



Nedre Otta kraftverk

Virkninger på vanntemperatur- og isforhold
samt lokalklimaet

Ånund Sigurd Kvambekk

8
2010



OPPDRAGSRAPPORT A

Nedre Otta kraftverk.

Virkninger på vanntemperatur- og isforhold samt
lokalklimaet.

Oppdragsrapport serie A nr 8-2010

Nedre Otta kraftverk.

Virkninger på vanntemperatur- og isforhold samt lokalklimaet.

Oppdragsgiver: Eidsiva Vannkraft AS

Redaktør:

Forfatter: Ånund Sigurd Kvambekk

Trykk: NVEs hustrykkeri

Opplag: 36

Forsidefoto: Isgang som har stoppet ved veibrua i Otta sentrum.

Foto: GLB, 12. desember 2007

ISSN 1503-0318

Sammendrag: Endringen i vanntemperatur er stort sett mindre enn en grad. Isforholdene blir generelt mer stabile på strekningene som får redusert vannføring. Det blir færre og mindre isganger, og færre av dem når ned til Otta sentrum. Problemene med høy vannstand ved Otta vil bli vesentlig mindre enn i dag. Lokalklimaet endres lite. Store strekninger får mindre frostrøyk enn i dag, mens det ved alternativ Pillarguri kan bli frostrøyk 1-2 km nedstrøms utløpet på et sted som ikke har nevneverdig frostrøyk i dag. Frostrøyken vil stort sett holde seg langs den åpne råken.

Emneord: Isgang, isforhold, vanntemperatur, lokalklima

Norges vassdrags- og energidirektorat
Middelthunsgate 29
Postboks 5091 Majorstua
0301 OSLO

Telefon: 22 95 95 95
Telefaks: 22 95 90 00
Internett: www.nve.no

November 2010

Innhold

Forord	4
Sammendrag	5
1 Innledning	7
2 Utbyggingsplaner	7
3 Statusbeskrivelse	8
3.1 Vanntemperatur	8
3.2 Isforholdene og tilhørende skader	11
3.3 Lokalklimaet	14
4 Konsekvenser	15
4.1 Vanntemperatur	15
4.1.1 Alternativ Åsåren	16
4.1.2 Alternativ Pillarguri	17
4.2 Isforhold	17
4.2.1 Alternativ Åsåren	18
4.2.2 Alternativ Pillarguri	19
4.3 Lokalklimaet	19
4.3.1 Alternativ Åsåren	19
4.3.2 Alternativ Pillarguri	20
5 Avbøtende tiltak	21
5.1 Vanntemperatur	21
5.2 Isforhold	21
6 Referanser	21

Forord

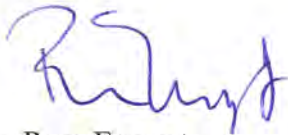
På oppdrag for Glommens og Laagens Brukseierforening (GLB) har NVE, Hydrologisk avdeling, utført en konsekvensvurdering med hensyn på virkningene av utbyggingen på vanntemperaturen, isforholdene og lokalklimaet ved utbygging av nedre Otta.

Vurderingene omfatter alternativene Åsåren og Pillarguri kraftverk.

Observasjoner av vanntemperatur og isforholdene har pågått i flere år i samarbeid med GLB. Arbeidet med rapporten er blitt utført i perioden april til juli 2010.

Ånund Sigurd Kvambekk har vært ansvarlig for oppdraget fra NVEs side, i tillegg har Ragnar Ekker arbeidet på prosjektet.

Oslo, november 2010



Rune Engeset
seksjonssjef



Ånund Sigurd Kvambekk
prosjektleder

Sammendrag

Datagrunnlag og metode

Datagrunnlaget er svært godt med Det foreligger målinger av vanntemperaturen flere steder på de berørte strekningene, og systematiske bilder av isforholdene. Lufttemperatur fra området foreligger også.

Statusbeskrivelse

Elvestrekningen som får endret vannføring er allerede regulert med omtrent doblet vintervannføring og isproblemer på deler av strekningen. Det har gått en eller flere isganger i seks av de ti siste årene.

Konsekvenser i anleggsfasen

Ingen spesielle virkninger på vanntemperatur- og isforholdene

Konsekvenser i driftsfasen

Begge alternativene Åsåren og Pillarguri:

På elvestrekningene som får redusert vannføring planlegges det 5 m³/s om vinteren og 20, 25 eller 30 m³/s om sommeren fra mai til september. Dette gir stabile isforhold om vinteren med mindre isproduksjon enn i dag og mindre vann stuet opp i isdammer. Om sommeren vil en få merkbare større oppvarming av vannet på minstevannføringsstrekningen i perioder med lite overløp og mye solstråling, særlig i april-mai. Vanntemperaturen kan da bli opp mot to grader varmere enn i dag nederst på strekningen. Når vannføringen øker på grunn av overløp nærmer temperaturforholdene seg dagens situasjon. Nedenfor utløpene av kraftverkene vil temperaturen bli litt høyere enn i dag om vinteren, og litt kaldere om sommeren, men det er snakk om noen få tidels grader.

Isganger som løsner ovenfor Eidefoss vil fortsatt kunne utløse en isgang nedover vassdraget, men vann- og ismengdene er betydelig mindre enn i dag. Isgangene vil sjeldnere nå Otta sentrum. De største isgangene vil en få ved plutselig stans i kraftstasjonen. Alt vannet vil da renne i eleveleiet og feie med seg isen. Selv en slik isgang vil trolig være mindre enn de største som går i dag.

Alternativ Åsåren:

Nedstrøms utløpet av kraftverket blir det en åpen råk på 1-2 km, men også i dag er det åpent på strekningen i lange perioder i forbindelse med isganger. Det kan fortsatt løse isganger fra området mellom utløpet og ned mot Otta sentrum, men de blir sjeldnere, inneholder mindre is og vann, og går kortere.

Alternativ Pillarguri:

Nedstrøms utløpet av kraftverket blir det en åpen råk på 1-2 km. I dag er strekningen stort sett islagt med noen åpne råker. Elva har svært lite fall på denne strekningen, mindre enn 1 m på 4 km, så vi forventer rolig islegging og ingen isgangsproblemer. Når vannet når områdene med større fall nedover mot Sjoa er allerede frysepunktet nådd og forholdene blir som i dag. Sarrproduksjonen fra den åpne strekningen vil heller ikke skape noen problemer lenger ned i Gudbrandsdalslågen.

Lokalklimaet, begge alternativene:

På elvestrekningene som får redusert vannføring vil elva dekkes mer med is enn i dag, for Åsåren gjelder dette hele strekningen, mens det for Pillarguri først og fremst blir endringer ned til et par kilometer oppstrøms Otta sentrum. Videre gjennom Otta sentrum til utløpet av Pillarguri er det også i dag stort sett isdekt. På kalde dager med åpent vann kan man oppleve frostrøyk ved elva. Ved minstevannføring og mer stabilt isdekke vil antall dager med frostrøyk gå ned. Til gjengjeld vil man på de aller kaldeste dagene få 1-4 grader kaldere luft nær elva (Utaaker, 1995). Frostrøyk ved åpen elv, og kaldere luft ved islagt elv opptrer på de samme dagene, det vil si når det er svært kaldt. De to ulempene erstatter hverandre.

Lokalklimaet, alternativ Åsåren

Anslagsvis 1-2 km nedstrøms utløpet ved Åsåren vil det bli mer åpent vann enn i dag. På grunn av isganger og høy vannhastighet er det også i dag en god del åpent vann på denne strekningen. Antall dager med frostrøyk forventes derfor ikke å øke vesentlig, men det kan bli noe mer omfattende frostrøykdannelse på disse dagene.

Lokalklimaet, alternativ Pillarguri

Anslagsvis 1-2 km nedstrøms utløpet av Pillarguri vil elva være isfri i hovedløpet. I dag er elva stort sett islagt på denne strekningen, men med noen små råker. Det forventes frostrøyk ved elva 4-12 dager pr. måned fra november til mars, mest i januar-februar. Frostrøyken vil holde seg langs elva.

Avbøtende tiltak

Det ventes litt høyere vanntemperatur på minstevannføringsstrekningen. Ved høy minstevannføring reduseres temperaturendringene. 20 m³/s om sommeren gir anslagsvis en halv grad mer oppvarming fra Eidefoss til Otta enn 30 m³/s.

