et informasjons- og dokumentasjonssenter kalt Energiforum der utstillinger og rundturer for skoleelever i Akershus tilbys.



Rånåsfoss I maskinsal. Foto: Helena Nynäs 2011/NVE

Litteratur:

Bergland, Gerd; Hoel, Kari og Ryvarden, Leif (1989): Rånåsfoss Kraftverk. Akershus Energiverk.

Bjørnsen, Bjørn (1997): En fortelling om fossen og samfunnet. Akershus Energi.

Fortidsvern 4/1998 (1998). Fortidsminneforeningen, Oslo.

Paus, Aug. (1925): Akershus Electricitetsverk og utbygningen av Rånåsfoss. Grøndahl & Søns Forlag, Oslo.

Hakavik

Hakavik kraftanlegg i Hakavikvassdraget i Buskerud fylke var i drift fra 1922. Det er et høytrykksanlegg. Produksjonen av strøm for jernbanedrift er noe av det som gjør anlegget spesielt. De fire opprinnelige hovedgeneratorene og hovedturbinene er godt ivaretatt. Sammen med boligene rundt kraftverket og damvokterboligen utgjør anlegget en helhetlig utbygging og driftsenhet.

Viktige momenter

strøm for jernbanedrift – egen frekvens

visjonene om flere tilsvarende anlegg

arkitektur, majestetisk kraftstasjonsbygning

representativ bygg-, maskin- og elektroteknikk

opprinnelige aggregater og transformatorer

eget, lite lokalsamfunn


stort "småkraftverk"

inngår i Landsverneplan Statkraft

Historikk

I 1912 vedtok Stortinget å elektrifisere jernbanen Kristiania–Drammen. Da måtte det også avgjøres hvilket elektrisk system som skulle velges, og det ble foretatt studiereiser til en rekke land, utført beregninger, skrevet rapporter og innstillinger. Beslutningen for den første strekningen var viktig. Den ville bli bestemmende for resten av elektrifiseringen. Det måtte også avgjøres om det skulle bygges egne kraftverk for jernbanen, eller om det skulle overføres kraft fra statlige kraftverk eller private produsenter.

Stortingets vedtak tyve år seinere inneholdt beslutning om at det skulle brukes énfasestrøm med periodetall 16 $\frac{2}{3}$ for jernbanedriften. Hakavik var egnet både på grunn av gode reguleringsmulighetene og den sentrale beliggenheten i forhold til flere jernbanestrekninger på Østlandet. Da beslutningen om elektrisk system var tatt, var imidlertid foregangslandene allerede i gang med utvikling av nye systemer. Det kan i ettertid fastslås at énfasestrøm og lavt periodetall ikke er det mest utbredte systemet internasjonalt. I dag blir de fleste nye baner bygd med énfase og industristandard for frekvensen, som er 50 og 60 Hz. Hakavikvassdraget var tidlig aktuelt for bygging av et kraftverk for strømforsyning til jernbane. Vassdraget ble innkjøpt av staten i 1914. To år seinere startet utbyggingen.



Fylke: Buskerud
Kommune: Øvre Eiker
I drift: 1922
Installasjon: 7 MW
14 MW tidligere
Fallhøyde: 389 meter
Nåværende eier: Statkraft Energi AS
Antall aggregater: 2 i drift, 2 tatt ut av drift
Kraftstasjon: I dagen
Magasin: Ja



De tre første aggregatene kom i drift i mai 1922, det fjerde i mars 1936. Installasjonen var 14 MW fordelt på fire aggregater. Dette var en svært stor installasjon i forhold til årsproduksjonen og skyldtes at jernbanen måtte ha tilgang på en stor, momentan effekt. I 1966 ble det etablert samkjøring mellom Hakavik og det øvrige samkjøringsnett. Driften av kraftverket ble da enklere. Det bygges ikke lenger kraftverk for strøm direkte til jernbanedrift i Norge, og det har heller ikke blitt bygd mange av dem. Nå er det enklere og billigere å omforme trefase vekselstrøm med 50 Hz til drift av jernbane.

Hakavik kraftverk inngår for tiden i Statkraft Energi AS sitt arbeid med Landsverneplan Statkraft.



Hakavik kraftverk. Foto: Ukjent/Norsk Jernbanemuseum, Jernbaneverket

Teknisk utførelse

Hakavik kraftverk nytter et fall på 389 meter. Kraftverkets hoveddeler er vannoverføringer, magasiner, dammer, tunneler, rørgate og kraftstasjon med permanentutstyr. Reguleringene er utført ved oppdemning av Hajeren, Øksnevatnet og noen vatn til. Den største dammen er en tørrmurt dam med betongtetning på vannsiden. Største høyde er sju meter, og kronelengden er litt over 50 meter. Magasinvolument er 9,3 mill. m³. Oppdemningen omfatter også andre vatn, slik at det er blitt et sammenhengende magasin.

Dammen er en massivdam i betong (gravitasjonsdam) med største høyde 29 meter og lengde 80 meter og med fritt overløp. Inntaket er lagt i direkte tilknytning til dammen og har todelt grovaregrind, glideluke og finvaregrind. Fra inntaket er det en tunnel til fordelingskammeret. Fordelingskammeret er utsprengt i fjell og føret med betong i bunnen og på sidene. Fra fordelingskammeret er det to rør med en lengde på litt over 1 100 meter. De første 30 meterne er lagt i tunnel, og deretter er det stort sett fjellgrunn ned til kraftstasjonen. Rørene er smisveiste.

Kraftstasjonsbygningen ligger 19 meter over havet og har mange etasjer. Maskinsalen har en lengde på 20 meter og en bredde på 13,5 meter. Den store bygningen skyldes at den også rommet koblingsanlegget. De tre eldste aggregatene er fra 1922, det fjerde fra 1936. Turbinene er av typen

Pelton, hver med én stråle og ett løpehjul. Regulatorerne for de tre eldste turbinene ble skiftet ut i 1934. Tidligere var også et aggregat på 200 hk i drift for levering av 50 Hz for kraftverkets eget behov. Nå er dette nødaggregat. De tre første hovedturbinene samt den lille turbinen ble levert av Myrens Verksted. Den siste hovedturbinen ble levert av Kværner Brug.

Kraftverket produserer fortsatt énfasestrøm med periodetall 16 $\frac{2}{3}$ for overføring til jernbanen. Det var én transformator for hver generator. Generatorene ble levert av NEBB. Transformatorene fra 1922 ble levert av Per Kure. De er fortsatt i bruk. De to aggregatene som er i drift, er koblet til moderne utstyr. De to andre aggregatene står på opprinnelig plass. De kan settes i drift, men ikke uten en ombygging og kobling til moderne utstyr.

Arkitektur

Kraftstasjonsbygningen er tegnet av arkitekten Sigmund Brønne. Byggematerialet er betong. Det er utføring med teglstein i 1. etasje og med sementstein i de øvrige etasjene. Bygningen er stor og pompøs. Det var flere tekniske forhold som gjorde at bygningen måtte bli stor. Opprinnelig rommet bygningen også koblingsanlegget da man på den tid ikke våget å ha dette utendørs.

Begrunnelse

Hakavik er et høytrykksanlegg i det sentrale Østlandsområdet, og dette er i seg selv bemerkelsesverdig. Som vannkraftverk er Hakavik tidstypisk og viser et trinn i en systemteknisk utvikling. Det er betongdam, inntak, tilløpstunnel, fordelingskammer og rørgate ned til kraftstasjonen i dagen. Sammen med boligene ved kraftverket og damvokterbolig utgjorde disse anleggsdelene en helhetlig utbygging og driftsenhet. Kraftverkets bakgrunn og historie er spesiell. Det skulle produsere elektrisitet til jernbanen og dette er énfasestrøm. Dette synes ikke, men det påstås



Hakavik kraftstasjon. Foto: Margrethe Moe 2003/NVE

at det kan høres at det er énfasestrøm som produseres. Maskinene har et høyere støynivå enn maskiner som produserer trefase. Alle de fire opprinnelige hovedgeneratorene og hovedturbinene er godt vedlikeholdt, og de er alle nær opp til originalversjonene. Hakavik ble det største ordinære jernbanekraftverket som staten bygde ut. Kraftstasjonsbygningen er betegnet som både stor, pompøs og majestetisk. Bygningen er et velkjent symbol. Med den installasjonen som er i bruk i dag, kommer Hakavik kraftverk inn under kategorien små kraftverk.

Det ble også etablert et lite samfunn ved kraftverket. Kraftverket er dermed en viktig dokumentasjon av både den teknologiske og den samfunnsmessige utviklingen som har skjedd. Mange regner anlegget som en perle blant Statkrafts anlegg. Det tenkes da både på anlegget, boligene og samfunnet, og historikken om kraftverkets tilblivelse og drift.



Maskinsal Hakavik. Foto: Margrethe Moe 2003/NVE

Litteratur:

Tekniske kulturminner i Statkraft SF (2002). NIKU/Statkraft Grøner, Oslo.

Thue, Lars (1994): Statens Kraft 1890–1947. Cappelen, Oslo.

Solbergfoss

Elvekraftverket Solbergfoss ved Glomma var i drift fra 1924. Utbyggingen var finansiert av kommune og stat. Francis-turbinene for lav fallhøyde var utviklet i samarbeid mellom Norges Tekniske Høyskole og den norske turbinindustrien. De opprinnelige turbinene og generatorene er fortsatt i drift. På samme sted finnes også et kraftverk fra 1980-tallet.

Viktige momenter

særpreget utbygging på 1920-tallet

kommunal og statlig fellesutbygging

norske Francis-turbiner for lav fallhøyde

samarbeidet mellom NTH og turbinindustrien

turbinene og generatorene fortsatt i drift

dammen og lukene

monumental arkitektur

Solbergfoss II med stor Kaplan-turbin

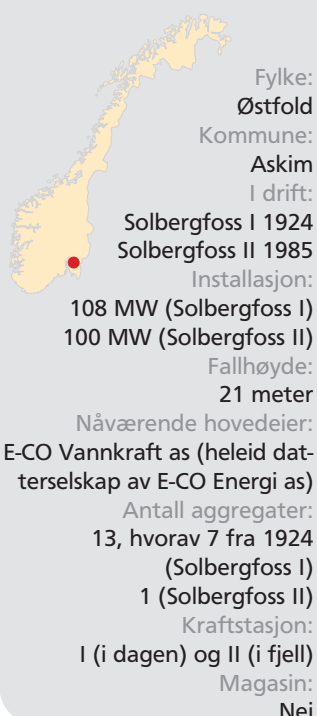
gammelt og nytt anlegg

Historikk

Solbergfoss kraftverk utnytter fem fall på strekningen fra Mørkfoss til Solbergfoss i Glomma. Kraftverket stod ferdig i 1924 med syv av 13 planlagte aggregater, og var etter datidens målestokk et gigantprosjekt. Kraftverket var således planlagt for en produksjon på 108 MW. Frem mot 1959 kom de siste fem aggregatene på plass. Arbeidet med kraftanlegget bød på anleggstekniske og maskinelle utfordringer. For frakt av tunggods til anlegget ble det bygd et jernbanespor.

Innsjøen Øyeren og elva Glomma har gjennom tidene opplevd mange store flommer. Etter store skadeflommer i 1966 og 1967 ble omløpstunnelene fra byggeperioden på 1920-tallet tatt i bruk igjen. Det ble satt inn luker, slik at tunnelene kunne bli en del av flomavledningen. Under storflommen i 1995 viste det seg at den tekniske løsningen for dette lukearrangementet ikke var godt nok. Tunnelene ble støpt igjen og erstattet med en flomluke i massivdammen. Denne luken ble satt i drift i 1999.

I 1985 ble Solbergfoss II satt i drift, med ett aggregat på 100 MW. Solbergfoss II er plassert i fjell på østsiden av den gamle kraftstasjonen. De to kraftverkene har samme inntaksmagasin og samme fallhøyde. I dag er Solbergfoss I hovedsakelig et flomkraftverk.



Det blir brukt når vannføringen er større enn kapasiteten til Solbergfoss II. De to kraftverkene eies av E-CO Vannkraft as (datterselskap i E-CO Energi as) med to tredjedeler og Statkraft Energi AS med en tredjedel. Begge kraftverkene fjernstyres.



Solbergfoss kraftstasjon.. Foto: Helena Nynäs 2010/NVE

Teknisk utførelse

Strekningen fra Mørkfoss til Solbergfoss gir en fallhøyde på 21 meter. Med alle aggregatene i drift er det en slukeevne på 680 m³/s i Solbergfoss I. Solbergfoss II har en slukeevne på 550 m³/s.

Kraftverkets hoveddeler er dam, inntak, vannveier og kraftstasjon. Dammen er en massiv betongdam (gravitasjonsdam) bygd i årene 1918–23. Den har granittforblending på vannsidenes øverste sju meter. Største høyde er 45 meter, og dammens lengde eksklusive flomløpsdelen er 60 meter. Det er anordnet tre flomløp mellom massivdammen og inntaket til kraftstasjonen. For å bygge dammen måtte elveløpet tørrlegges. Dette ble gjort ved hjelp av to tunneler som førte vannet forbi selve fossen. For inntaket ble det sprengt ut et stort kanalbasseng. Fra inntaket ledes vannet gjennom tilløpsrør og turbinspiraler fram til turbinene. Rør og spiraler er utført i armert betong. Den gamle kraftstasjonen er plassert i dagen på langs av elven. En utvidelse kom i 1959. Bygningen har totalt sju etasjer.

Under første verdenskrig var det vanskelig å få tak i utenlandske turbiner. Det nyopprettede vannkraftlaboratoriet ved NTH testet og utviklet turbinmodeller fra de norske produsentene Kværner Brug og Myrens Verksted. Samarbeidet mellom utbygger, leverandør og forskningsinstitusjon ga gode resultater. Alle de 13 aggregatene er fortsatt i drift, mer eller mindre som da de ble installert i perioden 1924–59. Det største aggregatet på 12 MW har utenlandsk leverandør av turbinen (Neyrpic). De øvrige turbinene er på 8 MW og levert av Myrens Verksted og Kværner. To av generatorene er norske (NEBB, 1931 og 1939).

De øvrige er levert av utenlandske produsenter, Oerlikon og Siemens. De ni eldste generatorene er luftavkjølte, mens de fire siste er vannavkjølte. Kraftstasjonen ble modernisert med nye turbinregulatorer og nytt kontrollanlegg i 1999. Den er nå fjernstyrt.

Kraftanlegget fra 1985 fikk Norges største Kaplan-turbin, i fysiske mål. Løpehjulet har en diameter på 8,3 meter og fire vribare blad. Vekten er 170 tonn. Generatorens rotor har en diameter på 10,5 meter. Aggregatet har vertikal oppstilling.



Maskinsal i Solbergfoss kraftstasjon. Foto: Helena Nynäs 2010/NVE

Arkitektur

Den opprinnelige bygningen fra 1920-årene ble tegnet av Bredo Greve. Utvidelsen i 1959 ble tegnet av Geir Grung. Større vinduer og innvendige piler for å ta opp belastningen representerer et arkitektonisk brudd med den opprinnelige bygningen. Bygningen må karakteriseres som monumental. Solbergfoss avspeiler også en ny økonomisk virkelighet, det vil si endringer i den økonomiske situasjonen etter første verdenskrig. Det ble ikke brukt naturstein, og borte var mesteparten av de mer romantiske innslagene i arkitekturen. Det er enkelte markeringer med bruk av huggen granitt ved vinduer, porter og luftspjeld. Den utvendige betongoverflaten er ubehandlet, og strukturen etter forskalingsbordene er fortsatt synlige.

Begrunnelse

Utviklingen av vertikalakslede, enhjulede Francis-turbiner var grunnleggende for oppbyggingen av norsk kompetanse på Francis-turbiner for lave fall. Samarbeidet mellom vannkraftlaboratoriet på NTH (nå NTNU) og norske turbinleverandører har fortsatt og har utvilsomt vært viktig for norsk turbinkompetanse og landets internasjonale anseelse på dette området. Det spesielle med turbinene til Solbergfoss er bruken av betongtrommer og en moderne måte å angripe konstruksjonen av løpehjulet på. Dammen med flomavledningsarrangement og kraftstasjonen er mektige byggverk fra en tidlig epoke innen norsk kraftutbygging.

Bygget var en anleggs- og bygningsteknisk utfordring og regnes som ingeniørkunst. Maskinhallen er typisk for de store kraftstasjonene fra den tiden, med mange aggregater. Brettet må nevnes, hvorfra overvåkingen av maskinene fant sted – en etasje opp fra maskinsalen.

Det omtrent 60 år yngre Solbergfoss II har én Kaplan-turbin, som er en senere tids turbintype for lave fall og store vannmengder. Denne Kaplan-turbinen har like stor ytelse som de tretten eldre Francis-turbinene til sammen, og er levert av svenske KaMeWa. Med den gamle kraftstasjonen i dagen og den nye i fjell vises utbygginger fra to epoker.

Utbyggingen førte til at et stort område langs Glomma ble satt under vann. I dag er dette imidlertid et naturskjønt landskap. Etter den siste utbyggingen ble anlegget tildelt en pris for god miljøpleie. Samtidig med installasjonen av den nye luken i dammen i 1999 ble området på vestsiden av elva tilrettelagt for publikum.

Litteratur:

Tekniske kulturminner i Statkraft SF (2002). NIKU/Statkraft Grøner, Oslo.

Thue, Lars (1994): Statens Kraft 1890–1947. Cappelen, Oslo.

Nore I

Nore kraftanlegg i Numedalslågen var i drift fra 1928. Kraftanlegget var en statlig utbygging, som i noen år også var Norges største anlegg. Turbiner og generatorer er fortsatt i drift. Dammene har en sentral plass i norsk damhistorie.

Viktige momenter

tidlig statlig engasjement

lang og omskiftende utbyggingsperiode

stort kraftverk for sin tid

monumental arkitektur

turbiner og generatorer med store ytelser – fortsatt i drift

rørgaten

Tunhovddammen – damhistorie

Pålsbudammen – stor platedam i betong

Nore II – fra tidlig etterkrigstid – kontrast til Nore I

inngår i Landsverneplan Statkraft


Historikk

Norefallene er på til sammen 350 meter. Nedbørfeltet utgjør den nordøstlige delen av Hardangervidda. Numedalslågen renner forbi Kongsberg og til havet ved Larvik. Staten kjøpte fallene i 1907, og de neste årene ble det utarbeidet planer for bygging av kraftverk. Reguleringsmagasiner var viktig. 1 1915 vedtok Stortinget en regulering av Tunhovdfjorden på 18 meter. Dambyggingen startet kort tid etter.

Tunhovddammen var ferdig i 1920, og var en gravitasjonsdam i betong. Betongteknologien var fortsatt på et relativt tidlig utviklingsstadium. På 1960-tallet ble det konstatert skader i betongen. Den gamle dammen var innbygd i den nye fyllingsdammen som stod ferdig i 1966.

Vedtaket om bygging av kraftverk ble fattet i august 1918, og arbeidene startet i 1920. De fire første aggregatene med en samlet ytelse på 100 MW ble satt i drift i 1928. De to første turbinene ble levert av tyske J.M. Voith, de to neste turbinene av Kværner. Generatorene ble levert av det tyske firmaet AEG.

På begynnelsen av 1920-tallet var 1 300 personer, de fleste innflyttere, knyttet til utbyggingen. Det måtte bygges provisoriske kraftverk, og Rødberg ble et tettsted med boliger, veier, sykehus, butikker, forsamlingslokaler og skoler. I 1927 ble jernbanen ferdig med spor helt inn i kraftstasjonshallen.



Fylke: Buskerud
Kommune: Nore og Uvdal
I drift: 1928
Installasjon: 200 MW
Fallhøyde: 363 meter
Nåværende eier: Statkraft Energi AS
Kraftstasjon: I dagen
Magasin: Ja
Antall aggregater: 8, hvorav 4 fra 1928



Det er nødvendig med kraft for å bygge et kraftverk, og for Nore-utbyggingen ble det bygd et lite kraftverk like nedenfor Tunhovddammen. Ytelsen var omtrent 1 000 kW. Litt av kraften kom bygda til gode. Det aller første kraftverket i Norefallene var imidlertid enda mindre, og ga kraft til byggingen av dammen. Begge kraftstasjonene ble nedlagt og demontert etter at Nore I ble satt i drift. Turbinene, generatorene og annet teknisk utstyr kunne imidlertid gjøre nytte for seg i andre anlegg. Utbyggingen la beslag på statens midler i den vanskelige økonomiske perioden på 1920- og 1930-tallet. På slutten av 1930-tallet og under den andre verdenskrig var det igjen en økning i kraftbehovet. Utbyggingen av Nore kunne dermed fortsette med nye aggregater i 1939, 1942, 1943 og 1955. Installasjonen ble på 200 MW.



Kraftanlegget Nore I kom i drift i 1928. Foto: Ivar Aasen – Buskerud fylkesarkiv.

På Nore ble det ny vannvei i fjell, ferdig i 1997. De opprinnelige rørene ligger imidlertid fortsatt nedover fjellsiden, men nå ledes det ikke vann gjennom dem.

Det er etter hvert mange kraftverk langs Numedalslågen. Nore II ble satt i drift i 1946 med en installasjon på 52 MW. Både Nore I og Nore II fjernstyres.

Nore I inngår for tiden i Statkraft Energi AS sitt arbeid med Landsverneplan Statkraft.

Teknisk utførelse

Nore I og Nore II er de to øverste kraftverkene langs Numedalslågen. Kraftverkene har god magasinkapasitet, med magasiner i Halnefjorden på Hardangervidda, Pålbufjorden og Tunhovdfjorden. Foruten magasinene består Nore I av dammer, inntak, vannveier, kraftstasjon og friluftsanlegg. Trykksjakt og trykktunnel erstattet rørene i dagen.

Ved Halnefjorden er det en massiv betongdam med største høyde seks meter. Dammen var ferdig i 1953. Pålbufjorden kunne reguleres fra 1927 ved en senkningstunnel. Pålbudammen stod ferdig i 1946, og er en av landets største platedammer i betong. Største høyde er 20 meter, og lengden er bortimot 650 meter. Største høyde på den nevnte fyllingsdammen fra 1966 er 37 meter, kronelengden 320 meter, og bredden på toppen er sju meter. Det er vei over damkronen. Fra magasinet i Tunhovdfjorden ble det sprengt en tunnel fram til lukearrangement, fordelingskammer, ventilkammer og inntakene for de åtte turbinrørene. Tunnelen ble drevet fra tre tverrslag. Drivingen med en gjennomsnittlig inndrift på en meter per døgn vakte stor oppmerksomhet i samtiden. Rørene har en lengde på 980 meter og en diameter fra halvannen til bortimot to meter.

De åtte aggregatene har horisontal oppstilling og en ytelse på 25 MW hver. Det ble valgt Pelton-turbiner med to løpehjul og to dyser for hvert hjul. Med unntak av de to første, er turbinene levert av Kværner, en av dem i samarbeid med Myrens Verksted. De fire første generatorene ble levert av tyske AEG, de fire øvrige av NEBB. Turbiner og generatorer er oppgradert og omviklet. Aggregatene er fysisk store konstruksjoner. Med horisontal oppstilling medførte dette en lang og smal maskinhall. Lengden er 180 meter og bredden snaut 16 meter. Bygningens totale lengde er 220 meter. Fra turbinene er det et kort utløp til Rødbergdammen (Uvdalselva). Det kunstige magasinet er etablert ved at det er bygd en hvelvdam i betong i elveløpet og med gravitasjonsdammer på hver side. Dammen var ferdig i 1944.

Kraftstasjonen for Nore II er oppført i betong. I kraftstasjonen er det to vertikale aggregater med Francis-turbiner.

Arkitektur

Kraftstasjonen er tegnet av arkitektene Lorentz Harbo Ree og Carl Buch. Den gjennomførte arkitektoniske utformingen viser den betydningen som datidens kraftanlegg ble tillagt. Stilen er nyklassisisme, som kan sies å være typisk for 1920-årenes arkitektur.

Begrunnelse

Nore I representerer slutten på en tidlig epoke i kraftutbyggingen i Norge. Samtidig markerer kraftverket begynnelsen på et betydelig statlig engasjement i kraftforsyningen. Kraftverket var i noen år Norges største. Kraftstasjonsbygningen betegnes ofte som monumental. Arkitektenes forslag symboliserte en historisk linje fra gammel til ny vannkraftteknologi. Kraftstasjonen utgjør en helhet sammen med et gammelt mekanisk verksted, messa og "Byggelederboligen". Både kraftstasjonsbygningen og verkstedet har beholdt sitt opprinnelige preg. Kontrollrommet er ikke lenger operativt, men tatt vare på.

Messebygningen ble pusset opp på 1990-tallet. Boliger, messebygning og infrastruktur er i ferd med å bli solgt. Teknisk er det verdt å merke seg turbinene, generatorene, tunneldrivingen, rørgaten og dammene. Både Pålbudammen og den innbygde gravitasjonsdammen har en sentral plass i landets damhistorie. Spesielt ble sistnevnte viden kjent.

Både den nye Tunhovddammen og ny vannvei i fjell viser en utvikling og kontinuitet innen kraftverksteknologien. Her har det vært slitasje og krav til sikkerhet som har foranlediget det nye. Dette er forhold som må vurderes kontinuerlig, og mange ganger fører det til nødvendige endringer.



Interiør Nore kraftstasjon. Foto: Margrethe Moe 2004/NVE

Litteratur:

Brochmann, Georg (1926): Store norske ingeniørarbeider. Gyldendal, Oslo.

Kristensen, Ingvar (1932): Nore kraftanlegg. NVE, Oslo.

Skogen, Leif Bjarne (2003): Hvite kull. Glimt fra Noreverkens historie. 75 år. Statkraft SF, Noreverkene, Rødberg.

Tekniske kulturminner i Statkraft SF (2002). NIKU/Statkraft Grøner, Oslo.

Thue, Lars (1994): Statens Kraft 1890-1947. Cappelen, Oslo

Sauda III

Sauda III ved Storelvvassdraget i Rogaland fylke stod ferdig i 1930. Kraftstasjonen er oppført i art deco-stil. Hvelvdam, rørgaten med rørbuene og de opprinnelige turbinene er viktige momenter i bevaring av denne kraftstasjonen.

Historikk

Aktieselskabet Saudefaldene ble stiftet i 1913 med formål å bygge og drive kraftverk i Sauda. Storelvvassdraget kunne bygges ut for produksjon av store kraftmengder. Direktøren i Saudefaldene henvendte seg til Union Carbide Corporation i New York, og en foreløpig kontrakt om kraftleveranser ble inngått i 1914. De norske konsesjonslovene fra 1906 og fremover skulle hindre utenlandsk dominans over norske vannkraftressurser. I juni 1914 vedtok Stortinget å gi Saudefaldene konsesjon for 65 år. A/S Saudefaldene var et rent norsk selskap finansiert med norsk kapital, og det var derfor vanskelig å avslå konsesjonssøknaden. Avgjørelsen skapte presedens for andre søknader om konsesjon for kraftutbygging på Vestlandet. I desember 1914 ble det inngått en kraftavtale med datterselskapet til Union Carbide, Electric Furnace Products Company Ltd., som skulle bygge og drive elektrokjemiske og metallurgiske fabrikker i Sauda. I den første fasen av norsk industriutbygging etter 1905 hadde det viktigste grunnlaget vært norsk vannkraft og europeisk kapital. I 1909 var 85 prosent av aksjekapitalen i norsk kjemisk industri på europeiske hender. Utbyggingen i Sauda brøt dermed dette mønsteret ved at det ble investert amerikansk kapital.

Sauda III er ett av fire kraftverk i hovedutbyggingen i Sauda og ble satt i drift med to aggregater i 1930. Sauda I kom som det første kraftverket i drift i 1919, fulgt av Sauda II i 1922. Sauda IV kom i drift i 1967.

Viktige momenter

norsk kraft- og industriutbygging

del av en større kraftutbygging

spesiell løsning for rørgate


arkitektur – kraftstasjon i art deco-stil

opprinnelige turbiner

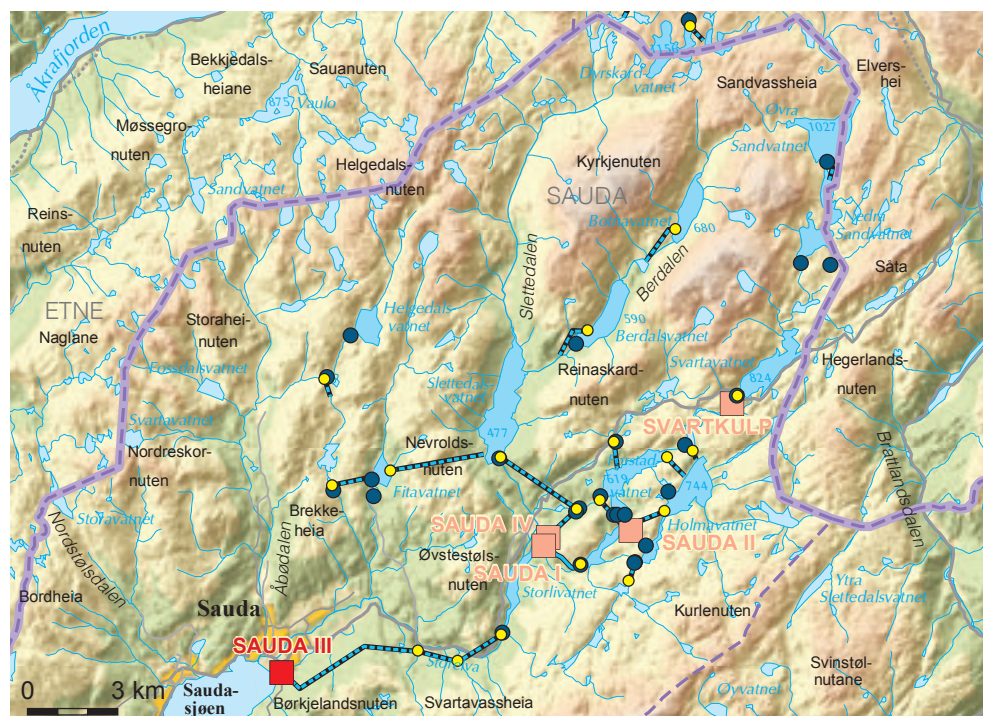
hvelvdammen ved Storlivatn

omfattende arkiv ivarettatt

inngår i Landsverneplan Statkraft



Fylke: Rogaland
Kommune: Sauda
I drift: 1930
Installasjon: 66,5 MW
Fallhøyde: 249 meter
Nåværende eier: Statkraft SF
Drift: Aktieselskabet Saudefaldene
Antall aggregater: 3
Kraftstasjoner: I dagen
Magasin: Ja





Sauda III fotografert på tidlig 1930-tallet. Foto: Ingeniør Chr F Grønners Stiftelse

De tre første anleggene utnytter til sammen et fall på 750 meter. De tre har kraftstasjon i dagen, mens Sauda IV har kraftstasjon i fjell. Sauda III er det nederste av kraftverkene, med kraftstasjon like ved smelteverket. Smelteverkets kraftbehov bestemte i stor grad utbyggingstakten i Sauda. Saudefaldene har etter hvert bygd opp et stort og komplisert vannkraftsystem med magasiner, dammer, tunneler, rørgate, kraftstasjoner og overføringslinjer. I 2001 stod et småkraftverk som utnyttet fallet på 50 meter i tappetunnelen mellom reguleringsmagasinet i Svartavatnet og Svartkulp ferdig.

NVE ga pålegg om utfasing av smisveiste rør for de tre kraftverkene Sauda I, II og III. Med dagens samkjøringssystem var det ikke lenger bare industriens behov som bestemte utbyggingens omfang. Stortinget vedtok i 2003 å gi konsesjon for en opprusting og utvidelse av anleggene. Dette gir en årlig midlere produksjonsøkning på bortimot 500 GWh, en økning på nær 40 prosent. Sønnå kraftstasjon er plassert i fjell nær dagens Sauda III. Sauda I og Sauda III er faset ut.

For smelteverket har det vært endringer både når det gjelder eiere og produksjon. Smelteverket produserer nå mangan.

Sauda III inngår for tiden i Statkraft Energi AS sitt arbeid med Landsverneplan Statkraft.