Liten minstevannføring gir stabile isforhold og mindre ismengder i vassdraget.

Det er stor sannsynlighet for forholdsvis store isganger ned mot Otta sentrum ved plutselig stans i kraftverket slik at driftsvannet må slippes over dammen i det islagte elveleiet. Reguleringsmulighetene er så langt oppe i vassdraget at isgangen allerede har gått før virkningen når Eidefossen. Isgangen forventes å bli mindre enn dagens største isganger, og det er også større sannsynlighet for at isgangen stopper før Otta sentrum. Det eneste effektive avbøtende tiltaket er å bygge en omløpstunnel som ender på samme sted som kraftverksutløpet, noe som er en svært kostbart.

1 Innledning

Nedre Otta utbyggingen omfatter nedre deler av Otta vassdraget, fra Eidefossen kraftverk ved Lalm til samløpet med Gudbrandsdalslågen, samt noen kilometer nedover denne. Strekningen er allerede regulert ved magasiner i Breidalsvatnet, Raudalsvatnet, Aursjoen og Tesse. (fig. 1). Det er derfor høyere vintervannføring enn normalt, og isproblemer på flere strekninger. Strekningen som omtales som nedre Otta har særlig vært plaget med isganger fra Lalm-området som har stanset og gitt oversvømmelser i Otta sentrum, men også stor sarrproduksjon i kalde perioder har gitt tilstopping av elveløpet og oversvømmelser. Området er avgrenset innenfor firkanten i fig. 1, og vist med flere detaljer i fig. 2.

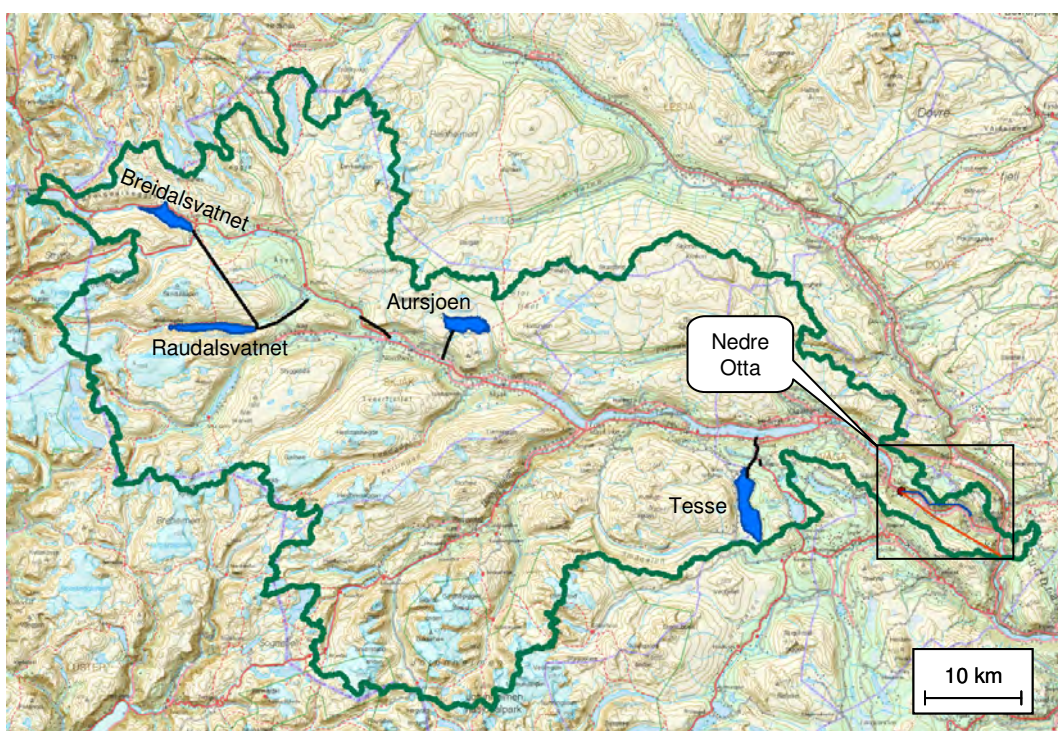


Fig. 1 Kart over Otta sitt nedbørfelt ned til planlagt utløp av Pillarguri kraftverk. Reguleringsmagasiner og område for detaljkart (se fig. 2) for Nedre Otta - utbyggingen er markert.

2 Utbyggingsplaner

I dag utnyttes bare 16 m av totalt 70 m fall på strekningen fra Lalm forbi Otta, nemlig gjennom elvekraftverket Eidefossen. Det planlegges et nytt kraftverk med samme inntaksdam som Eidefossen og utløp enten 1.5 km nedenfor Åsåren bru (alternativ Åsåren) eller 3 km nedenfor Otta sentrum (alternativ Pillarguri). Kraftverket utnytter da henholdsvis 56.5 eller 70 m fallhøyde, og slukeevnen planlegges til enten 200 eller 160 m³/s. Fig. 2 viser detaljer om utbyggingen. Elvestrekningen mellom inntaket og utløpet planlegges med en minstevannføring på 5 m³/s om vinteren (fra primo oktober til primo mai), og alternativene 20, 25 og 30 m³/s om sommeren. Det blir overløp i flomperioder eller ved driftsstans. Minstevannføringen og deler av flomtaket vil bli utnyttet i en ny turbin i dagens Eidefossen kraftverk.

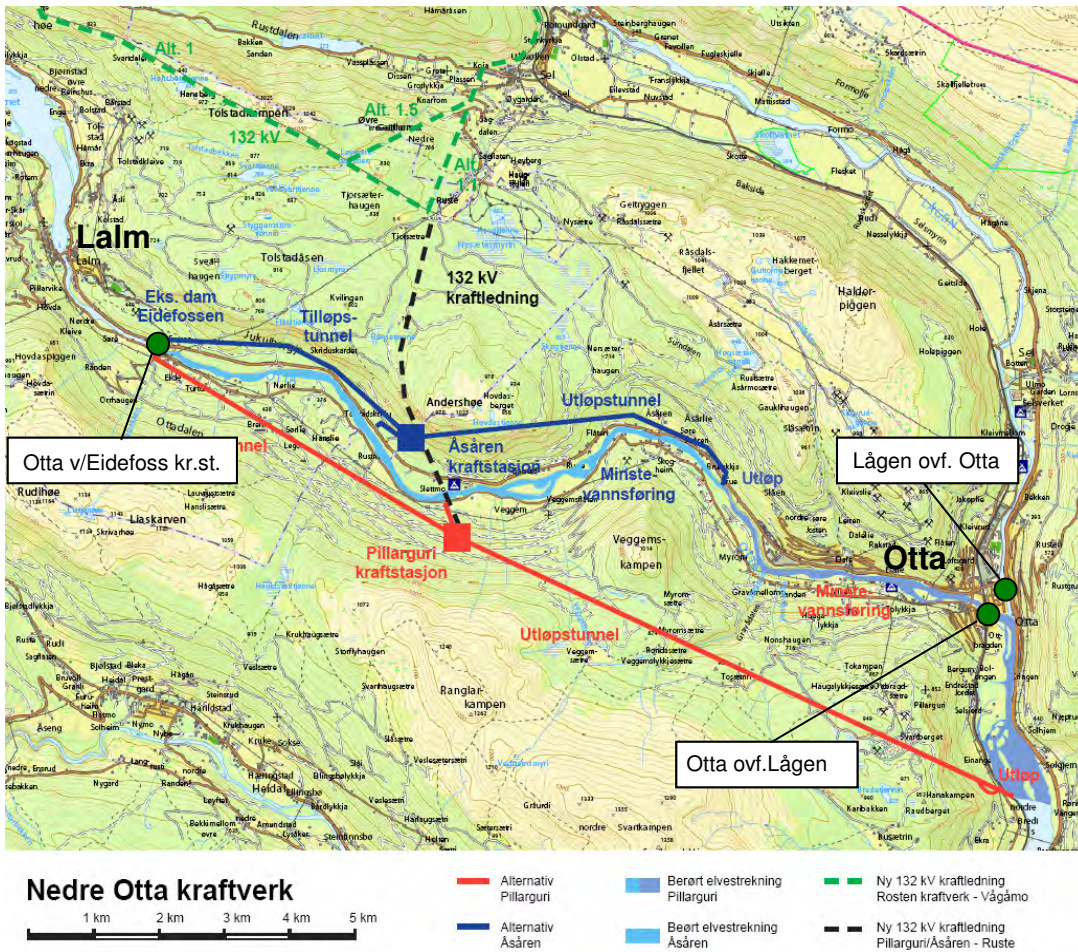


Fig. 2 Kart som viser den planlagte utbyggingen og vanntemperaturstasjonene. Kartutsnittet er markert med en firkant i fig. 1.