Teknisk utførelse

Sauda III utnytter en fallhøyde på 249 meter. Slukeevnen er 37 m³/s. Kraftverkets hoveddeler er magasin, dam med flomavledning, inntak, vannveier og kraftstasjon med permanentutstyr. Magasinet er etablert ved oppdemming. Sauda III ligger langt ned i vassdraget, og mesteparten av vannet i vassdraget går derfor gjennom kraftverket. Det er flere og større magasiner til kraftverkene som ligger ovenfor Sauda III.

Dammen er en hvelvdam i betong med største høyde 30 meter og en lengde på 70 meter. Største høyde på hvelvet er 17,5 meter. Hvelvet er fundamentert på en tykk betongplate. Dette ble gjort på grunn av fundamenteringsproblemer, da det ikke er fast fjell i bunnen. Dammen var ferdig i 1930. Fra inntaket i Storlivatnet er det en 7,3 kilometer lang driftstunnel til fordelingsbassenget, ventilkammeret og rørintaket ovenfor kraftstasjonen. Fra fordelingsbassenget er det to rør i dagen ned til kraftstasjonen. Rørene er klinket de øverste 320 meterne. Den nedre delen er smisveiset. Rørene krysser et lite dalsøkk som to selvberende rørbuer med en spennvidde på vel 65 meter. Ved kraftstasjonen fordeler rørene seg til de tre turbinene.

Kraftstasjonen i seks etasjer er bygd i betong og har en lysegrønn fasade. Bygningen er 38,5 meter lang, 20 meter bred og 17 meter høy. Kraftstasjonen har tre vertikale aggregater. De tre Francis-turbinene har hver en maksimal ytelse på 24 MW. Alle turbinene er levert av sveitsiske Escher Wyss. Turbinene ble modernisert på 1980-tallet. De opprinnelige generatorene var levert av NEBB og produserte strøm med 25 Hz for overføring direkte til smelteverket. To av generatorene ble erstattet i 1967 og en i 1972. De tre nye er hver på 30 MVA, med luftavkjøling, og produserer 50 Hz. I dag blir kraften levert med en generatorspenning på 12 kV samleskinner og blir transformert opp til 66 kV.

Arkitektur

Kraftstasjonen er tegnet av arkitektene Bjercke og Eliassen. Bygningen er i art deco-stil, som kan sies å være en særpreget stil. Den har elementer fra nyklassisismen, og den fikk senere også trekk fra funksjonalismen. Stilarten er generelt lite brukt i Norge og enda mindre innen industriarkitektur. Både utvendig og innvendig er den en fin og egenartet kraftstasjonsbygning. Hovedfasaden har en spesiell vindusløsning.

Begrunnelse

Vannkraften og smelteverket var grunnlaget for det moderne Saudasamfunnet. Sauda III representerer sammen med den øvrige utbyggingen i Sauda en del typiske og viktige trekk ved norsk kraft- og industriutbygging. Sauda III anses som det mest karakteristiske av kraftverkene og kan derfor være en representant for utbyggingen. Kraftverket ses på som en helhet, med kraftstasjon, rørgate og dam, med noen særegne og spesielle løsninger. Dammen regnes som et pionerarbeid innen norsk dambygging. Den ble planlagt av ingeniør og dameksperten Christian Fredrik Grøner. Hans firma har senere hatt mange oppdrag for Saundefaldene. En del av rørgaten går i en bue over et dalsøkk, og planleggingen og utførelsen er et eksempel på dristig og godt utført ingeniørkunst. Rørene ble montert uten stillas etter at begge forankringsklossene var støpt og et passende stykke av røret var montert på motsatt side av hver kloss. Med en helhetlig gjennomført bygningstil i art deco, er Sauda III en atypisk kraftstasjon.

Det er satt i gang et opprustings- og utvidelsesprosjekt for å utnytte vannressursene i området bedre. Sauda III er dermed faset ut. Den gamle og nye utbyggingen kan stå som eksempel på slik effektivisering. Saundefaldene har opparbeidet et rikholdig og systematisk arkiv som dokumenterer både kraftverkene og industriens historie i Sauda.



Interiør Suda III kraftstasjon. Foto: Helena Nynäs 2008/NVE

Litteratur:

Fløgstad, Kjartan (1990): Arbeidets lys. Tungindustrien i Suda gjennom 75 år. Det Norske Samlaget, Oslo.

Skjerka

Det er to kraftstasjoner ved Skjerka i Mandalsvassdraget. Den første fra 1932 ble bygd i dagen, den siste fra 1997 er plassert i fjell. Dermed vises kontinuitet i kraftutbyggingen. Kraften gikk til alminnelig forsyning. De opprinnelige aggregatene er beholdt, samtidig som det er to turbintyper i samme kraftstasjon. Ettspenns hvelvdam og flerbuedammer er spesielle trekk ved utbyggingen.

Viktige momenter

kjent kraftutbygging fra mellomkrigstiden

opprinnelige aggregater

to turbintyper i samme kraftstasjon

Francis-turbin for høyt trykk

dammene ved Skjerkavatnet og Nåvatnet

ny, moderne utbygging

kontinuitet – gammel og ny kraftstasjon

arkitektur – kraftstasjon i dagen

arkitektur – fjellhall og portalbygg

Historikk

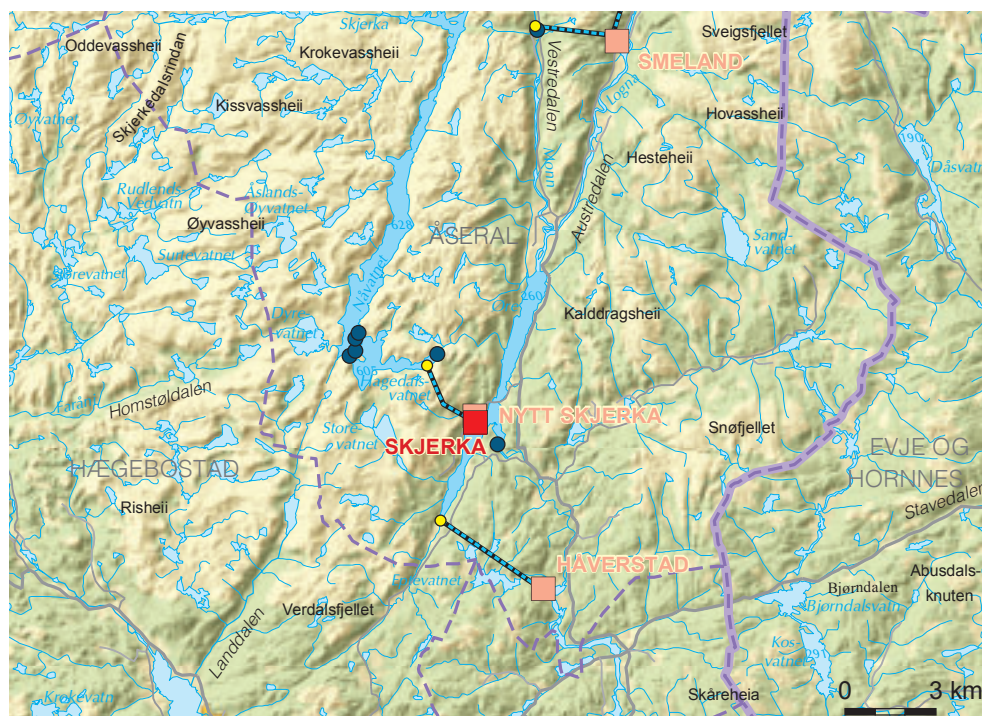
Staten kjøpte rettigheter til vannfall i Skjerka i 1917. Sju år senere ble halvparten av rettighetene overdratt til Vest-Agder fylke. Noen år senere ble det inngått en avtale med industribedriften Fiskaa Verk ved Kristiansand om økonomisk garanti for utbyggingen. Arbeidene startet høsten 1930.

De to første aggregatene var i drift to år seinere. Et aggregat til ble installert i 1937. I 1940 ble en utvidelse av kraftverket vedtatt. Det ble bygd fire dammer ved Nåvatnet og en ved Åstølvatnet. I 1944 ble aggregat nummer fire satt i drift. På 1950- og 60-tallet ble det bygd dammer og etablert magasiner i flere vann vest for Nåvatnet. Aggregat nummer fem og seks kom i 1954 og 1958.

Skjerka var den første store utbyggingen i Mandalsvassdraget. Totalt er det nå seks kraftverk av noe størrelse i vassdraget. De andre ble bygd i årene 1957 til 1985.

Det opprinnelige kraftverket har rørgate i dagen. Rørene er smisveiste og måtte etter pålegg fra NVE tas ut av drift. Ny kraftstasjon med vannvei i fjell ble satt i drift i 1997. Aggregatene i den gamle kraftstasjonen kan fortsatt brukes. Agder Energi er eier.

Fylke: Vest-Agder
Kommune: Åseral
I drift: 1932 og 1997
Installasjon: 81 MW og 98 MW
Fallhøyde: 340 meter og 346 meter
Nåværende eier: Agder Energi Produksjon AS
Antall aggregater: 6 og 1
Kraftstasjon: I dagen og i fjell
Magasin: Ja



Teknisk utførelse

Slukeevnen i den gamle stasjonen var 30 m³/s, tilsvarende som i den nye stasjonen. Kraftverkets hoveddeler er magasiner, dammer med flomavledning, inntak, vannveier og kraftstasjon med permanentutstyr. Utbyggingen har et stort reguleringsområde med mange magasiner. Magasinvolument på 20 mill. m³ er etablert ved oppdemning. Dammen var ferdig i 1934 og var Norges første ettspenns hvelvdam med spenn mellom to platedammer og ikke mot fjellsider. Hvelvdammen har en største høyde på 15 meter og en kronelengde på litt over 100 meter. Den totale damlengden er omtrent 200 meter.



Flerbuedam Nåvatn. Foto: Ingeniør Chr F Grønners Stiftelse

Hovedmagasinet er i Nåvatnet, som er demt opp sammen med Åstølvatnet. Nåvatnet ligger like vest for Skjerkevatnet. De øverste 23 meterne er etablert ved byggingen av de fem dammene på begynnelsen av 1940-tallet. Fire av dem er kjent som Dam Nåvatn I-IV. Nåvatn II og Nåvatn IV er platedammer med en høyde på tolv meter for den største. Dammen ved Åstølvatnet ble bygd som massivdam med en høyde på ti meter i 1997. Tidligere var det her en stålbukkedam. De to dammene Nåvatn I og Nåvatn III er flerbuedammer i betong. En flerbuedam kan betraktes som en mellomform mellom platedam og den egentlige hvelvdammen. Forskallings- og armeringsarbeidene var store utfordringer. Vanskelige transportforhold var sannsynligvis sterkt medvirkende til at det ble valgt en damtype som ikke var benyttet i Norge tidligere. Det er svært få eksempler på flerbuedammer i Norge. Begge buedammene har skråstilte, sylindriske buer med en diameter på 19 meter. Dam Nåvatn I har platedam på hver side av bueseksjonen med ni buer. Største buehøyde er 28 meter. Kronelengden for hele dammen er på litt over 200 meter. Dam Nåvatn III har platedam bare på den ene siden av bueseksjonen med åtte buer. Største høyde på flerbuedammen er 18 meter og samlet kronelengde er 190 meter. Det er reguleringsmagasiner også i Kvernevatnet (to dammer), Langevatnet (en), Stegilvatnet (seks) og Storevatnet (tre) vest for Nåvatnet. Dammene ble bygd på 1950- og 1960-tallet. Det er flere typer dammer. De to største er en hvelvdam og en platedam.

Mellom Nåvatnet og Skjerkevatnet er det sprengt en 450 meter lang tappetunnel. Fra inntaksmagasinet i Skjerkevatnet er det for den gamle kraftstasjonen en tunnel fram til fordelingsbassenget. Bassenget er utført som et vanlig kammerbasseng. Derfra er det to rør ned til kraftstasjonen. Det siste røret ble montert i 1949.

Det er seks aggregater i den gamle kraftstasjonsbygningen. De tre eldste har horisontal oppstilling med Pelton-turbiner, og de tre yngste har vertikal oppstilling med Francis-turbiner. Hver av Pelton-turbinene har en ytelse på 10 MW. Francis-turbinene yter 17 MW hver. Alle turbinene er fra Kværner. De fire første generatorene ble levert av NEBB og de to siste av henholdsvis Brown Boveri Company og Siemens.

Nye Skjerka har også inntak i Skjerkevatnet. Fra inntaket er det en tunnel med en lengde på 230 meter fram til inntaksluka. Derfra er det en trykktunnel med fall 1:5 ned til den nye kraftstasjonen i fjell. Fra kraftstasjonen er det en utløpstunnel til vannet Øre. Portalbygget i adkomsttunnelen ligger 150 meter vest for den gamle kraftstasjonsbygningen. Derfra har adkomsttunnelen en lengde på 700 meter inn til kraftstasjonen. Der er det et vertikalt aggregat med Francis-turbin. Turbinen har en ytelse på 98 MW og ble levert av Kværner i 1997. Generatoren på 120 MVA ble produsert av ABB (ASEA Brown Boveri). Transformatoren på 120 MVA er plassert i en egen hall parallelt med maskinhallen. Kraften transformeres fra generatorspenningen til 110 kV.

Arkitektur

Kraftstasjonen i dagen ble som en av de første i Norge utført i funksjonalistisk stil. Bygningen er i betong og har fire etasjer. Den rosa fasaden har kontraster mellom lyst og mørkt. Bygningen har én svakt skrånende takflate og er funksjonsdelt i lengderetningen. Vinduene i maskinsalen er plassert høyt oppe på veggen og er relativt små. Bygningen ble planlagt og tegnet av konsulentfirmaet Chr. F. Grøner. Bygningen ble økt i lengden da kraftverket ble utvidet på 1940-tallet. Kontorfløyen fra senere tid på nordsiden er tilpasset den opprinnelige stilen. Ved nyutbyggingen på 1990-tallet fikk maskinsalen, portalbygget og lukehuset på fjellet særpregede arkitektoniske utforminger. I kraftstasjonshallen har fjellsidene beholdt så mye som mulig av sin naturlige karakter. Arkitekt var Kjell Brandtzeg. Portalen er et eksempel på hva som synes i dagen av en kraftstasjon i fjell.



Kraftstasjon Skjerka. Foto: Margrethe Moe 2005/NVE

Begrunnelse

Skjerka kraftverk har hatt stor betydning for Vest-Agder fylke. Kraftverket var en markant utbygging da første byggetrinn var ferdig på 1930-tallet. Det er senere foretatt en gradvis utbygging som så langt er avsluttet med nyutbyggingen i 1997. Skjerka kraftverk viser kontinuitet, representativitet, opprinnelighet samt spesielle tekniske og arkitektoniske løsninger som det er verdt å merke seg.

I den gamle kraftstasjonen er det tre horisontale Pelton-turbiner og tre Francis-turbiner. På begynnelsen av 1930-tallet var det Pelton-turbiner som ble installert for en så stor fallhøyde. Utviklingen av høytrykks Francis-turbin hadde ikke kommet så langt at turbintypen var aktuell for et fall på 340 meter. Men i 1944 hadde teknologien tatt viktige steg framover. Turbinen som da ble satt i drift som nummer fire i Skjerka kraftverk, var den første Francis-turbinen for en så stor fallhøyde. Leveransen fra Kværner var et pionerarbeid i norsk industri og vakte oppsikt også utenfor landets grenser. Alle de seks aggregatene er fortsatt oppstilt i kraftstasjonsbygningen og i hovedsak som de opprinnelig var. I den nye kraftstasjonen er det bare ett aggregat, men dette har alene en større ytelse enn de seks eldre til sammen. Det er også en del av den teknologiske utviklingen. Som helhet er det gamle kraftverket typisk for sin tid, med magasin, tunnel øverst og rørgate og kraftstasjon i dagen. 1990-tallsutgaven av Skjerka kraftverk med kraftstasjon og vannvei i fjell er en mer moderne utførelse, og også den er representativ for sin tid.

Dammen ved Skjerkevatnet var den første i Norge med ettpenns hvelvdam mellom to platedammer. Men det er de to flerbuedammene ved Nåvatnet som er de mest kjente og mest bemerkelsesverdige dammene i utbyggingen. De to dammene med skråstilte buer er de eneste i sitt slag i Norge. Det var den kjente ingeniøren og damspesialisten Chr. F. Grøner som kom med forslaget, og som sammen med kollegaer stod for prosjekteringen.