3 Statusbeskrivelse

Da området allerede er regulert, er også vanntemperatur- og isforholdene endret i forhold til uregulert tilstand i store deler av området. Det er derfor foretatt grundige hydrologiske undersøkelser i området.

3.1 Vanntemperatur

Vanntemperaturen er målt flere steder i vassdragene, først manuelt 1-2 ganger om dagen, men siden med loggere som måler flere ganger om dagen. De sistnevnte dataene har best hyppighet og kvalitet. Aktuelle observasjoner i påvirket område er:

- 2.674.0.1003.3 Otta v/Eidefoss kr.st. 1990-2009
- 2.653.0.1003.3 Lågen ovf. Otta 1983-2009
- 2.678.0.1003.3 Otta ovf. Lågen 1983-1985 og 2007-2009

Vanntemperaturen nedstrøms samløpet mellom Otta og Gudbrandsdalslågen kan beregnes fra målingene oppstrøms samløpet når vannføringen i de to grenene er kjent. I snitt gjennom året kommer det 3-4 ganger så mye vann fra Otta som fra Lågen, så Otta dominerer vanntemperaturen. Fig. 3 viser døgnmidler av vanntemperaturmålingene fra

den eneste perioden med loggermålinger både ved Eidefossen, i Otta ovf. Lågen og i Lågen ovf. Otta, august 2008 til september 2009. Figuren viser også middelet av døgntemperaturen for hele perioden med loggerdata på Eidefossen, 1990-2009. Vanntemperaturen nedstrøms samløpet mellom Lågen og Otta er som nevnt over beregnet og omtales som Lågen ndf. Otta.

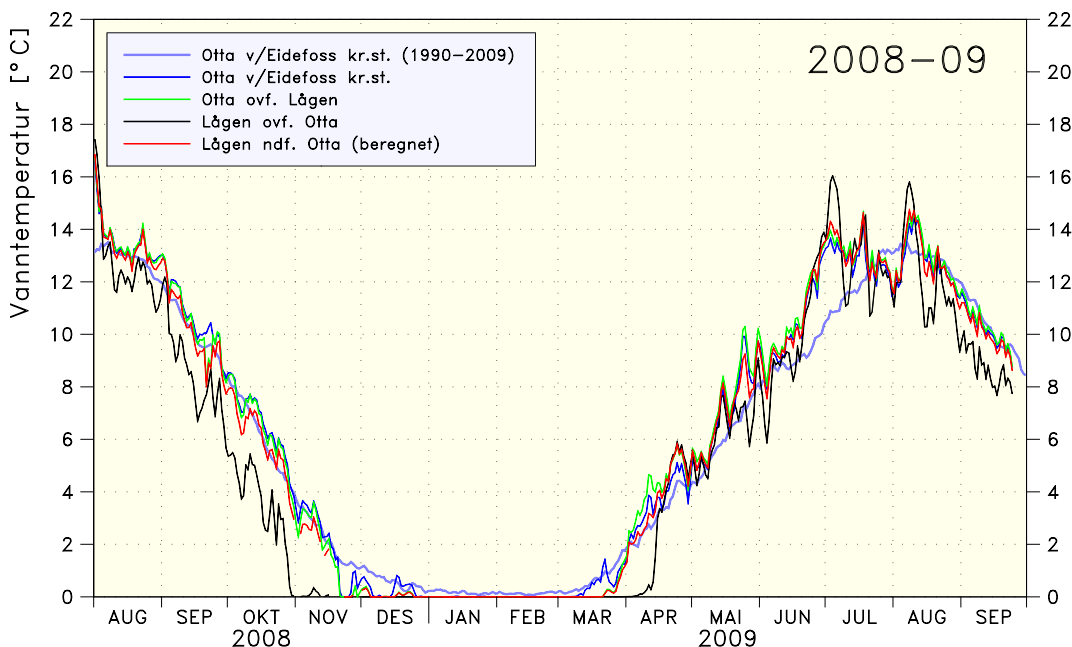


Fig. 3 Døgnmidler av vanntemperaturen fra august 2008 til september 2009 ved Eidefossen kraftverk, Otta ovf. Lågen og Lågen ovf. Otta. Temperaturene fra Lågen ndf. Otta er beregnet fra de to sistnevnte stasjonene og vannføringene i de to elvene som møtes. Figuren viser også middelet av alle døgnerverdiene ved Eidefossen i observasjonsperioden 1990-2009.

I fig. 3 ligger de to måleseriene fra Eidefossen og Otta ovf. Lågen nesten oppå hverandre, men det er målestokken som gjør at endringen på strekningen er vanskelig å se. Fig. 4 viser oppvarmingen på denne strekningen, en strekning på 15 km. Negative verdier betyr avkjøling av vannmassene. Den blå streken i fig. 4 er differansen mellom døgnmidler av loggerdataene, igjen midlet over 5 døgn. Loggerdataene er kun fra en sesong, men det finnes gamle manuelle data fra de samme målestedene fra 1974-1984. De er målt om morgenen (ca. kl. 8) og ettermiddagen (ca. kl. 17), men bare i sommerhalvåret og kun 2-3 dager i uka. Tidspunktet varierte trolig en del da det var forskjellige observatører, noe som gir usikkerhet i differansen. Tar vi differansene nedover elva fra disse dataene og beregner medianverdien over alle år av differanser i samme tid på året, ser vi til dels store variasjoner (rød og grønn strek i fig. 4). Dette skyldes både forholdsvis få data, men også det faktum at været spiller en stor rolle og gir betydelige forskjeller i oppvarmingen fra år til år. For å sjekke om differanser kl. 8 avviker fra differanser av døgnmidler har vi i loggerdataene kun sett på differanser kl. 8 og plottet det som brun strek i fig. 4. Den brune streken er differanse mellom loggerdata målt kl. 8 om morgenen. Som en ser er det av liten betydning om endringene ned elva tas fra døgnmidler eller målinger kl. 8.

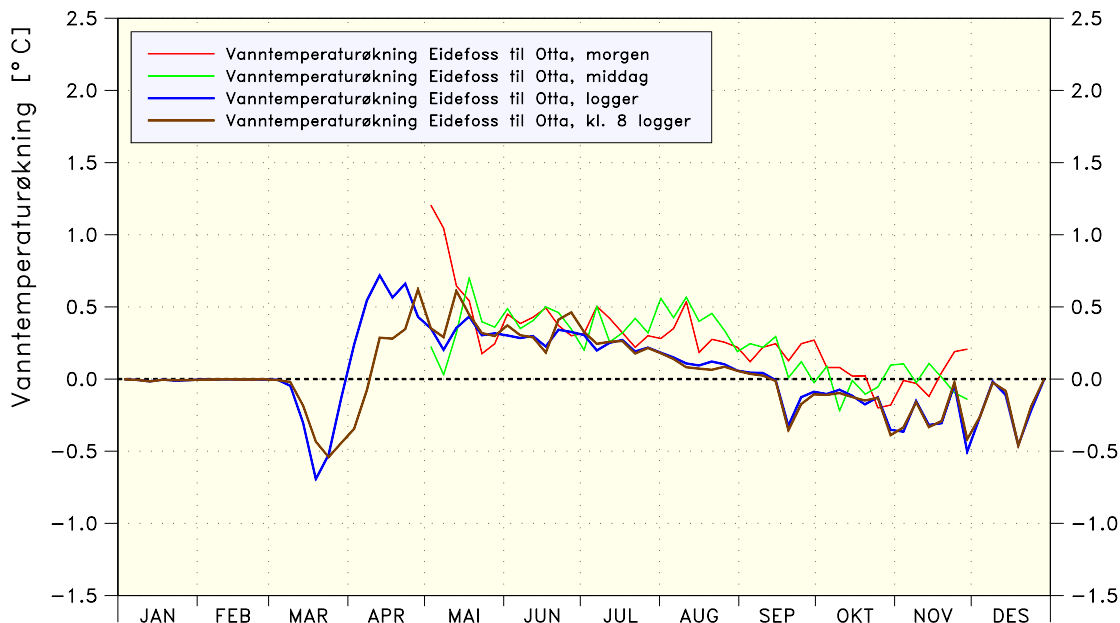


Fig. 4 Oppvarming av vannmassene i Otta elv fra Eidefossen til Otta sentrum. Negative verdier betyr avkjøling. Rød og grønn strek er basert på manuelle målinger fra 1974 til 1984 tatt henholdsvis om morgenen og kvelden ved Eidefossen og Otta. Tidspunktet varierte nok en god del på disse målingene, men er antatt likt. Blå strek er beregnet fra loggerdata med målinger hver annen time, men er bare basert på data fra august 2008 til september 2009. Brun strek er basert på samme loggerdata som den blå streken, men det er bare brukt forskjeller kl. 8 om morgenen. Dette skal være sammenlignbart med rød strek. De observerte differansene er igjen midlet over 5 døgn. Til slutt er det tatt medianverdiene av samme dato i alle observasjonsår. Median ble valgt for å ta bort svært avvikende verdier.

Gjennomgående viser de manuelle dataene i fig. 4 2-3 tideler mer oppvarming ned elva fra juli-november enn loggerdataene fra 2008-2009. Fig. 3 viser at vanntemperaturen i 2008-2009 var nær det normale i perioden juli-november, så det er vanskelig å forklare denne forskjellen. Vi synes det er rart at det måles oppvarming nedover elva helt ut i oktober, og velger å anta at loggerdifferansene er mest representativ for temperaturendringen fra Eidefossen til Otta sentrum.

Fra figur 4 ser vi at temperaturøkningen er størst i april, rundt 0.7 °C. Luften er da varmet opp, mens isen ennå ligger på Vågåvatnet og hindrer oppvarming av utløpsvannet. Når isen har smeltet varmes Vågåvatnet gradvis slik at utløpstemperaturen kommer nærmere lufttemperaturen. Utover sommeren avtar derfor oppvarmingen nedover elva gradvis til omtrent 0.3 °C i juli på strekningen fra Eidefossen til Otta sentrum. I løpet av september går det over til avkjøling. Tidlig på vinteren er det generelt en avkjøling på 0.2-0.4 °C, minst på kalde dager hvor vannet allerede er nedkjølt mot frysepunktet ved Eidefossen. I januar og februar er vannet vanligvis ved frysepunktet ved Eidefossen, og kan ikke avkjøles mer. Endringen blir da null. I mars blir det mindre kaldt og vanntemperaturen er over frysepunktet ved Eidefossen. Igjen får vi en avkjøling mot frysepunktet på strekningen fra Eidefossen til Otta sentrum. I månedsskiftet mars-april snur det igjen med plussgrader i lufta og oppvarming av vannet på strekningen.

3.2 Isforholdene og tilhørende skader

Om høsten og vinteren er vanntemperaturen ut av Vågåvatnet over frysepunktet, men vannet avkjøles på vei nedover mot Otta sentrum. Fra siste halvdel av november nås frysepunktet før Otta sentrum og sarrproduksjonen starter i elva. Ettersom det blir kaldere, og vanntemperaturen ut av Vågåvatnet faller, nås frysepunktet lenger og lenger opp i elva. I januar og februar er frysepunktet nådd allerede før Eidefossen kraftverk.

Det er såpass stort fall på strekningen fra Lalmsvatnet (1 km oppstrøms Eidefossen) til Otta at vannhastigheten mange steder er for stor for vanlig laminær islegging, som på innsjøer. Isen som vokser fra sidene rives med av strømmen. Isleggingen må derfor skje dynamisk. Når elva går åpen avkjøles vannet og det dannes ispartikler i vannet, såkalt sarr. Fortsetter avkjølingen blir sarrpartiklene underkjølt og vil da lett fryse fast til det som treffes på veien. I turbulente strykstrekninger kolliderer de med bunnsteinene og det dannes bunnis. Noen steder vokser bunnisen seg til en isdemning og demmer opp elva (fig. 5). Vannhastigheten går ned til under kritisk hastighet og isdammen islegges. På denne måten bygges isoverflaten i et trappemønster i elva. Store vannmengder blir holdt tilbake i isdammene og er en potensiell trussel dersom dammene brister.

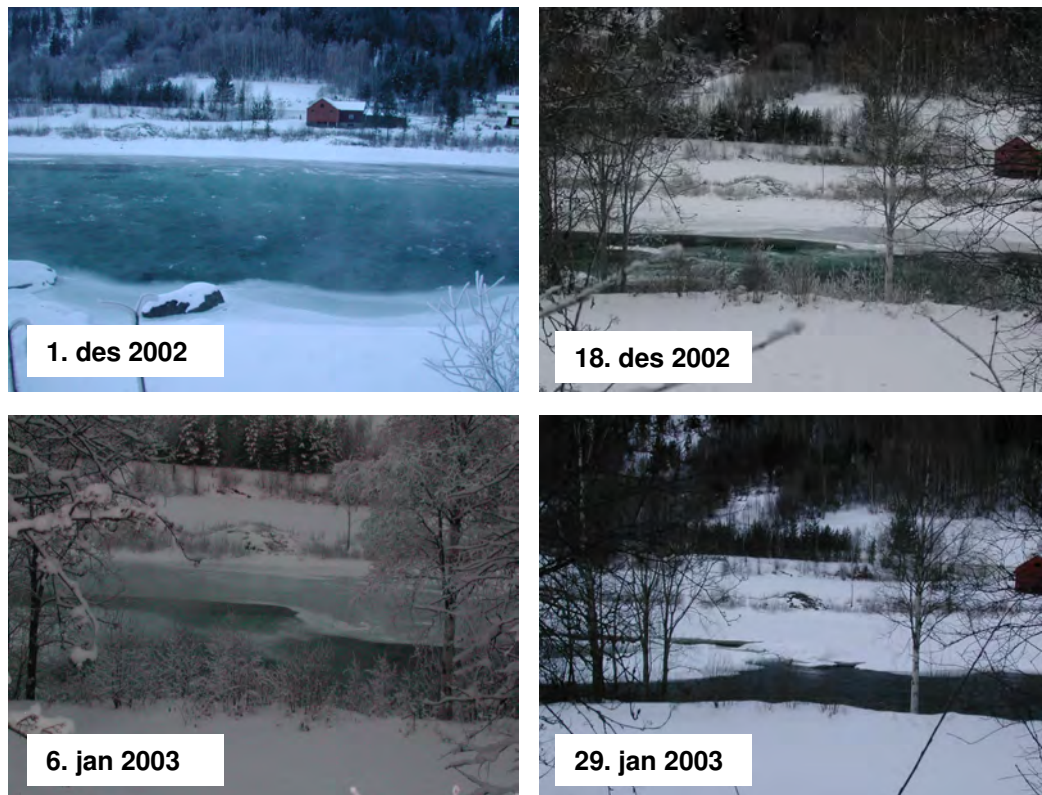


Fig. 5 Isdemning under utvikling og gjennomskjæring ved Flåten, 1 km oppstrøms Åsåren, omtrent halvveis mellom Eidefossen og Otta sentrum. Bildene er tatt i perioden 1. desember 2002 til 29. januar 2003. Foto: GLB

Når det meste av strykpartiet er islagt reduseres avkjølingen. Bunnisen løsner og flyter opp, og hvis utviklingen får foregå uforstyrret vil vannet samle seg i et hovedløp. Falloppvarmingen kan da være tilstrekkelig til at vannet smelter seg gjennom isdemningene i en smal passasje (fig 5 siste bildet). Elven vil ”skjære seg ned”, og får et dypere og smalere løp enn før, synlig eller skjult under ismassene. Isdammen tappes

langsomt ut, vannstanden synker, og isen blir hengende i luften. Det er ikke uvanlig at isdekket i slike tilfeller brekker ned rett over strømdraget slik at elva åpner seg her. Når det er likevekt mellom avkjøling og oppvarming er isforholdene stabilisert. Ved fortsatt stabilt vintervær skjer det små forandringer resten av vinteren. Prosessen er nærmere beskrevet i Asvall (2010).