Arkitektonisk er nok kanskje den gamle kraftstasjonsbygningen i funksjonalistisk stil fortsatt den mest synlige og iøynefallende konstruksjonen. Nyutbyggingen på 1990-tallet ga nye og stilfulle arkitektoniske innslag. Både kraftstasjonshallen inne i fjellet, portalbygget og konstruksjoner inne på fjellet fikk særegne løsninger. Portalbygget skiller seg ut fra tilsvarende bygg ved andre kraftverk, og det er lagt vekt på å skape en helhet.

Utbygger har søkt om at nye dammer skal erstatte de to gamle flerbuedammene i Nåvatn. Saken ligger til behandling i Olje- og energidepartementet.

Litteratur:

Augland, Nils Tore (red.) (2000): Utbyggingen av Skjerka kraftverk i Åseral. Et historisk tilbakeblikk. Vest-Agder Energi, Kristiansand.

Nedre Fiskumfoss

Nedre Fiskumfoss kraftverk i Namsenvassdraget kom i drift i 1946. Kraftverket var viktig for den alminnelige forsyning i Nord-Trøndelag fylke. Kraftstasjonen er typisk for elvekraftverk i etterkrigstiden. Den er bygd i fjell. Dammen har labyrintoverløp. Laksetrapp og lakseakvarium hører også til anlegget.

Historikk

Nord-Trøndelag Elektrisitetsverk (NTE) ble stiftet i 1919 for å dekke et stadig voksende behov for elektrisk kraft i Nord-Trøndelag fylke. Selskapets første utbygging stod ferdig i 1923. Fylket sikret seg eierrettighetene til Fiskumfossen i 1940. Arbeidene startet i 1941, men krigen førte til at det første aggregatet først kom i drift i november 1946. Deretter kom det to aggregater til, i henholdsvis 1950 og 1957. Før samkjøringen av kraftverkene i Norge i 1971 måtte området være selvforsynt med elektrisk kraft.

Namsenvassdraget er det største vassdraget og den viktigste kraftkilden i Nord-Trøndelag. Det er flere store sideelver i vassdraget og Namsen danner en rekke fosser, deriblant Fiskumfossene. Det er bygd tre elvekraftverk i Namsen ovenfor Nedre Fiskumfoss i årene 1959 til 1976. Nedre Fiskumfoss er det største av de fire elvekraftverkene. Namsen er også Nord-Trøndelags viktigste lakselv.

Før utbyggingen av Nedre Fiskumfoss kom ikke laksen forbi fossen. Nå kan kraftverkene ved Nedre og Øvre Fiskumfoss passeres i laksetrapp. Selv i tørre år har elva en vannføring som tilfredsstillende både laksen og fiskerne. Laksetrappen på østsiden av elva ble satt i prøvedrift i 1975. Trappen har en lengde på 291 meter og 77 "kulper". Omtrent 200 meter ligger i tunnel eller i overbygg.

Viktige momenter

kraftstasjon fra like etter andre verdenskrig

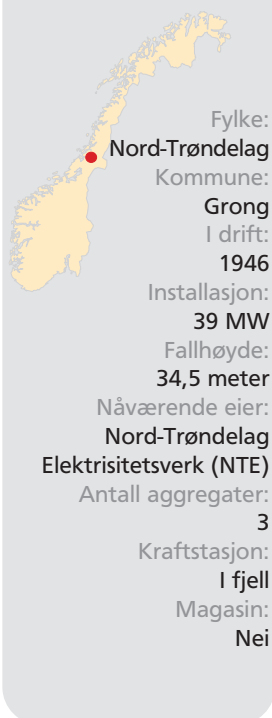
viktig for alminnelig forsyning

typisk for etterkrigstidens elvekraftverk

arkitektur og aggregater

dam med labyrintoverløp

laksetrapp og lakseakvarium



Flere reguleringsmagasiner er etablert i innsjøene i vassdragets øvre del. Disse har betydning for elvekraftverkene lenger ned. De store utbyggingene i Indre Namdalen startet i 1958, da stat og fylkeskommunene bygde fire kraftverk, tre i Norge og ett i Sverige. Byggeperioden ble avsluttet i 1965. Alle de fire kraftverkene er magasinkraftverk.



Dammen ved Nedre Fiskumfoss ved stor vannføring. Foto: Nord-Trøndelag Elektrisitetsverk

Teknisk utførelse

Kraftverket utnytter fallet på 35 meter i Nedre Fiskumfoss i Namsen. Maksimal slukeevne er 140 m³/s. Kraftverkets hoveddeler er dam med flomavledning, inntak, vannveier og kraftstasjon med permanentutstyr. Dette utgjør en konsentrert utbygging med et lite inntaksbasseng. Inntaksmagasinet er dannet ved at det er bygd en betongdam tvers over elva. Dammen var ferdig i 1945 med en lengde på 260 meter. Største høyde er seks meter.

I 1997 ble dammen ombygd og fikk ny segmentluke og labyrintoverløp i stedet for en tidligere overløpsterskel. De to labyrintseksjonene har til sammen en overløpslengde på 220 meter og dekker 110 meter av dammens lengde. Fra inntaksmagasinet er det et innløp for hver av de tre turbinene. Foran innløpene er det varegrinder for å hindre at materialer, trær, kvister og lignende skal dras med vannet inn i inntaket. Grindene kan varmes opp elektrisk. I hvert innløp er det en rulleluke med en bredde på sju meter og en høyde på 4,5 meter. Fra hvert av de tre innløpene er det sprengt en skråsjakt med en lengde på 40 meter ned til kraftstasjonens underetasje.

Kraftstasjonen ble utsprengt i fjell. Dette skyldtes først og fremst terrengforholdene. Maskinhallen har en lengde på 44 meter, en bredde på 10,5 meter og en høyde på 12 meter. Kraftverket har tre aggregater med Francis-turbiner og vertikal oppstilling. Hver turbin har en yteevne på 13,5 MW, og alle ble levert av Kværner.

Fra hver turbin er det sugerør og deretter tunnel med en lengde på 80 meter ut i elva. Den første generatoren ble bestilt fra Siemens, men den var ikke ferdig da krigen var slutt. De delene som var ferdige ble samlet sammen og sendt til NEBB, som så fullførte generatoren. Generator nummer to ble levert av Secheron og nummer tre av Siemens. Generatorene og transformatorene er på 17 MVA. De tre opprinnelige transformatorene fra National Industri ble skiftet ut med tre nye fra samme leverandør på 1980- og 90-tallet.



Maskinsal Nedre Fiskumfoss. Foto: Nord-Trøndelag Elektrisitetsverk

Arkitektur

Da kraftstasjonen ble bygd i krigsårene og like etter, ble det lagt mer vekt på funksjonalitet enn på arkitektoniske virkemidler. Maskinhallen er i en enkel stil og pen utførelse. Hvelvet er i armert betong. I langveggene er fjellet bart opp til kranbanene, bortsett fra betongkonsollene for kranbanen. Omtrent en meter fra fjellet er det en lav brystning i betong.

Begrunnelse

Nedre Fiskumfoss var ett av de første noe større kraftverk som kom i drift etter krigen. Kraftverket ble viktig for alminnelig forsyning i fylket og også for landet. Nedre Fiskumfoss ble bygd med kraftstasjon i fjell. Utbyggingen er konsentrert på et lite område og er i så måte lik mange av de eldre elvekraftverkene med kraftstasjon i dagen. En grunn for plassering av kraftstasjoner i fjell etter krigen var beredskapshensyn. Begrunnelsen for Nedre Fiskumfoss var terrengforholdene. Kraftverket har en planløsning som i prinsippet ble fulgt for mange elvekraftverk etter den andre verdenskrig. Med det forholdsvis lave fallet på omtrent 34 meter har Nedre Fiskumfoss kraftverk en trykksjakt for hvert aggregat. Det er den korte lengden som er grunnen til denne løsningen, som også finnes andre steder. Ved magasinkraftverk og høyere fall er det nok mer vanlig med bare én trykksjakt, selv når det er flere aggregater.

Det er selvsagt forskjeller innen kraftstasjonsarkitekturen også fra denne tiden. Men Nedre Fiskumfoss kan godt sies å være representativ. Sammen med de opprinnelige aggregatene gir den relativt enkle stilen i maskinhallen et troverdig bilde fra den tiden.

Etter ombyggingen i 1997 har dammen såkalt labyrintoverløp. Overløpet er utformet i en slags sikk-sakk-utforming der seksjonene vekselvis er parallelt og på tvers av elveløpet. Dammen ved Nedre Fiskumfoss er en av svært få i Norge med denne typen overløp.

Namsen Lakseakvarium viser en mer enn ett hundre år lang laksehistorie. Her dokumenteres laksefiskets betydning både for lokalbefolkningen og tilreisende laksefiskere. Publikum kan følge laksens vandring opp laksetrappen fra et vindu øverst ved fossen. Aggregatene i Nedre Fiskumfoss er de opprinnelige fra 1940- og 1950-årene. Et aggregat av enda eldre årgang er oppstilt utenfor kraftstasjonen. Det er en turbin og en generator fra 1907 fra Turifoss kraftverk i Meråker, som ble nedlagt i 1995.



Dammen ved Nedre Fiskumfoss fra luftsiden. Foto: Nord-Trøndelag Elektrisitetsverk

Litteratur:

Hjulstad, Ola (red.) (1993): Spennings landskap. Kraftproduksjon i Namsen gjennom 50 år. NTE, Steinkjer.

Krekling, Sigurd (1973): Nord-Trøndelag Elektrisitetsverk. Utvikling og vekst gjennom 50 år. NTE, Steinkjer.

Nord-Trøndelag Elektrisitetsverk gjennom 25 år (1948). NTE, Steinkjer.

Hol I

Utbyggingen av Hol I omfattet sideelver til Hallingdalsvassdraget. Kraftanlegget stod ferdig i 1949 og var viktig for hovedstadens elektrisitetsforsyning. Utbyggingen omfattet to fall. En spesiell sprengningsteknikk ble benyttet. Turbinene representerte norsk produksjon av Francis-turbiner for stadig høyere fall og ytelser.

Viktige momenter

- elektrisitetsforsyning til Oslo
- gjenreisningen etter andre verdenskrig
- Oslo Lysverkers utbygging i Hallingdal
- en stor og vidtrekkende utbygging – to fall
- fjellsprengningsteknikk
- flerbuedammen ved Stolsvatnet
- steinfyllingsdammen ved Strandevatnet
- Francis-turbiner for høye fall
- stor kraftstasjon i dagen

Historikk

Elektrisitet til alminnelig forbruk gikk til å begynne med til belysning. Etter hvert ble det mer vanlig å bruke elektrisitet også til oppvarming. Dermed økte behovet for kraft. Få måneder før andre verdenskrig brøt ut i Norge i april 1940, kom vedtaket om at det kommunale Oslo Lysverker skulle bygge et kraftverk i Hol i Hallingdal.

Utbyggingen av Hol I startet i september samme år. Det ble imidlertid full stans i arbeidene sommeren 1943. Først etter frigjøringen i 1945 kom arbeidet i gang igjen. De to første aggregatene ble satt i drift i 1949, de to siste i 1954 og 1956. Fjernledningen på 19 mil for en spenning på 220 kV var da allerede bygd fram til transformatorstasjonen i Oslo.

Hol I var ett av de første og største kraftverkene som ble satt i drift i årene etter andre verdenskrig. Hol I var også det første kraftverket i Oslo Lysverkers store utbygginger i Hallingdal og Hemsedal. Utbyggingen av Hol I omfattet sideelver til Hallingdalselva.

Reguleringene som ble gjennomført av Oslo Lysverker i Hallingdalsvassdraget, var av stor betydning for driften av kraftverkene lenger ned i vassdraget. I dag heter Oslo kommunes kraftselskap E-CO Vannkraft.

Fylke: Buskerud
Kommune: Hol
I drift: 1949
Installasjon: 90 MW (Votna)
100 MW (Urunda)
Fallhøyde: 407 meter (Votna)
380 meter (Urunda)
Nåværende eier: E-CO Vannkraft as
Antall aggregater: 2 + 2
Kraftstasjon: I dagen
Magasin: Ja



Teknisk utførelse

Hol I er bygd ut for to forskjellige fallhøyder. Begge har fall til Holselva (Høvsfjord) 598 moh. ved Hovet. Votnasiden har inntak i Varaldsetvatnet på nivå omtrent 1 000 meter over havet, og Urundasiden har inntak i Strandevatnet på noe under 1 000 meter. Bortsett fra en kobling i magasinet i Stolsvatnet og en tidligere mulighet for en forbindelse i rørgaten har Votnasiden og Urundasiden separate nedbørfelt, magasiner, tilløpssystemer og aggregater. Kraftstasjonen og utløpskanalen er felles for de to anleggene. Utbyggingens hoveddeler er overføringstunneler, magasiner, dammer med flomavledning, inntak, vannveier og kraftstasjon med permanent utstyr. I reguleringsanleggene inngår sju til dels store dammer samt overføringstunneler.

Hovedmagasinet for Votnasiden er dannet ved oppdemning av omtrent 14 større og mindre vatn. De største er Stolsvatnet, Mjåvatnet, Olsendvatnet, Buvatnet og Djupvatnet. Magasinet er etablert ved dammer ved Stolsvatnet, Mjåvatnet og Olsendvatnet og med kanaler mellom flere av de opprinnelige vatnene. Den kjente Stolsvassdammen er den største av dammene i Votnasiden. Den 730 meter lange dammen sto ferdig i 1948. Dammens lengste del er en såkalt flerbuedam og består av 13 vertikale hvelv med spenn på 40 meter. Opprinnelig var dammen planlagt med 26 hvelv. På sidene er det platedam, massivdam i betong og jorddam med betongkjerne.



Flerbuedam Stolsvatn. Foto. Hilde Harket 2011/NVE

Flerbuedammen strekker seg over det dypeste partiet i en lengde på 420 meter og med største høyde på 17 meter. I 2002 ble det bestemt at det skal bygges en ny dam som erstatning for dammen ved Stolsvatnet. Det ble valgt steinfyllingsdam. Flerbuedammen er våren 2011 søkt revet, og er allerede erstattet av steinfyllingsdam nedstrøms. Ved Mjåvatnet og Olsendvatnet er det bygd betongdammer. Platedammen med massive betongdammer på sidene ved Olsendvatnet er den største av dem. Den totale lengden er på nesten 400 meter, og største høyde er ti meter. Det er én dam ved Bergsjø og to ved Rødungen. Den største er en hvelvdam i betong i selve elveløpet fra Rødungen. Inntaksmagasinet i Varaldsetvatnet er oppdemt med en regulering. Fra inntaket i magasinet er det en tunnel fram til fordelingsbassenget ovenfor kraftstasjonen.

Urundasiden har inntak i Strandevatnet. Magasinvolument er på 554 mill. m³. Urundasiden kan utnytte deler av magasinet i Stolsvatnmagasinet. Tilløpstunnelen fra inntaket i Strandevatnet til fordelingsbassenget er 17,2 kilometer og ble drevet fra fem tverrslag. Tunneltverrsnittene er på 22–24 m². Det ble arbeidet på tre skift og med seks mann på hver stuff. Utstyret var lette bormaskiner med knematere og hardmetallbor. Inndriften per stuff lå på 35–40 meter per uke og med 51 meter som beste resultat. Byggingen av steinfyllingsdammen startet i 1953, og dammen var ferdig i 1955. Damhøyden er 40 meter, og dammen har en lengde på 370 meter. Dammen ble bygd etter "de mest moderne metoder". Metodene besto blant annet i massetransport, utlegging og valsing av massene i dammen. Dammen har en sentral tetningskjerne av morene. Det er et fordelingsbasseng for hver av sidene. Fordelingsbassengene er utsprengt i fjellet som vanlige kammerbasseng med et øvre og et nedre kammer.

Kraftstasjonen er bygd i betong og har et grunnareal på 13 000 m². Bunnen er nedsprenget i fjell. Fra kraftstasjonen er det en 230 meter lang utløpstunnel til Holselva.

For hvert fall er det to like store aggregater med vertikal oppstilling. På Votnasiden er det to turbiner på 45 MW hver, mens Urundasiden har to turbiner på 50 MW hver. Alle er Francis-turbiner som ble levert av Kværner. De to første hadde "verdensrekord" både for ytelse og trykkehøyde da de kom i drift i 1949. De fire luftavkjølte generatorene ble levert av NEBB. Det er to transformatorer. Begge er på 110 MVA. Transformatorene er plassert i egne celler i koblingsanlegget. Begge ble levert av ABB National i 1990 og erstattet de opprinnelige transformatorene. Koblingsanlegget ble modernisert tidlig på 1990-tallet.