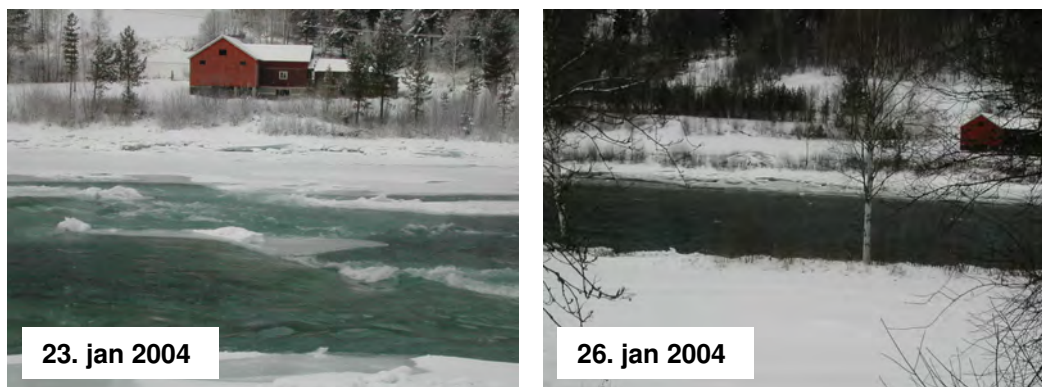


Fig. 6 Isdam ved Flåten som ble utløst i isgangen 25. januar 2004. Foto: GLB

På grunn av reguleringen er vintervannføringen i Otta ved Eidefossen anslagsvis $50 \text{ m}^3/\text{s}$, mens det uregulert ville vært bare $15\text{-}20 \text{ m}^3/\text{s}$. Dette gjør at vesentlig større vannmengder samles i isdammene da dammene må bygges høyere for å få ned vannhastigheten. Høyere dammer gir en betydelig større risiko for dambrudd. Ved dambrudd slippes vannmassene brått løs, og kan dra med seg neste isdam (fig. 6). Når store vann og ismasser er i drift ned elva kalles det isgang. I dag går det derfor relativt ofte isganger i Otta, omtrent årlig. Ismassene løsner gjerne i forbindelse med temperaturstigning, og i Otta stopper som regel ismassene når det møter flatere parti ved Otta sentrum (fig. 7). Det dannes en propp på noen hundre meters lengde, noen ganger rundt en kilometer. Isproppens nedre grense er som regel et sted mellom 500 m nedstrøms Otta sentrum og 500 m oppstrøms sentrum. Bortsett fra isproppen og isblokker som ligger strødd langs elvekanten er elveløpet renset for is etter en isgang, og isdekket må igjen etableres. I neste kuldeperiode starter ny sarrproduksjon.



Fig. 7 Isgang som stoppet i Otta sentrum 22. desember 2007. Foto: GLB, 28. desember 2007

Isganger i Otta på strekningen Lalm-Otta sentrum har stort sett ikke forårsaket skade på annet enn kantvegetasjonen på strekninger som isgangen har passert. Problemene oppstår når isproppen setter seg. Isen danner da en dam og vannstanden stiger oppstrøms proppen. Der grunnen består mye av grus er det god kommunikasjon med grunnvannet, så grunnvannstanden i områdene langs elva vil også stige forholdsvis raskt. Det er flere eksempler på at hus har fått vannstandskader i kjelleren selv om elva ikke har gått over sine bredder. Vanligvis er det mest kritisk de første dagene etter at en ispropp har satt seg. Heldigvis finner (eller smelter/eroderer) vannet ofte etter hvert en vei gjennom vannmassene slik at vannstanden synker noe oppstrøms proppen.

Sarrproduksjonen i Otta er stor når elva går åpen og det er kaldt. Når hastigheten på elva er over ca. 0.6 m/s vil sarrpartikler som møter et isdekke dukke under og følge vannstrømmen under isen. Dersom vannhastigheten avtar, eller sarmengden øker, kan sarret legge seg og delvis tette kanalene under isen. Det må da større trykk til for å presse vannet under isen, og vannstanden oppstrøms innsnevringen stiger. Kombinasjonen av stor sarrproduksjon under isleggingen i november-desember, påfølgende isgang, og deretter ny sarrproduksjon, gir relativt ofte kritiske situasjoner i Otta sentrum hvor elva flater ut og sarret legger seg under isen (fig. 8)



Fig. 8 Bildet viser rester av sarr som har festet seg under isen i løpet av vinteren 2009/10. Sarret har gråere farge enn det tynne stålslaget på toppen. Tykkelsen er omtrent 1.5 m. Bildet er tatt i samløpet av Otta og Lågen i Otta sentrum. Foto: Ragnar Ekker, NVE, 16. april 2010.

For å dokumentere isforholdene på strekningen Lalm-Otta sentrum er det foretatt systematisk fotografering fra 10 faste steder flere ganger om vinteren i fra sesongen 2002/03. Før det foreligger det kun sporadiske bilder. Fra bildene ser vi at elva stort sett er dynamisk islagt, og en kan avsløre de fleste isganger. I 6 av 10 vintre fra 2000/01 har det gått en eller flere isganger (tabell 1). Omtrent halvparten stoppet før den øverste veibrua i Otta sentrum, mens resten stort sett ikke stoppet før litt nedover Lågen.

Tabell 1 Kjente isganger i Otta mellom Lalm og Otta sentrum i fra 1995-96. Det er bare sporadisk informasjon frem til 2001/02. Tabellen viser også høyeste vannstand [moh] i forbindelse med hendelsene, målt ved jernbanebrua i Otta sentrum, og økning i vannstand fra noen dager før hendelsen.

Sesong	Isgang	Maks vannstand	vst.økning	Merknad	
1995/96	23.12.1995	28.12.1995	285.15	1.0	Isgangsbilde 30.01.1996. Ispropp fra samløpet og opp til Otta camping. Datoer antatt fra vannstand.
1996/97					Mangler info
1997/98					Mangler info
1998/99					Mangler info
1999/00					Mangler info
2000/01	en isgang	06.02.2001	284.77		Ett bilde som kan tyde på at en liten isgang har passert Otta camping i løpet av vinteren.
2001/02	03.01.2002	03.01.2002	285.23		Stor isgang i januar. Startet nedstrøms Lalm og endte i Lågen.
2002/03		14.01.2003	283.64		Ingen isganger
2003/04	25.12.2003	26.12.2003	284.08	1.0	Liten isgang ca. 25. des, startet litt oppstrøms Asåren. stoppet ved samløpet.
	06.01.2004	06.01.2004	284.48	0.6	Ny større isgang 6. jan. startet ovf. Ruste-stoppet ovenfor bilbru Otta. Gikk forbi Otta camping
	25.01.2004	25.01.2004	284.24	0.6	Ny isgang 25. jan fra nedstrøms Eidefoss som stanset i eksisterende ispropp ved Otta camping og bygde seg forbi Dalemoen.
2004/05		27.12.2004	284.44	1.5	Helt islagt 27. des, vannstanden steg 1.5 m ved Otta under isleggingen.
		08.02.2005	283.40	0.0	Elva har rensket seg pga mildvær. Ikke isgang.
2005/06		21.01.2006	284.54	1.8	Helt islagt på bilde 25. januar. Elva steg 1.8 m under isleggingen.
		02.02.2006	282.54	-1.0	Elva åpnet seg igjen til 2. februar, ikke isgang. Vannstanden falt 1 m på to dager.
2006/07					Bare delvis islagt ved Otta. Under 283.8 moh hele vinteren.
2007/08	22.12.2007	22.12.2007	285.01	1.5	Mellomstor isgang. Stoppet i samløpet og la seg oppover til 300 m ndf. Otta camping
2008/09					Fylte seg 7. januar av flytende isflak og bunnis. Kan knapt kalles isgang.
	10.02.2009	10.02.2009	284.26	0.8	Stor isgang som stanset 500 m nedstrøms Otta camping. Vannstandsending i Otta varte bare 1 time.
2009/10	30.12.2009	11.01.2010	285.23	1.5	Isgang like før nyttår som startet nedenfor Eidefoss, stanset 100 m oppstrøms Otta bru. Vannstanden steg nedstrøms proppen pga. sarr i ettertid av isgangen.

3.3 Lokalklimaet

Strekningen Eidefossen-Otta sentrum har et typisk innlands dalklima. Kaldt i kuldeperioder, men mildværsinnslag slipper forholdsvis lett til. De nærmeste meteorologiske målestasjonene er Klones i Vågå (371 moh) som ligger nær utløpet av Vågåvatnet og Otta-Bredvangen (285 moh) som ligger 5 km lenger ned i Gudbrandsdalen enn Otta. Trolig er Otta-Bredvangen mest representativ for strekningen Eidefossen-Otta sentrum, da dalbredden er omtrent den samme. Oppe ved Vågåvatnet er dalen bredere og mer utsatt for fallvinder fra fjellene som kan bryte ned inversjonen. Måleserien er derimot betydelig lenger på Vågå-Klones. Fig. 9 viser månedsmiddeltemperaturen på de to stasjonene i den felles måleperioden 1970-1979. Vi ser at det er anslagsvis 1.5 °C kaldere ved Otta-Bredvangen enn ved Klones i januar-februar, skiftende over til 0.7 °C varmere i juni og juli. Ser vi på antall døgn med lavere middeltemperatur enn -10 °C, så er det 390 slike døgn i måleperioden på Otta-Bredvangen, men bare 278 på Vågå-Klones. Under -20 °C var antall døgn henholdsvis 74 og 54. Dette tyder på at kaldluften ligger lenger og at temperaturen blir lavere ved Otta-Bredvangen enn ved Vågå-Klones. Dalen er forholdsvis bred ved Vågå-Klones, mens den er svært smal ved Otta. Frostrøyk kan forekomme i kalde perioder ved åpen elv, men er ikke rapportert som noe stort problem.

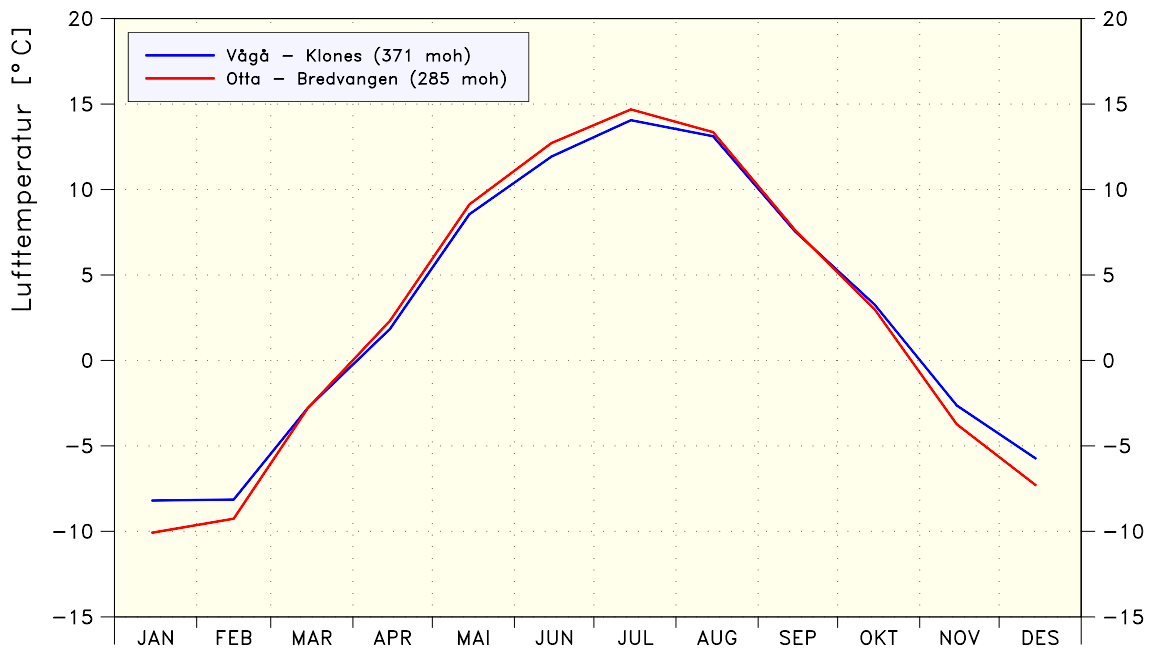


Fig. 9 Gjennomsnittelig månedsmiddel av lufttemperaturen på målestasjonene Klones i Vågå og Otta-Bredvangen i den felles måleperioden 1970-79.

4 Konsekvenser

Det ventes ingen spesielle problemer for vanntemperatur eller isforhold i anleggsfasen. Endringene inntreer først når vannet ledes gjennom det nye kraftverket. Konsekvensene som omtales her gjelder derfor for driftsfasen.

4.1 Vanntemperatur

Når vannet ledes gjennom en tunnel forandrer vanntemperaturen seg svært lite. Ved en lang tunnel viskes døgnvariasjonene bort, men døgnmiddelet bevares. Om vinteren vil det alltid være en liten overtemperatur på vannet ut av kraftverket, selv om det var ved frysepunktet ved inntaket.

I dag renner vannet i elva fra inntaksstedet til utløpsstedet, og vannet varmes opp om sommeren og avkjøles om vinteren. Da mesteparten av vannet ledes gjennom tunnelen vil denne endringen forsvinne og vanntemperaturen nedstrøms utløpet blir påvirket. Også vanntemperaturen i det "gamle" elveleiet kan bli påvirket da redusert vannføring gir mer værpåvirkning, og eventuelt grunnvannstilsig får øket betydning. Fra målingene på strekningen er det ingenting som tyder på noen vesentlig grunnvannspåvirkning, men vannføringen er hele tiden så høy at det uansett ville være vanskelig å skille det ut. Fig. 10 brukes i vurderingene. Den viser oppvarming ned Mandalsvassdraget ved ulike vannføringer når vanntemperaturen er 5 grader kaldere enn lufttemperaturen. Kurven er et resultat av målinger og simuleringer med vanntemperaturmodellen RICE. Simulert strekning er 60 km, altså fire ganger så langt som fra Eidefossen til Otta.

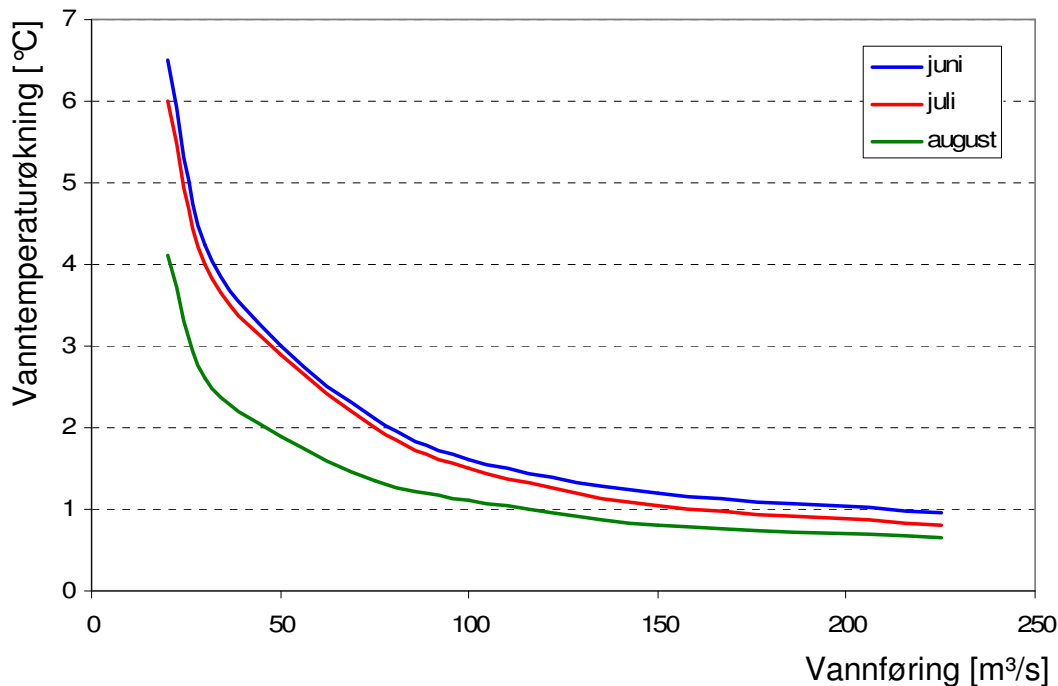


Fig. 10 Vanntemperaturøkning ned Mandalsvassdraget (60 km) ved ulike vannføringer. Kurven er et resultat av målinger og simuleringer med RICE (etter Tvede, 1993).