Arkitektur

Etter andre verdenskrig ble det tatt i bruk mer tradisjonelle norske former. Et utslag var at saltaket igjen kom til heder og verdighet. Hol I er et eksempel på denne tendensen. Her harmonerer saltaket godt med fjellandskapet. Kraftstasjonen er tegnet av Daniel Hofflund (1897–1967). Han var på denne tiden byarkitekt i Oslo.

Begrunnelse

Hol I ble et viktig bidrag til landets og spesielt hovedstadens elektrisitetsforsyning like etter krigen. Hol I var det første kraftverket som Oslo Lysverker bygde i Hallingdal, og var en god start og en nyttig erfaring både for fortsatt utbygging i Hallingdal og de senere utbyggingene i områder som lå langt fra byer. Hol I ble bygd delvis etter planer fra før andre verdenskrig og var det siste store norske anlegget som ble bygd med rørgate og kraftstasjon i dagen. Det er til og med det største. De to første turbinene i Hol I var de største Francis-turbinene i verden både i ytelse og fallhøyde da de ble satt i drift i 1949. Rekorden gjaldt inntil de første aggregatene på 50 MW i Nedre Vinstra kraftverk kom i drift i 1953. Turbinene i Hol I var en del av utviklingen av norskproduserte Francis-turbiner for stadig høyere fall og ytelser.



Kraftverket Hol I med rørgate, kraftstasjonsbygning og utgående kraftlinjer. Helt til høyre i bildet sees utløpet fra stasjonen i elva. Foto: E-CO Energi

Utbyggingstempoet var viktig, og nye metoder og løsninger ble tatt i bruk. Lengre tunneler, større tverrsnitt og kortere anleggstid ble mulig på grunn av nye drivemetoder. Byggingen av Hol I var ikke noe unntak. Tunnelmasser fra tilløpstunnelen ble brukt i steinfyllingsdammen. Steinfyllingsdammen som stod ferdig i 1955 etter en byggetid på tre sesonger var ny innen norsk kraftutbygging. Denne damtypen ble raskt svært vanlig i Norge og har hatt en stor betydning for kraftutbyggingen.

Senere er det bygd et stort antall steinfyllingsdammer, og mange av dem er betydelig større. Både kraftstasjoner i fjell og steinfyllingsdammer ble først begrunnet med krav til sikkerhet og beredskap med bakgrunn i erfaringene fra andre verdenskrig. Dersom utbyggingen hadde begynt etter krigen, hadde kraftstasjonen ganske sikkert blitt plassert i fjell. De to store dammene ved Hol I, Stolsvassdammen og Strandevassdammen, representerer to forskjellige utviklinger. Stolsvassdammen ble bygd før steinfyllingsdammene hadde fått innpass, og det ble der bygd en betongdam av en sjelden type. Nå, bortimot 60 år etter, skal flerbuedammen erstattes av en steinfyllingsdam. Stolsvassdammen har en spesiell klang innen norsk dambygging. Den er et mektig skue med sine 13 vertikale hvelv og er brukt i mange sammenhenger som et eksempel fra norsk kraftutbygging. Stolsvassdammen både var og forble den nær sagt eneste i sitt slag. Steinfyllingsdammen, Strandevassdammen, var også omtrent den eneste i sitt slag da den ble bygd, men det viste seg at den ble etterfulgt av en lang rekke av samme type.

Utbyggingen av Hol I var et stort prosjekt for sin tid. Byggingen ble forberedt med blant veibygging like før tyskernes invasjon av Norge i 1940. Det ble forsinkelser både på grunn av krigen og ressursknappheten etterpå, men dette førte trolig til at deler av anlegget fikk en annen utførelse enn først planlagt. Det er et stort, sammensatt system av magasiner og vannveier, lange tunneler, steinfyllingsdam, to ulike fall i samme kraftstasjon og høytrykks Francis-turbiner i den første fasen av en ny teknologisk tidsalder. En lite brukt damtype og kraftstasjonen og rørgaten i dagen er mer å henregne til "gamle dager". Men også disse er på grunn av størrelsen og teknikken viktige innslag i norsk kraftutbygging. Noen av de eldre løsningene for Hol I er store konstruksjoner sammenlignet med tidligere utbygginger. Enkelte av de nye løsningene var blant de første eller de største av sitt slag, men de er overgått i mange senere utbygginger. Hol I representerer sammen med noen andre kraftverk fra denne tiden et skille i norsk kraftutbygging.

Litteratur:

Johannessen, Finn Erlend (1992): I støtet. Ad Notam Gyldendal, Oslo.

Mjelstad, Hjalmar (1949): Hol kraftverks hydrauliske maskineri og elektriske anlegg. Svenska Vattenkraftföreningens Publikationer (409), Stockholm.

Thue, Lars (1994): Statens Kraft 1890–1947. Cappelen, Oslo.

Wasberg, Gunnar Christie (1967): Oslo Lysverker 1892–1967. Oslo Lysverker, Oslo.

Nedre Vinstra

Nedre Vinstra kraftverk i Vinstravassdraget var i drift fra 1953 som ett av de første store fjellanleggene i Norge. Nye mekaniserte fjellboringsteknikker ble tatt i bruk. Kraftstasjonen har Francis-turbiner for høyt fall og stor ytelse. I en periode var tilløpstunnelen også den lengste i Europa.

Viktige momenter

viktig kraftverk fra årene like etter 1945

konvensjonell fjellsprennings-teknikk

Francis-turbiner med høyt fall og stor ytelse

kompetanseutvikling i de tekniske fagene

ny utbygging kombinert med eksisterende kraftstasjon

fullprofilboring på 1980-tallet

lamelldam ved Olstappen

arkitektur – fin kombinasjon av to perioder

Historikk

Vinstra er en sideelv til Gudbrandsdalslågen. Fosser i elva er blant andre Kamfossen og Vinsterfossen. Nedre Vinstra kraftverk ble prosjektert i hemmelighet under andre verdenskrig. Vinstra Kraftselskap ble stiftet i 1946 med utbygging av Vinstravassdraget som hovedmål. Eierne var to kommunale kraftselskaper. Konesjon for utbyggingen ble gitt samme år, og anleggsarbeidene startet for alvor i 1947. Kraftstasjonen ble plassert i fjell. De to første aggregatene kom i drift i 1953. Kraftbehovet steg raskt, og i løpet av noen få år ble ytterligere to aggregater satt i drift. Total installasjon var da fire like store aggregater på til sammen 200 MW. Kraftverket ble utvidet med et aggregat på 100 MW i 1989. Som ett av de første, store fjellanleggene i Norge ble noen av de nye, mekaniserte fjellsprenningsmetodene tatt i bruk. Det moderne utstyret var borkrone av hardmetall, lette trykkluftmaskiner, knematere, trykkluftlastemaskiner, vogner og diesellokomotiver. Tilløpstunnelen på 23,6 km ble drevet fra fem tverrslag og var den lengste kraftverkstunnelen i Europa på den tiden.

Teknisk utførelse

Nedre Vinstra kraftverk utnytter et fall på 448 meter. Kraftverkets hoveddeler er magasin, dam, vannveier og kraftstasjon med permanentutstyr. Magasinet har et volum på 31 mill.m³. Dammen er en lamelldam, som er en type betongdam.





Inngangsparti til Nedre Vinstra kraftstasjon. Foto: Margrethe Moe 2004/NVE

Største høyde er 25,5 meter. Damkronen har en lengde på 140 meter. Fra inntaket ble det drevet en 23,6 kilometer lang tilløpstunnel med et tverrsnitt på 30 m² fram til svingekammeret. I 1964 ble tre bekkeinntak tatt inn på tilløpstunnelen. Fra svingekammeret var det opprinnelig to trykkrør. Disse ble fritt opplagt i samme stoll og med en lengde på 700 meter ned til turbinene. Kraftstasjonen er plassert i fjell, med transformatorhallen og maskinsalen plassert parallelt og relativt nær hverandre. Den opprinnelige utbyggingen fra 1950-tallet har fire vertikale aggregater. Det var ikke levert Francis-turbiner for så stor fallhøyde tidligere da de to første kom i drift i 1953. De fire turbinene ble levert av Kværner, som også leverte turbinen ved utvidelsen i 1989. De to første maskinene har samme konstruksjon som turbinene til Hol I i Hallingdal, men Nedre Vinstra har litt større fallhøyde. Dermed var denne fallhøyden og ytelsen størst i Norge. Fallhøyden ble også regnet som verdensrekord for Francis-turbiner. Den tredje generatoren fra 1950-tallet ble levert av Brown Boveri, Milano, mens de øvrige er levert av NEBB. Det er sidespor fra Dovrebanen gjennom adkomsttunnelen og inn i maskinsalen.

På 1980-tallet ble det vedtatt at kraftverket skulle utvides. Arbeidene ble fullført i 1989. Utvidelsen besto i installasjon av ett nytt aggregat, forlengelse av maskinsalen, fullprofilboring av ny tilløpstunnel, sprengning av trykktunnel, noen andre endringer av tilløpssystemene og en ny utløpstunnel. Dermed har kraftverket nå to parallellkoblede tilløpstunneler og to separate utløpstunneler. Den borete delen av tilløpstunnelen har en lengde på 17 kilometer og en diameter på 4,75 meter. Fra den borede tunnelen er det en trykktunnel med en lengde på seks kilometer ned til kraftstasjonen.

Tilkoblingen av to av de opprinnelige aggregatene til den nye trykktunnelen var en viktig del av oppgaven på 1980-tallet. Sprengningsarbeidene for forlengelse av kraftstasjonen ble utført mens det gamle anlegget var i full produksjon. Maskinhallen ble forlenget fra 70 meter til 100 meter.

Den nye delen har en høyde på 40 meter og den opprinnelige delen 30 meter. Bredden er tolv meter. Etter utvidelsen i 1989 er kraftverket blitt relativt komplisert. De to vannveiene har forskjellige tapsforhold, og turbinene har forskjellige virkningsgrader. Det er derfor lagt inn et avansert kontrollsystem som beregner den mest lønnsomme bruken av vannet.

Arkitektur

Veggene i maskinsalen er støpt. Dermed vises ikke noe av fjelloverflaten. Dette kan sies å være tradisjonsbundet og var relativt vanlig for noen av de tidligste kraftstasjonene i fjell. I senere utbygginger forsøkes et annet formspråk, som å la fjellet være bart der det er mulig. Utvidelsen er i hovedsak i samme stil som opprinnelig maskinhall.



Smijernsdetaljer i Nedre Vinstra kraftstasjon. Foto: Margrethe Moe 2004/NVE

Begrunnelse

Nedre Vinstra kraftverk er et viktig kraftverk fra de første årene etter den andre verdenskrig. Med en installasjon på 200 MW var det et kraftverk av betydelig størrelse. Det representerer gjenoppbyggingen etter krigen og dermed også noe av grunnlaget for etterkrigstidens velstandsutvikling. Erfaringene har vært verdifulle både nasjonalt og for Norges internasjonale anseelse. Utbyggingen representerer en tidlig og viktig del av den store tekniske utviklingen innen norsk fjellsprenningsteknikk. Turbinene, generatorene og transformatorene har alle en betydelig størrelse for sin tid, og er en viktig del av norsk kompetanseutvikling innen disse fagfeltene. Utvidelsen på 1980-tallet er et eksempel på en nyere tids fremste teknikk gjennom bruk av fullprofilboring og også hvordan en ny utbygging eller utvidelse både teknisk og miljømessig kan kombineres med en eksisterende utbygging på en vellykket måte. Lamelldammen finnes det bare noen få av i Norge. En lamelldam er en overgangstype mellom den tyngre gravitasjonsdammen (massivdam) og den lettere platedammen.

Damtypen består av flere lameller plassert side ved side. De fleste andre lamelldammer i Norge er en del av en dam som består av flere damtyper. Dette er ikke tilfelle for Olstappen, som dermed kan karakteriseres som en helt og holdent "ekte" lamelldam.



Lamelldam ved Nedre Vinstra kraftverk. Foto: Jens Nicolai Thom 2009/NVE

Litteratur:

Larssen, Steinar; Marsøe, Tore B.; Sandberg, Per-Øyvind og Trønnes, Arne F. (1996): Det gror i en rallars spor. Vinstra Kraftselskap jubilerer. 50 år. Vinstra Kraftselskap, Vinstra.

Tøsse, Tryggve (1991): Fra Bygdin til Lågen. Vinstra Kraftselskap, Vinstra.

Nea

Nea-Nidelvavassdraget var fra begynnelsen av 1900-tallet viktig for elektrisitetsforsyningen til Trondheim. Nea kraftverk var i drift fra 1960 med en installasjon på 175 MW. Utbyggingen ble realisert med svensk kapital. Tilbakebetalingen var i form av kraftlevering til Stockholm.

Historikk

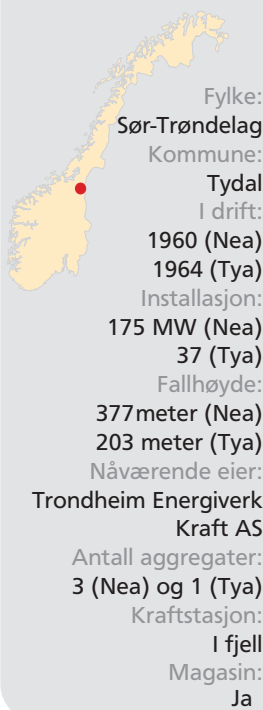
Trondhjems Elektricitetsværk og Sporvei ble etablert i 1901. Siden den gang – og med noen navneendringer underveis – har selskapet stått for planlegging, bygging og drift av kraftverk i Nea-Nidelvavassdraget i Sør-Trøndelag. Det første kraftverket ga lys og varme til de første abonnentene i byen og til sporveien. Som andre steder i Norge var ikke elektrisitetsproduksjonen tilstrekkelig til å dekke en stadig større etterspørsel. Spesielt etter andre verdenskrig økte behovet raskt. Kraftselskapet hadde allerede tidlig på 1900-tallet kartlagt kraftressursene i det aktuelle vassdraget.

Hovedelva Nea kommer fra den oppdemte, kunstige innsjøen Sylsjø i Sverige. Etableringen av magasinet Sylsjøen inngikk tidlig i planer for reguleringene i Neavassdraget. De svenske myndighetene ga tillatelse til regulering allerede i 1934, med en dam på norsk område. Av forskjellige grunner ble det ikke noe av byggingen i første omgang. Byggingen som ble igangsatt, hadde dam på svensk side.

Denne sto ferdig i 1952. På strekningen fra Sylsjøen til Selbusjøen ble det fram til 1989 bygd sju kraftverk. Nea er det første og også det største av kraftverkene. Da var det imidlertid lokal kraftutbygging i området med Kistafoss kraftverk i 1951. Bygdekraftverket ble overflødig da Nea kraftverk var ferdig. Kraftverket fungerer nå som kraftverksmuseum.

Viktige momenter

- svensk kapital
- eksport av kraft
- politiske diskusjoner
- betydningen for Tydal
- et kraftverk i en langvarig utbygging
- teknologi fra 1960-tallet
- representativt for sin tid
- dobbelkraftverk med to fall
- arkitektur
- kraftverksmuseum i Kistafoss



Utbyggingen var en stor sak med et finansieringsbehov som lå langt over hva Trondheim kommune og elektrisitetsverket kunne makte. Tilgangen på lånekapital var begrenset i årene etter andre verdenskrig. Kraftproduksjonen ville dessuten bli større enn byens forbruk for lang tid framover. Trondheim Elektrisitetsverk hadde derfor i samarbeid med Stockholm Elverk utarbeidet en plan for utbygging av Nea kraftverk med svensk kapital. Tilbakebetalingen skulle skje ved kraftlevering til Stockholm. Planen med utbyggingen og overføringen ble godkjent av bystyrene i Stockholm og Trondheim. Men kontrakten måtte også behandles på rikspan. Diskusjonene og debattene pågikk på mange plan i flere år. I 1955 ble saken endelig avklart med utgangspunkt i at krafteksport burde være en statlig oppgave. Nea kraftverk ble satt i drift i 1960. Til innvielsen av Nea kraftverk var både den norske statsministeren og den svenske statsministeren til stede. Den første kraftlinjen mellom Norge og Sverige var et faktum. Men den første kraftoverføringen gikk ikke fra Norge til Sverige. Den gikk motsatt vei på grunn av en typisk vårknipe i 1960. I årene som fulgte kom det nye avtaler og en betydelig bygging av mellomrikslinjer mellom Norge og Sverige. Stockholmskontrakten gikk ut i 1975. Nea kraftverk var da nedbetalt gjennom levering av omtrent halvparten av produksjonen i årene fra 1960 til 1975.