Ved drift i kraftverket får strekningen fra Eidefossen til kraftverksutløpet redusert vannføring. Om vinteren planlegges en minstevannføring på 5 m³/s, noe som betyr en vesentlig mindre vannmengde enn ved dagens 40-60 m³/s. Da reguleringene oppstrøms Eidefossen ikke endres, betyr det at omtrent 35-55 m³/s går gjennom kraftverket om vinteren. En betydelig lavere vannføring vil medføre at vanntemperaturen om vinteren faller enda tidligere til frysepunktet. Mer stabil islegging vil også gjøre at vanntemperaturen holder seg stabilt rundt frysepunktet også i kortvarige mildværsperioder. Det er lite sannsynlig at lokalt tilsig av grunnvann vil kunne gi noen overtemperatur på vannet annet enn ved utslippspunktene.

I starten av mai økes minstevannføringen til enten 20, 25 eller 30 m³/s frem til starten av oktober. I denne perioden kan det være vesentlig overløp, særlig i juni og halve juli hvor vannføringen i middel vil ligge rundt 100 m³/s. Fra fig. 10 ser vi at vanntemperaturøkningen om sommeren vil øke når vannføringen avtar. Grovt sagt fører en halvering av vannføringen til en dobling av vanntemperaturøkningen.

4.1.1 Alternativ Åsåren

Alternativet har utslipp ved Åsåren 9 km nedstrøms Eidefossen. Fra fig. 4 og 10 kan vi anslå at vanntemperaturøkningen fra Eidefossen til Åsåren vil øke fra dagens 0.2-0.4 °C til 0.6-1.0 °C i april-mai når isen har gått og det ikke er overløp. Høyest temperaturøkning ventes ved minstevannføring på 20 m³/s. I juni-august er det stort sett vesentlig overløp og temperaturøkningen vil øke fra dagens 0.1-0.3 °C til anslagsvis 0.3-0.5 °C. I perioder I september-oktober skjer det gradvis en overgang hvor det går fra mer temperaturøkning til raskere temperatursenkning.

Om vinteren vil det ved utløpet av Åsåren alltid være en strekning hvor vannet har overtemperatur, selv etter blanding med minstevannføringen som er ved frysepunktet.

Vanntemperaturen vil forholdsvis raskt gå til frysepunktet midtvinters. Om sommeren vil vanntemperaturen nedstrøms Åsåren være noen få tideler lavere enn i dag. Den manglende oppvarmingen av driftsvannet kompenseres delvis av en øket oppvarming av minstevannføringen. Etter samløpet med Gudbrandsdalslågen vil endringen være så godt som neglisjerbar.

4.1.2 Alternativ Pillarguri

Alternativet har utslipp 18 km nedstrøms Eidefossen (3 km nedstrøms Otta sentrum). Fra fig. 4 og 10 kan vi anslå at vanntemperaturøkningen fra Eidefossen til Otta vil øke fra dagens 0.5 °C til 1.0-1.5 °C i april-mai når isen har gått og det ikke er overløp. Høyest temperaturøkning ventes ved minstevannføring på 20 m³/s. I juni-august er det stort sett vesentlig overløp og temperaturøkningen vil øke fra dagens 0.2-0.4 °C til anslagsvis 0.5-0.8 °C. I september-oktober skjer det gradvis en overgang hvor det går fra mer temperaturøkning til raskere temperatursenking.

I Otta sentrum vil vannet blande seg med vannet fra Gudbrandsdalslågen. Om vinteren er dette vannet også på frysepunktet så vanntemperaturen endres ikke. I november og april er derimot vannet i Gudbrandsdalslågen fortsatt på frysepunktet, mens det er 2-4 °C i Otta. Da det nå vil renne vesentlig mindre vann i Otta, rundt 5 m³/s, vil vanntemperaturen falle fra dagens 2-4 °C til anslagsvis 0.5-2 °C, mest temperaturfall ved relativt høy vannføring i Gudbrandsdalslågen. Fra mai til juli er vanntemperaturen i Otta og Gudbrandsdalslågen forholdsvis like, så nedstrøms samløpet venter vi svært små endringer ned til utløpet av Pillarguri. Utover høsten er vannet i Gudbrandsdalslågen 1-3 °C kaldere enn i Otta, så vanntemperaturen fra samløpet blir anslagsvis 0.2-1.0 °C kaldere enn i dag, mest sent på høsten og ved høye vannføringer i Gudbrandsdalslågen. Når minstevannføringen senkes mot 5 m³/s i oktober kan vanntemperaturen bli 1-2 °C kaldere enn i dag etter samløpet.

Om vinteren vil det ved utløpet av Pillarguri alltid være en strekning hvor vannet har overtemperatur, selv etter blanding med vannet i Lågen som er ved frysepunktet. Vanntemperaturen vil forholdsvis raskt gå til frysepunktet midtvinters. Om sommeren vil vanntemperaturen nedstrøms Pillarguri være noen få tideler lavere enn i dag. Den manglende oppvarmingen av driftsvannet kompenseres delvis av en øket oppvarming av minstevannføringen. Etter samløpet med Sjoa vil endringen være så godt som neglisjerbar.

4.2 Isforhold

Ved begge alternativene vil vannføringen om vinteren gå ned fra 40-60 m³/s til 5 m³/s. Dette vil gi vesentlig stabilere isforhold enn i dag. Da vannføringen er lav også i isleggingsperioden vil størrelsen på isdammene bli vesentlig lavere enn i dag. Lave isdammer betyr at mindre vann er demmet opp, og dermed reduseres sannsynligheten for en kjedereaksjon dersom en dam brister. Stabile isforhold betyr også mindre sarrproduksjon.

Likevel er man ikke helt kvitt problemet med isganger. Av og til løsner isgangene ovenfor Eidefossen, like nedstrøms Lalm. Når store vannmengder strømmer mot dammen åpnes lukene for å sikre mot dambrudd. Dette fører i dag oftest til isgang også nedstrøms

dammen. Dette problemet vil fortsatt være der, for det er heller ikke gunstig å øke driftsvannføringen brått på grunn av mulige isproblemer nedstrøms kraftverksutløpet. Likevel vil problemene reduseres da 40-60 m³/s vann vil gå gjennom kraftverket, under forutsetning av at inntaket ikke tilstoppes. Dessuten vil det være vesentlig mindre is og vann samlet i elveløpet nedstrøms Eidefossen. Det er derfor sannsynlig at en slik isgang stopper forholdsvis raskt dersom inntaket ikke tilstoppes.

En annen og enda mer kritisk situasjon skjer ved plutselig driftsstans i kraftverket om vinteren. Det er ikke planlagt omløpstunnel, så driftsvannet må da slippes gjennom dammen på Eidefossen og nedover det islagte elveløpet. Tilsvarende erfaringer fra minstevannføring i Orkla ved Svorkmo kraftverk tilsier at dette medfører en forholdsvis stor isgang (fig. 11). Men hyppigheten på denne type hendelser er normalt sjeldnere enn annethvert år som isganger forekommer i dag, og omfanget blir mindre enn ved de største isgangene i dag da is- og vannmengdene er mindre.



Fig. 11 Isgang i Orkla på minstevannføringsstrekningen mellom inntaket og utløpet av Svorkmo kraftverk. Isgangen skyldtes at kraftverket stanset. Foto: NVE, 13. februar 2007

4.2.1 Alternativ Åsåren

Nedstrøms utløpet av kraftverket vil det være en strekning med ustabile isforhold slik som det i dag er nedstrøms Eidefossen. Ved Otta sentrum forventes isdekningen av elva å bli omtrent som i dag. Det vil forekomme isganger, trolig sjeldnere enn i dag da fallet på elva er mindre enn området nedstrøms Eidefossen, og helt sikkert med mindre ismengder. Færre isganger vil nå helt ned til Otta sentrum. På de åpne strekningene vil det også produseres sarr, men da strekningen fra Åsåren til Otta sentrum er bare en tredjedel av Eidefossen-Otta, blir også sarrproduksjonen vesentlig mindre. I overgangsperioden om

høsten vil det i snitt bli noen dager senere islegging ved Otta, og tilsvarende noen dager tidligere isløsning om våren.