Nåværende eier er Trondheim Energiverk Kraft AS, et datterselskap i Statkraft Energi AS. Praktisk talt alle anleggene som er bygd i Nea-Nidelvsvassdraget, har Trondheim Energiverk AS planlagt og prosjektert i egen regi.



“Fosenferja” er inngangspartiet kalt. Foto: Trondheim Energiverk

Teknisk utførelse

Kraftstasjonen har aggregater som utnytter to atskilte fall, kalt Nea-maskinene og Tya-aggregatet. De tre første aggregatene utnytter fallet fra inntaksmagasinet i Vessingsjøen til Nea. Tya-aggregatet utnytter fallet fra inntaksmagasinet i Sellisjøen. Kraftverkets hoveddeler er magasiner, dammer, inntak, vannveier og kraftstasjon med permanentutstyr. Nea har inntaksmagasin i den kunstige Vessingsjøen med et magasinivolum på 38 mill. m³. Betongdammen ble ferdig i 1964 og har en lengde på 350 meter og en største høyde på 30 meter.

Magasiner i Sylsjøen og Nesjøen-Essandsjøen med volumer på henholdsvis 185 mill. m³ og 582 mill. m³ ligger lenger opp i vassdraget, med Sylsjøen som det øverste. Reguleringen av Sylsjøen er på 20 meter. Platedammen i betong ble ferdig i 1952 med største høyde på 27 meter og en lengde på 320 meter. Dammen ligger 1,5 kilometer inn på svensk grunn. Den store steinfallingsdammen ved Nesjøen har tetningskjerne av morene. Dammen har en lengde på 1 050 meter og en høyde på 45 meter. Damvolumet er på 1,4 mill. m³. Fallet fra Sylsjøen til Nesjøen-Essandsjøen utnyttes i Nedalsfoss kraftverk. Vessingfoss kraftverk utnytter fallet fra Nesjøen-Essandsjøen til Vessingsjøen.



Dammen ved Vessingsjø. Foto: Trondheim Energiverk

Inntaket i Vessingsjøen er plassert like ved dammen og har dobbelt sett luker. Tilløpstunnelen fra inntaket til utjevningsbassenget har en lengde på 2 900 meter. Utjevningsbassenget har et nedre og et øvre kammer som er forbundet med en sjakt på 4 x 4 meter. Det nedre kammeret er sprengt ut som en direkte utvidelse av tilløpstunnelen fra 26 m² til 90 m². Omtrent 145 meter nedenfor bassenget går tunnelen over i et ventilkammer. Derfra er det i tunnelen et frittliggende rør med en lengde på 100 meter og en diameter på 3,4 meter fram til toppen av trykksjakten. Trykksjakten har stålføring med en diameter på 3,3 meter og en lengde på litt over 600 meter ned til kraftstasjonen.

Stuggusjøen har en regulering på 8,3 meter og regulerer vannføringen i Tya. Stuggusjøen har et magasin på 50 mill. m³. I utløpet fra sjøen er det en massiv betongdam med en lengde på 45 meter og største høyde på ni meter. Dammen sto ferdig i 1965-66. Fra Håen ved Løvvøya i Tya nedenfor Stuggusjøen er det en tappetunnel med en lengde på 3,3 kilometer til Sellisjøen, som er inntaksmagasin for Tyafallet. Ved Håen er det også en liten massiv betongdam. I tappetunnelen er det bygd et lite kraftverk som kom i drift i år 2000. Fossan kraftverk har en installasjon på 2,5 MW og et fall på 28 meter.

Kraftstasjonen er 90 meter lang og 14 meter bred. Transformatorhallen ligger parallelt med maskinhallen. For Neafallet er det tre vertikale aggregater. De tre like store Francis-turbinene på vel 60 MW hver ble levert av Kværner. Generatorene kom fra NEBB og transformatorene fra National Industri. Tyafallet har ett vertikalt aggregat. Den Kværner-produserte Francis-turbinen har en ytelse på 37 MW. Generatoren på 42 MVA ble levert av NEBB.

Arkitektur

Det hvitmalte portalbygget over åpningen til adkomsttunnelen har to etasjer. Bortsett fra konsollene er fjellveggene i maskinhallen nakne. Dette ble regnet som radikalt da arkitekt Helge Ryvarden tegnet kraftstasjonen i 1959. Maskinsalen preges av et påkostet materialbruk. Kontrollrommet og kontorene har teakpanel.

Begrunnelse

Nea kraftverk er det største og første kraftverket som Trondheim Elektrisitetsverk bygde i vassdraget. Svensk kapital og overføring av kraft til Stockholm ble løsningen på finansieringen. Dette skapte politisk debatt. Kontrakten ble godkjent av de nødvendig besluttende organer. Løsningen for Nea har vært en mektig stimulans til kraftutbygging generelt både for Trondheim og Sør-Trøndelag.

Utbyggingene i vassdraget startet for hundre år siden, og i Nea siden 1940-årene. Med en så lang utbyggingsperiode er det knyttet mange hendelser, historier og tradisjoner. Utbyggingen av Nea og de andre kraftverkene i området har selvsagt satt sitt sterke preg på fjellkommunen Tydal. Nea kraftverk er et kraftverk med representativ teknikk og planleggingsfilosofi fra 1960-tallet. Det var et svært moderne kraftverk, men også typisk for perioden, med inntaksmagasin, større magasiner lenger opp i vassdraget og plassering av vannveiene og kraftstasjonen i fjell. Trykksjakten er stålføret, som fortsatt var det vanlige på den tiden, og som man hadde gode erfaringer med. Bygningsteknikk så vel som turbiner og generatorer er trygge og solide saker.

Kraftutbyggingen foregikk i et høyt tempo de første tiårene etter andre verdenskrig. Kraftverket er ett av mange fra denne perioden. Det er riktignok kraftverk både fra denne tiden og ikke minst senere som er større og kanskje også mer særpregete teknisk sett. Men historien omkring utbyggingen, med krafteksport og diskusjonene som dette skapte, gir en ekstra klang. Neautbyggingen var ett av 1950-tallets norske storanlegg med en arbeidsstokk som senere skulle følge utbyggeren, entreprenøren eller leverandøren fra kraftanlegg til kraftanlegg. Dette var tidstypisk. Det ble en gjennomført solid utførelse med slike arbeidsforhold.

Arkitekturen er nok "noe mer enn vanlig" for den tiden, preget av avtalen med Sverige. Men den viktigste årsaken til det høye ambisjonsnivået var, ifølge arkitekten, at anlegget skulle være et besøkskraftverk. Kraftforsyningens Sivildforsvarnemnd gikk imidlertid imot dette på grunn av beredskapshensyn.

Kraftverksmuseet i det nedlagte Kistafoss kraftverk noen få kilometer lenger ned i dalen er en kontrast til den store utbyggingen som kom i gang i årene etter den andre verdenskrig. Kistafoss er bare noen få år eldre og dokumenterer en felles innsats på lokalplanet like etter krigen.

Litteratur:

Kvaal, Stig og Wale, Astrid (2000): En spenningshistorie. Trondheim Energiverk gjennom et århundre. Trondheim Energiverk AS, Trondheim.

Moxness, Tormod (1967): Trondheim Elektrisitetsverk. Utbygginger i Neavassdraget i årene 1946–1966. TEV, Trondheim.

Nordnes, Magne (1976): Fra havet til grensen. Trondheim Elektrisitetsverk, Trondheim.

Uthus, Bodil; Berge, Bjørn Helge og Kirkvold, Ingebrigt (2001): Kraftutbyggingshistoria i Tydal 1940–2000. Tydal kommune, Tydal.

Skogfoss

Elvekraftverket Skogfoss på vestsiden av Pasvikelva var i drift fra 1964. Byggingen foregikk langs den norsk-russiske grensen under den kalde krigen. En av dammene ligger på russisk side og illustrerer internasjonalt samarbeid i denne perioden. Aggregater og transformatorer er originale.

Historikk

Gruveselskapet A/S Sydvaranger ønsket allerede rundt 1910 å bygge kraftverk ved en av fossene i Pasvikelva. Dette var vanskelig fordi Norge og Russland eide hver sin side av elva. Like før andre verdenskrig ble spørsmålet om kraftutbygging i Pasvikelva tatt opp igjen. Nå ble planene stanset av den finsk-russiske krigen.


Viktige momenter

- samarbeid Russland og Norge
- vannkraft i grensevassdrag
- uvanlige arbeidsforhold
- kaldt og kjølig klima
- norsk dam i Russland
- elvekraftverk fra 1960-tallet
- originale aggregater og transformatorer

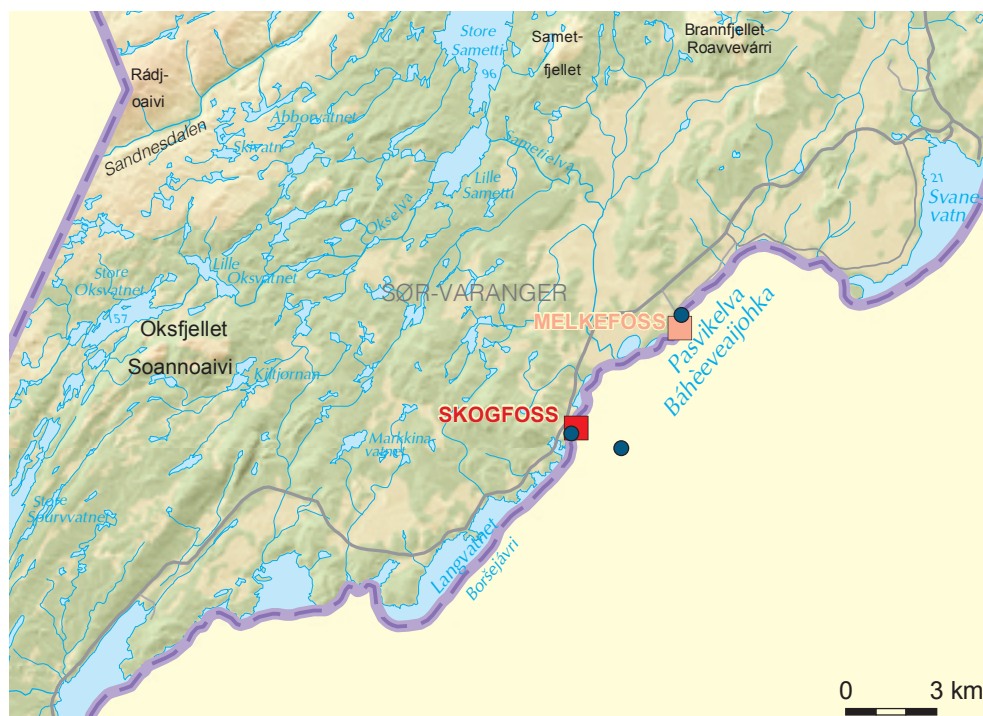
Tyskerne sprenget det meste av kraftforsyningen i Finnmark under tilbaketrekningen i 1944–1945. Etter andre verdenskrig ble således bygging av fem mindre kraftverk prioritert. Kraftoppdekningen i Øst-Varangerområdet var imidlertid for liten og linjenettet i en dårlig forfatning. En utbygging i Pasvik var fortsatt på ønskelisten for å gi kraft både til alminnelig forsyning og til A/S Sydvaranger.

Pasvikelva kommer fra den store innsjøen Enare i Nord-Finland. I 1947 ble det inngått en avtale mellom Sovjet og Finland om regulering av sjøen. Kort etter utløpet fra sjøen renner elva inn i Russland. Paatsjoki som den heter der, har et fall på 50 meter før den etter 30 kilometer kommer til den norske grensen.

Pasvikelva og dens mange sjøer danner grensen mellom Norge og Russland over en strekning på omtrent 110 kilometer og et fall på 70 meter fram til utløpet i Bøkfjorden, en sørlig arm av Varangerfjorden like ved Kirkenes.



Fylke: Finnmark
Kommune: Sør-Varanger
I drift: 1964
Installasjon: 46,5 MW
Antall aggregater: 2
Fallhøyde: 19,7 meter
Kraftstasjon: I dagen
Magasin: Nei
Nåværende eier: Pasvik Kraft AS



Det er ingen store fall i elva, men en rekke små, konsentrerte fosser mellom sjøene. Blant disse er Grensefoss, Hestefoss, Skogfoss, Melkefoss og Skoltefoss. Med et stort nedbørfelt er elva likevel verdifull som kraftressurs både for Norge og Russland. Nedbørfeltet ovenfor Skogfoss er 17 000 kvadratkilometer.

I 1955 startet forhandlinger mellom Sovjet og Norge om kraftutbygging. Forhandlingene ble fullført i 1958. Norge overtok de russiske rettighetene til Skogfoss og Melkefoss i elvas midtre parti. Sovjet overtok de norske rettighetene ved Boris Gleb nær elvas utløp i havet og strekningen med Hestefoss ovenfor Skogfoss. Det russiske kraftverket ved Boris Gleb ble bygd med norske entreprenører og kom i drift i 1963. Boliger, skole, samfunnshus og butikk ble også bygd i Boris Gleb. Hestefoss kraftverk ble satt i drift i 1970. Avtalene medførte ikke forandringer i suvereniteten over noen av områdene. Men begge parter har gitt den annen part adgang til å bygge og drive anleggene som de har i nabolandet. I 1962 ble kraftverket i Boris Gleb koblet inn på linjenettet til Varanger Kraftlag. I begynnelsen var det en ren forbrukerlinje fra Sovjet til Norge.



Kraftstasjonen og dammen. Riksgrensen går omtrent midt på dammen. Foto: Arlid Edvardsen/Pasvik Kraft

Den første samkjøringslinjen mellom de to landene ble satt i drift i desember 1971. Kraftuttaket fra det sovjetiske nettet var viktig for den norske beredskapen i området, spesielt inntil Finnmark ble knyttet til samkjøringsnettet i Nord-Norge i 1974. Koblingsanlegget i Boris Gleb ble ombygd i 1986, og dermed var tidligere problemer med dårlig kvalitet på kraften, borte. Det skapte reaksjoner og avisoppslag at deler av fylket var sterkt avhengig av strømleveransene fra Sovjet. Det ble også hevdet at det var betenkelig at NATO-anlegg var avhengig av sovjetisk kraft. Påstandene ble tilbakevist av militære myndigheter som fastslo at anleggene ikke ville bli rammet om russerne kuttet strømmen.

Skogfoss kraftverk ble satt i drift i 1964. Melkefoss kraftverk et lite stykke nedenfor Skogfoss ble satt i drift i 1978. Installasjonen der er på 22 MW, og fallhøyden er 10 meter. Pasvikelva var rik på laks med en egen lakseart. I dag er det ikke laks i Pasvikelva.

I tillegg til de fire kraftverkene på den norsk-russiske elvestrekningen er det tre russiske kraftverk ved elvas øverste 30 kilometer. Russerne overtok selvsagt også kraftressursene der etter at Finland måtte avstå området til Sovjet etter andre verdenskrig. Det har vært organisert samarbeid mellom Norge, Russland og Finland om reguleringen og manøvreringen av Enare og de andre magasinene i vassdraget siden 1959.

Nåværende eier av de norske kraftverkene ved Pasvikelva er Pasvik Kraft AS. Selskapet er heleid av Varanger Kraft AS, som igjen er eid av sju kommuner i Finnmark.

Teknisk utførelse

Kraftverket nytter fallet i Skogfoss samt noen stryk mellom Langvatnet og Skogvatnet ovenfor fossen. Fallhøyden er 19,7 meter. Turbinene har til sammen en slukeevne på omtrent 260 m³/s.

Kraftverkets hoveddeler er dammen med flomavledning, inntak, vannveier og kraftstasjon med permanentutstyr. Hovedmagasinet er i Enare sjø, med et magasinivolum på 2 584 mill. m³. I Norge er det kun to kraftverksmagasiner som er større (Svartisen kraftverk og Ulla-Førreutbyggingen). Enare ligger imidlertid i et svært lavt terreng, og det er derfor mange norske kraftverksmagasiner som har større innhold av energi. Kraftverket karakteriseres som et elvekraftverk. Formålet med oppdemningen er å gi fallhøyde og stabile inntaksforhold.

Det er to dammer ved inntaksmagasinet. Hoveddammen fra 1964 ligger på toppen av Skogfoss. Den er 380 meter lang og 15 meter høy, og ligger dels på norsk og dels på russisk grunn. Det er en platedam i betong flankert av en jorddam med betongkjerne. I dammen er det bunnløp med to luker og tre segmentluker på 5 x 12 meter for flomavledning. Lukene har elektrisk oppvarming for å hindre at de skal fryse fast. Dammen er dimensjonert for et stort istrykk i tillegg til vanntrykket. Det er bygd en sperredam for å stenge sideløpet Mennika.



Generatorene "Sigrid" og "Leopold" i Skogfoss kraftstasjon. Foto: Margrethe Moe 2004/NVE

Denne dammen ligger i på den russiske siden, omtrent to kilometer fra grensen. Fra inntaksmagasinet er det kanal fram til kraftstasjonen, hvorfra det er utløpskanal til elva. Kanalene har en lengde på bortimot én kilometer til sammen. Kraftstasjonen og kanalene ligger på norsk side.

Kraftstasjonsbygningen i tre etasjer er delvis sprengt ned i fjellet for plassering av turbinene. Ellers inneholder bygningen maskinhall, rom for instrumentering etc. Det ble satt inn et nytt kontrollanlegg i 2004. I kraftstasjonen er det to vertikale aggregater. Kaplan-turbinene har en maksimal ytelse på 25 MW hver og ble levert av svenske KMW. Generatorene på 30 MVA ble fabrikkert av Siemens og transformatorene av Per Kure.

Arkitektur

Kraftstasjonsbygningen er oppført i betong i en enkel stil og kan meget vel sies å være representativ for epoken og stedet.

Begrunnelse

Det var avtalene mellom Sovjet og Norge i 1958 som muliggjorde utbyggingen av Skogfoss kraftverk. Dette var under den kalde krigen, og viste at det var mulig å få til en fornuftig avtale mellom to land fra hver side av konflikten. Kraftverket og dets historie inngår i en lokal og i en internasjonal sammenheng. Det lokale består blant annet i en lang tradisjon med kraftproduksjon og kraftforsyning i et vidstrakt område, der Skogfoss kom inn som et betydelig kraftverk. Internasjonalt er det samarbeid over grensene om regulering, kraftutbygging, kraftproduksjon og kraftutveksling. Kraftsamarbeidet mellom Norge og Russland pågår fortsatt.

Et av oppdragene i Sovjet var byggingen av sperredammen ved Mennika. Dette er en av få norske dammer som er plassert utenfor Norges grense. Dette gjør dammen ved Mennika noe spesiell. Ikke spesiell i teknisk henseende, men som en konstruksjon som på 1960-tallet ble bygd bak jernteppet. Skogfoss kraftverk er teknisk sett et representativt norsk elvekraftverk fra 1960-årene. Kraftstasjonen med permanentutstyr fra den tiden er godt bevart og godt vedlikeholdt. Kaplan-turbiner hadde på denne tiden begynt å få innpass i norske lavtrykksanlegg. Til Skogfoss som til flere andre kraftverk var det svenske leveranser. Skogfoss kraftverk har et internasjonalt preg ved at det ligger på grensen mot Russland.

Litteratur:

Forskjellige forfattere (1999): 40-år For felles arbeide i Pasvikvassdraget, 1999. (40 лет единой работы: инари-паз) (40 vuotta rajavesiyhteistyötä – inarijärven ja paatsjoen säännöstely)

Mikkelsen, Anstein (1988): Med lys over landet. Glimt fra Varangerhalvøyas Kraftselskap og Varanger Kraftlag A/L gjennom 50 år. Varanger Kraftlag A/L, Vadsø.

Sør-Varanger Museum i Kirkenes (2005): Det grenseløse vannet. Internettutstilling (www.pasvikelva.no).

Braskereidfoss

Braskereidfoss kraftverk i Hedmark fylke var i drift i 1978. Elvekraftverket ved Glomma utnytter en fallhøyde på 9,5 meter og har en rørturbin som er Norges største i ytelse.

Historikk

De fleste store, eldre kraftverkene ved Glomma har Francis-turbiner, som etter hvert ble konstruert for en effektiv utnyttelse av de relativt lave fallhøydene. På 1970-tallet ble forutsetningene for utbygging endret. Da hadde først Kaplan-turbiner overtatt fallhøyder der Francis-turbiner tidligere ble brukt. Senere kom en ny type, rørturbinen, som etter forbedringer av konstruksjonen muliggjorde en økonomisk utnyttelse av fallhøyder fra ti meter og nedover. Flere kraftverk utnyttet en slik lav fallhøyde. Totalt har 13 kraftverk i Norge rørturbin med ytelse på mer enn 1 MW. Andre utviklingstrekk muliggjorde også utnyttelse av lave fall. Flere nye, store reguleringsmagasiner oppe i vassdragene ga en høyere vintervannføring lenger ned i vassdragene. En reduksjon av tunnelkostnader har gjort det mulig å bygge ut lengre elvestrekninger og dermed oppnå høyere fall uten at det må bygges høye dammer.

Viktige momenter

elvekraftverk med rørturbin

Norges største rørturbin i ytelse

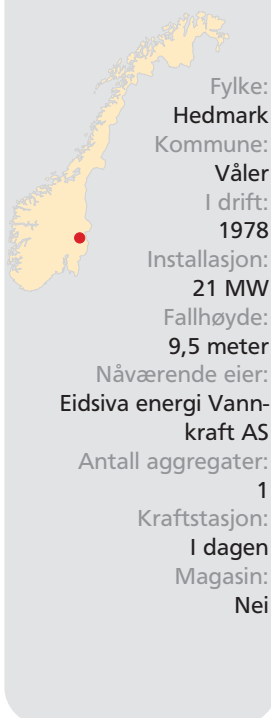
representativ teknologi

arkitektur

tilpasning til omgivelsene

Teknisk utførelse

Kraftverket utnytter fallet i Braskereidfossen i Glomma. Gjennomsnittlig fallhøyde er 9,5 meter. Kraftverkets maksimale slukeevne er 270 m³/s. Kraftverkets hoveddeler er dam med flomavledning, inntak, vannveier og kraftstasjon med permanentutstyr. Dammen danner et lite inntaksbasseng, der det vesentligste er at det holdes en mest mulig stabil vannstand for optimal produksjon og gode inntaksforhold. For regulering av vannføringene er kraftverkene langs Glomma avhengig av reguleringsmagasiner lenger opp i vassdraget. Dammen består av en fyllingsdam og en betongdam med luker (se foto). Betongdelene består av en relativ lav terskel samt



de høyere pilarer som flomlukene er plassert mellom. Største høyde er 22,5 meter, og kronebredden er 15 meter. Fyllingsdammen har største høyde på 20 meter. Kronebredden er på 8 meter. Total lengde av dammen er 320 meter. Det er kjørebane på damkronen. Damanlegget inkluderer også en fisketrapp, en sektorluke i fløtingsløpet og en dykket segmentluke foruten flomlukene. Det er tre store segmentluker for flomavledning. Foran inntaket er det varegrind og grindrensker. Fra inntaket er det et kort tilløp til turbinen. Inntaksluken er plassert rett foran turbinen. Fra kraftstasjonen er det et kort utløp, med sugerør og sugerørsluke, til elva.

Kraftstasjonen er plassert i dagen og er sammenbygd med reguleringsanlegget. Den er oppført i umalt betong og har fire etasjer. I kraftstasjonen er det en horisontal rørturbin med en maksimal ytelse på 21 MW. Turbinen ble levert av Kværner i 1978. Rørturbinen har et løpehjul av Kaplan-typen, som roterer om en horisontal aksel inne i et stort rør som ligger horisontalt i strømretningen. Generatoren er plassert i et lukket hus som er formet som en ubåt midt i vannstrømmen. Generatoren på 23 MVA ble levert av National Industri. Fra maskinsalen er det trapp ned til aggregatet. Hovedtransformatoren på 23 MVA er plassert på samme nivå som maskinsalgulvet. Ut fra kraftstasjonen er det flere utganger med 22 kV for forsyning i nærområdet.

Arkitektur

Kraftstasjonen er tegnet av arkitekt Egil Sorteberg og oppført i en funksjonalistisk stil. Bygningen er nøktern, men individuelt utformet med ubehandlet betongfasade og forsterkende profiler som gir en nyttebestemt, barsk dekorvirkning. Interiøret består i noe malt betong, mens noen andre vegger er kledd med malt glassfiberstrie.



Braskereidfoss elvekraftverk. Foto: Eidsiva Energi AS

Begrunnelse

Braskereidfoss kraftverk er en del av den teknologiske utviklingen på siste halvdel av 1900-tallet. Sammenlignet med de største kraftverkene fra denne perioden er dette et lite kraftverk. Anlegget er representativt for utbyggingen av elvekraftverk med lave fall på 1970-tallet. Det er i denne perioden de fleste kraftverkene med rørturbiner i Norge ble bygd. Rørturbinen i kraftverket er Norges største av denne typen. Damkonstruksjonen kan sies å være en typisk løsning for flere elvekraftverk fra perioden, og det samme gjelder for vannveiene, kraftstasjonens arkitektur og materialbruk og de landskapsmessige løsningene. Kraftstasjonen kan ikke karakteriseres som monumental som mange av de eldste kraftstasjonsbygningene ved Glomma. Forutsetningene for arkitektoppdragene er blitt endret siden den gang. Men arkitektene har fortsatt oppgaver med kraftstasjoner i dagen, selv om friheten i valg av løsninger nok er blitt mindre. Oppgavene er fortsatt krevende og utfordrende, for eksempel ved nye utbygginger der både kraftstasjonsbygningen og andre deler skal tilpasses landskapet og annen bebyggelse. Braskereidfoss er et eksempel på dette, der kraftstasjonsbygning, dam og inntaksbasseng er godt tilpasset omgivelsene.

Litteratur:

Hveding, Vidkunn (1992): Vannkraft i Norge. NTH, Trondheim

Alta

Alta er et elvekraftverk på østsiden av Altaelva. Kraftverket utnytter et fall på 185 meter. Det var i drift fra 1987. Utbyggingen var svært omstridt og førte til store demonstrasjoner. Få andre kraftverk opplever så mye oppmerksomhet knyttet til driften. Ingen andre kraftverk i Norge har så stor reguleringshøyde og høy dam.

Historikk

Selv om det allerede i 1922 forelå en plan for et kraftverk i Alta, ble en utbygging først vedtatt av Stortinget i 1978. Alta-Kautokeinovassdraget har sitt utspring nær riksgrensen mot Finland, helt sør på Finnmarksvidda. På de 170 kilometer til utløpet i Altafjorden får vassdraget tilsig fra en stor del av Finnmarksvidda. Elva danner de to lange, smale innsjøene Ladnatjáv'ri og Vird'nejáv'ri, Mellom dem er det en kort elvestrekning. Utbyggingen omfatter regulering av Vird'nejáv'ri. Det var en forutsetning at de naturlige vannstandene ved den samiske bygden Masi ved den sørlige delen av Ladnatjáv'ri ikke skulle påvirkes av reguleringen.

Verneplan for vassdrag ble første gang behandlet i Stortinget i 1973. Det ble vedtatt at Alta-Kautokeinovassdraget kunne konsesjonsbehandles, mens Masi ble tatt med i verneplanen for å gi sikkerhet mot neddemming av Altaelva. Stortinget vedtok i 1980 at mesteparten av vassdraget skulle vernes, med unntak av de deler som var berørt av utbyggingsvedtaket i 1978. Nedenfor dammen er elva tørrlagt to kilometer til utløpet fra kraftstasjonen like ovenfor sammenløpet mellom Altaelva og sideelva Joatkajokka fra øst. Til sammen berører utbyggingen omlag 20 kilometer av elva.

Alta-utbyggingen er den kraftutbyggingen i Norge som har fått størst oppmerksomhet i det politiske miljøet og i den alminnelige debatten.

Viktige momenter

omstridt utbygging

høyesterettsdom

"målestokk" for kraftutbygging

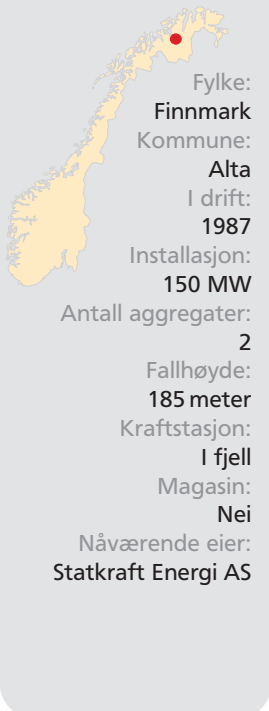
driften av kraftverket

elvekraftverk med høyt fall

stor, massiv hvelvdam

arkitektur og landskapspleie

inngår i Landsverneplan Statkraft



Fylke: Finnmark
Kommune: Alta
I drift: 1987
Installasjon: 150 MW
Antall aggregater: 2
Fallhøyde: 185 meter
Kraftstasjon: I fjell
Magasin: Nei
Nåværende eier: Statkraft Energi AS



I Alta-saken ble det lagt større vekt på virkningene på natur og miljø enn i noen tidligere utbygging. Særlig ble virkningene på reinbeitet grundig vurdert. Andre framtreddende temaer var krav om vern av vassdraget, laks og laksefiske, landskap og miljø. Videre gjaldt saken lokal bosetning, samisk kultur og samiske rettigheter. Utbyggingen ble utsatt i flere år på grunn av demonstrasjoner og behandling av sakens juridiske sider. Saken ble ført helt til høyesterett. Dommen i 1982 fastslo enstemmig at det ikke forelå saksbehandlingsfeil som kunne hatt innvirkning på Stortingets vedtak om utbygging.

Veien fra tettstedet Alta til kraftverket gir mulighet for friluftsliv og turisme. Samtidig er trafikken regulert slik at reinen ikke forstyrres.

Alta kraftverk inngår for tiden i Statkraft Energi AS sitt arbeid med Landsverneplan Statkraft.



Alta inngangsportale, tipp og grustak. Foto: Knut Ove Hillestad 1989/NVE

Teknisk utførelse

Kraftverket utnytter fallet fra inntaksmagasinet til Altaelva to kilometer nedenfor. Fallhøyden på 185 meter er oppnådd ved at det er bygd en dam fem kilometer nedenfor utløpet fra Vird'nejäv'ri. Her har elva dannet en 150 meter dyp canyon med stupbratte sider. Dette er det trangeste partiet langs Altaelva. Kraftverkets hoveddeler er inntaksmagasin, inntak, dam med flomavledning, vannveier og kraftstasjon med permanentutstyr. Magasinvolumet er på 135 mill. m³. Inntaksmagasinet er som ved andre elvekraftverk etablert for å oppnå trykkehøyde. Magasinet har en lengde på 18 kilometer. Arealet ved fullt magasin er 2,9 km². Da står vannet om lag 15 meter høyere enn normalvannstanden i Vird'nejäv'ri før reguleringen. Vird'nejäv'ri kan senkes fem meter. Reguleringen for denne klart største delen av magasinet er dermed 20 meter. Dammen er en såkalt dobbelkrum, massiv hvelvdam. Den var ferdig i 1987 og er Norges høyeste hvelvdam. Fra damfoten i bunnen av kløften og opp til damkronen er det 110 meter. Kronelengden er 140 meter. Kronebredden er fem meter. Det er fast overløp på en del av damkronen. Damtykkelsen er 15 meter på det meste.

For å få adkomst til det dypeste partiet ble det sprengt en tunnel som går i spiral nedover til elvebunnen. Lengden er 1 200 meter, og tverrsnittet er 25–35 m². Fra tunnelen ble det sprengt avstikkere ut til fjellsiden i forskjellige høyder for rensk og for senere adkomst til inspeksjons-galleriene i dammen. Fra spiraltunnelen ble det også etablert adkomster til lukesjakter for vanntunnelene. Det ble også sprengt en omløpstunnel og to tunneler for flomavledning. Fra inntaket i magasinet er det en tilløpstunnel til kraftstasjonen. For at temperaturen i driftsvannet skal tilsvare vanntemperaturen i elva nedenfor kraftverket så bra som mulig, er det inntak i to forskjellige nivåer. Fra kraftstasjonen ledes vannet tilbake til elva gjennom en utløpstunnel. Total lengde av tunneler og sjakter for hele kraftverket er omtrent ni kilometer.

De to aggregatene har forskjellig størrelse. Dermed kan driften tilpasses ønsket vannføring med mindre tap av virkningsgrad. Kraftverket ligger ovenfor den lakseførende delen av elva. Driften dreier seg om optimalisering av kraftproduksjonen med tilpassing av vannføringen slik at laksen får de best mulige forhold.

Kraftstasjonen er plassert i fjell på østsiden av elva. En 900 meter lang adkomsttunnel leder inn til stasjonen der det er to vertikale aggregater. De to Francis-turbinene fra Kværner har en ytelse på 100 MW og 50 MW. Generatorene er produsert av National Industri og er på 120 MVA og 60 MVA. Hovedtransformatorene fra ASEA-Per Kure er også på 120 MW og 60 MVA.

Mesteparten av vannet brukes i kraftproduksjonen. I tillegg til overløp over damkronen kan det foretas tapping av overskuddsvann forbi dammen og kraftstasjonen. Kraftverket har et omfattende tappesystem. Alta kraftverk fjernstyres fra Korgen i Nordland.

Arkitektur

Alta kraftverk er et besøkskraftverk. Det ble lagt inn noe ekstra ressurser til arkitekturen i kraftstasjonshallen. Det er to portalbygg, et til kraftstasjonen og et til damkronen. Portalbyggene og kraftstasjonen i fjellet er tegnet av arkitekt Egil Sorteberg. Sorteberg hadde på denne tiden



Damkronen ved Alta. Foto: Sjur Bjerkli/NVE

flere oppgaver for Statkraft. Utførelsen har derfor karakteristiske trekk som gjenfinnes i andre kraftverk bygd av Statkraft. Landskapsarkitekturen var vektlagt her som ved andre utbygginger. Steintippene, dammen og andre konstruksjoner er fint tilpasset landskapet. Under planleggingen og byggingen var det et overordnet mål at kraftverket skulle framtre som en viktig del av et levende framtidig kulturlandskap. Det skulle innpasses i landskapet på en diskre måte.

Begrunnelse

Planleggingen, saksbehandlingen, byggingen og driften av Alta kraftverk har mange sider. Kraftverket er utenom de tekniske forhold trolig mest kjent som en omdiskutert og sterkt debattert utbygging – og en stor dam. Det ble mange og harde debatter om forhold knyttet til blant annet det samiske, det politiske og villaksen. Utbyggingen tilførte det norske språk et nytt ord. En "Alta-utbygging" er senere brukt for å sammenligne størrelsen av andre utbygginger med Alta-utbyggingen.

I det juridiske systemet kom saken til Høyesterett. Dette var første gang Høyesterett uttalte seg om alle sider av saksbehandlingen i en sak om en vassdragsregulering. Det var derfor knyttet sterke faglige interesser til dommen. Etter en grundig gjennomgang slo Høyesterett fast at den rettspraksisen som myndighetene hadde fulgt, var riktig. Dommen fikk dermed betydning for alle som arbeider med vassdragsrelaterte saker i Norge.

Driften av kraftverket skjer ut fra strenge krav til vannføringer og vanntemperaturer. Det er konstruert et sinnrikt drifts-, tappe-, måle- og kontrollsystem for å overholde kravene i manøvreringsreglementet. Det er få andre kraftverk i Norge, om noen i det hele tatt, der det er knyttet så stor oppmerksomhet til driften. Kraftverket er et elvekraftverk og er for så vidt typisk med dam, inntaksmagasin, vannveier og kraftstasjon. Men det er ingen andre elvekraftverk i Norge med en så stor reguleringshøyde og en så høy dam. Dammen er ikke spesielt dominerende i landskapet. Men den er imponerende og mektig. Det gis et godt overblikk over både dammen og magasinet fra et arrangert utkikkspunkt i passende høyde på østsiden av elva omtrent 250 meter nedenfor dammen. Dammen ved Sautso er Norges høyeste hvelvdam. Da den endatil er av typen massiv, er betongvolumet også stort. Det er sjelden mer enn 25 000 m³ betong i norske dammer. I Altadammen er det 130 000 m³. Det er viktig med god planlegging og riktig utførelse ved så store betongarbeider. Størst betongvolum av norske dammer har Førrevassdammen på Ulla-Førre der forbruket ble 250 000 m³.

Det har blitt hevdet fra forskjellige hold at landskapspleien ved byggingen av kraftverket fikk en spesielt høy standard på grunn av protester mot utbyggingen. Dette er blitt imøtegått av NVE med henvisning til at standarden allerede var innarbeidet som en vanlig norm ved kraftutbygginger i Norge flere år før Alta kraftverk ble bygd. Men det er utvilsomt at miljø, natur og landskap var temaer med stor oppmerksomhet både under planleggingen og byggingen av kraftverket, og at oppmerksomheten fortsatt er til stede. Det kan nok med rette hevdes at løsningene er blitt til i samsvar med målsettingen om å være diskre, men ikke provoserende.

Litteratur:

Hillestad, Knut Ove (1993): "Alta kraftverk i landskapet" i Kraft og miljø nr. 4. NVE, Oslo.

Køber, Kjell (1981): Alta-utbyggingen har mange sider. Oslo.

Næsje, Tor Fredrik (red.) (1998): Altalaksen. Kultur, kraftutbygging og livsmiljø. Alta kommune, Alta.

Svartisen

Svartisen kraftverk i Nordland fylke ble satt i drift i 1993. Kraftverket representerer dermed en utbygging seint på 1900-tallet. Samlet installasjon vil være på 600MW når det andre aggregatet blir satt i drift. Fallhøyden som utnyttes er på 585 meter.

Historikk

Byggingen av Svartisen kraftverk startet i 1987 og kraftverket ble satt i drift i 1993. Anleggsarbeidene fortsatte til de to store steinfyllingsdammene sto ferdige i 1998. Utbyggingen ble planlagt som en erstatning for mesteparten av Glomfjord kraftverks produksjon og medførte en betydelig økning av reguleringshøyden i hovedmagasinet Storglomvatn. Svartisen kraftverk overtok dermed hovedmagasinet for Glomfjord kraftverk. Det ble dessuten bygget tre store tunneloverføringer fra en rekke bekker og elver til Storglomvatn. Kraftstasjonen fikk utløp i Nordfjorden, som er den innerste delen av Holandsfjorden.

Planlegging av en omfattende utbygging i Saltfjellet-Svartisen området begynte i 1973. I forkant av utbyggingen ble den 7614 meter lange Svartistunnelen bygget fra Fykanvatnet til Kilvik. Veitunnelen var den gang Nord-Europas lengste og inngår i Kystriksveien sammen med to andre samtidige tunneler. Kraftstasjonen ligger inne i fjellet. Byggingen av dammene ved Storglomvatnet og Holmvatnet kom ikke i gang før det øvrige arbeidet var på det nærmeste fullført. Kraftverket fjernstyres fra driftssentralen i Korgen lenger sør i Nordland.

Teknisk utførelse

Kraftverket nytter fallet fra inntaksmagasinet i Storglomvatnet til Nordfjorden. Driftsvannføringen kan ligge på opp mot 120 m³/sek.

Viktige momenter

politikk, utbygging og vern

stor utbygging for sin tid

inntak under isbre

anleggsteknikk

miljø og landskap

utbyggingsløsningen totalt sett

kontinuitet

inngår i Landsverneplan Statkraft



Fylke: Nordland
Kommune: Meløy
I drift: 1993
Installasjon: 350 MW
Antall aggregater: 1
Fallhøyde: 585 meter
Kraftstasjon: I fjell
Magasin: Ja
Nåværende hovedeier: Statkraft Energi AS



Kraftverkets hoveddeler er overføringstunneler med omkring 50 bekkeinntak, magasin, dammer, inntak, tilløpstunnel, kraftstasjon med permanentutstyr og utløpstunnel til Nordfjorden. Svartisen kraftverk er en omfattende utbygging.

Storglomvatnet er kraftverkets eneste magasin. Fra inntaket i magasinet er det en tilløpstunnel til kraftstasjonen og derfra en utløpstunnel til Nordfjorden. Utbyggingen har to omfattende systemer for overføring av vann. Østoverføringen overfører vann fra de øvre deler av Beiarvassdraget og Ranavassdraget til Storglomvatnet. Det andre overføringssystemet, sør- og nordoverføringen, tar inn et stort antall bekker som har avrenning til Holandsfjorden, Nordfjorden og Fykanåga. Fykanåga er elva fra Storglomvatnet til Glomfjorden. Alle overføringene er såkalte takrenner – en samletunnel som tar inn vann fra bekker og elver til et egnet sted.



Portalbygg ved Svartisen kraftverk. Foto: Sissel Riibe 2009/NVE

Overføringene fra sør og nord ender i et stort felles sandfang, eller sedimenteringskammer inne i fjellet på omtrent 600 moh. Derfra ledes vannet gjennom en energidreper til en vertikal sjakt ned til tilløpstunnelen. I tilløpstunnelen strømmer vannet enten direkte til turbinen eller til Storglomvatn for magasinering.

Magasinet på 3,5 milliarder m³ er Norges største regnet i volum. Storglomvassdammen og Holmvassdammen sørger for oppdemming til ett magasin. Begge er steinfyllingsdammer med sentral tetning av asfaltbetong. Storglomvassdammen er den største og har en høyde på 125 meter og en kronelengde på 825 meter. Massene i dammen har et volum på 5,2 mill.m³. Steinmassene utgjør mesteparten og ble tatt ut fra et stort steinbrudd inne i det framtidige magasinet. Bruddet er derfor oppfylt med vann ved høy magasin vannstand. Storglomvassdammen var lenge verdens høyeste steinfyllingsdam med asfaltbetong som sentral tetning. Holmvassdammen har en høyde på omtrent 50 meter og en kronelengde på 380 meter. Damvolumet er på 1,2 mill.m³.

Det er store mengder sedimenter i vannet i disse områdene. Sedimentene kan forårsake stor slitasje på turbinen. Etersom vannet fra nord- og søroverføringen tas inn i tilløpstunnelen bare noen få hundre meter ovenfor turbinen ble det nødvendig å sprengte ut et eget sandfang ovenfor sjakta mot tilløpet. Sandfanget tømmes ved maskinell utlastning. Nord- og søroverføringen består av en rekke inntak som ligger på nivå 600 – 750 moh.

Engenbreen er en arm av Svartisen som strekker seg ned til 100 meter over havet. Vannet fra breelva blir derfor tatt inn via et såkalt subglasialt inntak. Det finnes bare to subglasiale inntak i Norge. Det andre er under Bondhusbreen i Folgefonn-utbyggingen i Hordaland. Under Engenbreen er det også bygd et brelaboratorium. Dit kommer breforskere fra hele verden for å studere breens bevegelser og egenskaper, bokstavelig talt fra bunnen.

Tilløpstunnelen fra inntaket i Storglomvatnet til kraftstasjonen er 6400 meter lang og har en diameter på 8,5 meter. Den er med dette den største fullprofilborede tunnel i et norsk kraftverk. Med så stort tverrsnitt kunne også uttransporten av massene foregå med hjulgående kjøretøyer.

Adkomsttunnelen til kraftstasjonen har en lengde på 800 meter og et tverrsnitt på 54 m². I kraftstasjonen er det nå installert to vertikale aggregat. Den opprinnelige Francis-turbinen fra Kværner har en ytelse på 350 MW. Trykkhøyden er den største i Norge for denne turbintypen. Ytelsen er den største uansett turbintype. Den vannkjølte generatoren er også Norges største med en ytelse på 410 MVA. Den ble levert av ABB. Kraftverket ble dimensjonert for ett aggregat til. Det nye aggregatet har en Francisturbin fra Rainpower med en ytelse på 250 MW, og en luftkjølt generator fra VG Power på 320 MVA, og vil komme i drift i løpet av 2012.

Kraftstasjonen har en lengde på 85 meter og en høyde fra bunn til topp på nesten 50 meter. Maskinhallen har en bredde på snaue 20 meter. Transformatorhallen med en lengde på bortimot 40 meter ligger parallelt med maskinhallen. Fra kraftstasjonen er det en utløpstunnel med en lengde på 1400 meter og et tverrsnitt på litt over 100m² til Nordfjorden.



*Storglomvatnet er Norges største magasin i volum med 3 500 mill m³.
Dammen er 125 meter høy og 825 meter lang. Foto: Statkraft*

Arkitektur

Maskinhallen er stor og lys, karakteristisk for slutten av 1900-tallet. Toppen av kraftverkets generatorer er det som vises av installasjonen uten å gå nedover i etasjene. Den ene langveggen har hovedsakelig nakent fjell. Den andre langveggen er forblendet med fargede Leca-blokker. I tillegg til den dekorative effekten virker Leca-blokkene også støydempende. Arkitekt var Egil Sorteberg.

Begrunnelse

Mange viktige trekk fra en relativt sen epoke i norsk kraftutbygging er representert ved Svartisen kraftverk. Her nevnes krevende topografi, tøft vær, omfattende fjellsprenning, fullprofilboring, subglasialt inntak og et stort antall bekkeinntak. Et større sandfang/steinkammer med sedimenttransport, lange overføringstunneler, lengre vertikal sjakt i tilløpssystemet, komplisert svingesystem, store Francis-turbiner for høyt fall og store generatorer. Dessuten et stort magasin, store fyllingsdammer med tetning av asfaltbetong og pietetsfull landskapsbehandling. Selv med så mange vektige momenter kan man så absolutt stå inne for at man spesielt skal merke seg det totale konseptet.

Kraftverket dokumenterer en stor vannkraftutbygging på slutten av 1900-tallet. Noen av løsningene er tradisjonelle og er resultatet av en lang teknologisk utvikling. Som for andre kraftutbygginger er det blitt særegne løsninger for utbyggingens mer spesielle karakter. Nye løsninger og tilpasninger avhenger både av forholdene på stedet og av menneskene som prosjekterer og utfører utbyggingene. Men alt er grunnlagt gjennom lange norske tradisjoner innen faget. I denne tradisjonen inngår også kreativitet og lysten til å prøve nye løsninger og metoder. Slik har det også vært for Svartisen kraftverk.

Svartisen kraftverk er både representativt og særegent. Her dokumenteres mange av de teknologiske mulighetene i norsk kraftutbygging på slutten av det tjuende århundre. Det kan også pekes på kontinuiteten. Glømfjord kraftverk fra 1920, med en monumental kraftstasjon og en imponerende rørgate, samt senere utvidelser, ligger like i nærheten. Begge kraftverk har avansert teknologi fra sine respektive tidsperioder. De representerer en lang og spennende teknisk utvikling, anleggsdrift, anleggsliv og en lang og solid erfaring med drift av vannkraftverk.

Litteratur:

Brekke, Ola (1991): "Svartisen kraftverk. Arrangement og driftsopplegg i forbindelse med tilløpstunnel" i Fjellsprennings-konferansen 1991. Norsk Jord- og Fjellteknisk Forbund, Oslo.

Hveding, Vidkunn (1992): Vannkraft i Norge. Universitetet i Trondheim, NTH, Trondheim.



Kulturminner i norsk kraftproduksjon

Prosjektets formål var å fremskaffe informasjon og dokumentasjon om norske vannkraftverk. Et utvalg av kulturhistoriske verdifulle anlegg i nasjonalt perspektiv blir omtalt. Disse representerer også historiske faser i vannkraftutbyggingen. Viktige aspekter av den historiske utviklingen ble omtalt i egne fagartikler.

Prosjektet har bidratt til en større historisk bevissthet om våre kraftverk og har gitt viktige innspill til forvaltningen av kraftverkene.

Denne utgivelsen er en revidert og en faglig oppdatert versjon av prosjektets sluttrapport som ble utgitt i 2006. De gitte konklusjoner i prosjektet står ved lag.



Første utgave 2006 – ISBN: 82-410-0547-4

Revidert utgave 2013 - ISBN: 978-82-410-0922-8

Norges vassdrags- og energidirektorat

2013