Ved Otta sentrum forventer vi altså fortsatt isganger og mulighet for sarrproduksjon med tilstopping av elveleiet. Da både mengde isgangis og mengde sarr reduseres må en regne med vesentlig mindre problemer enn i dagens situasjon, det vil si mindre fare for høy vannstand på grunn av tilstopping av elveleiet av is.

4.2.2 Alternativ Pillarguri

Som nevnt blir det mer stabile isforhold på minstevannføringsstrekningen, og ved dette alternativet venter vi også i snitt noen dager tidligere islegging ved Otta, og tilsvarende noen dager senere isløsning om våren på de nedre delene av strekningen, anslagsvis fra Åsåren til utløpet av Pillarguri kraftverk.

Nedstrøms utløpet av kraftverket vil det være en strekning med ustabile isforhold. Elveløpet er derimot vesentlig romsligere enn i Otta, så det er lite sannsynlig at det vil gå vesentlige isganger nedstrøms utløpet. Det vil bli noe sarrproduksjon, men den produserende strekningen blir kort og det vil neppe volde noen vesentlige problemer.

Ved Otta sentrum vil det fortsatt kunne stoppe isganger, men de blir sjeldnere og mindre enn i dag. Størst fare synes å være forbundet med langvarig driftsstans om vinteren. Selv da blir trolig isproblemene mindre enn i dag, det vil si mindre fare for høy vannstand på grunn av tilstopping av elveleiet av is.

Ved utløpet av Pillarguri har vannet litt overtemperatur, men blander seg med vannet fra Gudbrandsdalslågen som ligger på frysepunktet. Vannføringen er klart størst i Otta, så anslagsvis 1-2 km nedstrøms utløpet av Pillarguri vil elva være isfri i hovedløpet. I dag er elva stort sett islagt på denne strekningen, men med noen små råker. Elva har svært lite fall på denne strekningen, mindre enn 1 m på 4 km, så vi forventer rolig islegging og ingen isgangsproblemer. Når vannet når områdene med større fall nedover mot Sjoa er allerede frysepunktet nådd og forholdene blir som i dag. Sarrproduksjonen fra den åpne strekningen vil heller ikke skape noen problemer lenger ned i Gudbrandsdalslågen.

4.3 Lokalklimaet

Utbyggingen innebærer ingen magasinering og forholdsvis moderate endringer i isforholdene. Endringer i lokalklimaet vil være knyttet til åpent vann ved de nye utløpene, samt at elva på minstevannføringsstrekningene vil være mer stabilt islagt enn i dag.

4.3.1 Alternativ Åsåren

Elvestrekningen fra Eidefossen til utløpet ved Åsåren vil få mer stabile isforhold om vinteren. Dette gir noen svært lokale klimaendringer. På kalde dager med åpent vann kan man i dag oppleve frostrøyk ved elva. Ved minstevannføring og mer stabilt isdekke vil antall dager med frostrøyk gå ned. Til gjengjeld vil man på de aller kaldeste dagene få 1-4 grader kaldere luft nær elva (Utaaker, 1995). Frostrøyk ved åpen elv, og kaldere luft ved islagt elv opptrer på de samme dagene, det vil si når det er svært kaldt. De to ulempene erstatter hverandre.

Anslagsvis 1-2 km nedstrøms utløpet av Åsåren vil elva være isfri i hovedløpet. På grunn av isganger og høy vannhastighet er det også i dag en god del åpent vann på denne strekningen. Antall dager med frostrøyk forventes derfor ikke å øke vesentlig, men det kan bli noe mer omfattende frostrøykdannelse på disse dagene.

Nedover mot Otta sentrum vil elven islegges forholdsvis raskt, og isforholdene ved Otta sentrum blir omtrent som i dag, så det ventes ingen endring i lokalklimaet i dette området.

4.3.2 Alternativ Pillarguri

Elvestrekningen fra Eidefossen til utløpet av Pillarguri kraftverk vil få mer stabile isforhold om vinteren, og særlig på strekningen ned mot Otta sentrum får en markant økning i isdekningen. Dette gir noen svært lokale klimaendringer som neppe kan sies å være vesentlige. På kalde dager med åpent vann kan man i dag oppleve frostrøyk ved elva. Ved minstevannføring og mer stabilt isdekke vil antall dager med frostrøyk gå ned. Til gjengjeld vil man på de aller kaldeste dagene få 1-4 grader kaldere luft nær elva (Utaaker, 1995). Frostrøyk ved åpen elv, og kaldere luft ved islagt elv opptrer på de samme dagene, det vil si når det er svært kaldt. De to ulempene erstatter hverandre.

Ved Otta sentrum og nedover mot utløpet av Pillarguri kraftverk er elva som oftest islagt også i dag, så det ventes ingen endring i lokalklimaet i dette området.

Anslagsvis 1-2 km nedstrøms utløpet av Pillarguri vil elva være isfri i hovedløpet. I dag er elva stort sett islagt på denne strekningen, men med noen små råker. Nordli (2001) viser en empirisk sammenheng mellom månedsmiddeltemperaturer og antall døgn med frostrøyk i Nesbyen. Ved å overføre sammenhengen til Gudbrandsdalen ser en at det er forhold for frostrøyk i maksimalt 12 døgn pr. måned i januar-februar. Frostrøyken vil holde seg svært nær elva.

Tabell 1 Månedsmiddeltemperaturen ved Otta-Bredvangen i perioden 1970-79 samt antall frostrøykdøgn beregnet etter empiriske formler i Nordli (2001).

	November	Desember	Januar	Februar	Mars
Månedsmiddeltemperatur	-3.7	-7.3	-10.1	-9.3	-2.8
Antall døgn med frostrøyk	4	8	12	12	5

5 Avbøtende tiltak

5.1 Vanntemperatur

Det ventes litt høyere vanntemperatur på minstevannføringsstrekningen. Ved høy minstevannføring reduseres temperaturendringene. 20 m³/s om sommeren gir anslagsvis en halv grad mer oppvarming fra Eidefoss til Otta enn 30 m³/s.

5.2 Isforhold

Liten minstevannføring gir stabile isforhold og mindre ismengder i vassdraget.

Det er stor sannsynlighet for forholdsvis store isganger ned mot Otta sentrum ved plutselig stans i kraftverket slik at driftsvannet må slippes over dammen i det islagte elveleiet. Reguleringsmulighetene er så langt oppe i vassdraget at isgangen allerede har gått før virkningen når Eidefossen. Isgangen forventes å bli mindre enn dagens største isganger, og det er også større sannsynlighet for at isgangen stopper før Otta sentrum. Det eneste effektive avbøtende tiltaket er å bygge en omløpstunnel som ender på samme sted som kraftverksutløpet, noe som er en svært kostbart.

6 Referanser

Asvall R.P., 2010: Isdannelse og virkninger av vassdragsregulering på isforhold. NVE-rapport (ikke trykket ennå).

Nordli, Per Øyvind, 2001: Frostrøyk nær opne råker i vassdrag med effektregulering. DNMI-rapport Nr. 22/00 KLIMA, Meteorologisk Institutt

Tvede A.M., 1993: Opprustning og utvidelse av Skjerka kraftverk. Konsekvenser for is, vanntemperatur og frostrøyk. NVE rapport nr 18-93

Utaaker K., 1995: Effects of water course regulation on local climate. NVE Publications No. 4-1995

Denne serien utgis av Norges vassdrags- og energidirektorat (NVE)

Utgitt i Oppdragsrapportserie A i 2010

- Nr. 1 Margrethe Cecilie Elster, Patricia Dawn Kennie: Nedre Otta kraftverk
- Konsekvenser av utbyggingsplanene - erosjon og sedimenttransport (32 s.)
- Nr. 2 Ånund Sigurd Kvambekk: Sauland kraftverk. Virkninger på vanntemperatur- og isforhold (16 s.)
- Nr. 3 Ånund Sigurd Kvambekk: Isforhold, temperatur- og saltmålinger i Holandsfjorden.
Fra start på bobleanlegget i oktober 2002 til april 2008 (132 s.)
- Nr. 4 Elisabeth Høvås, Helena Nynäs: Landsverneplan Statkraft 2010 (210 s.)
- Nr. 5 Klimautfordringer i kraftsektoren frem mot 2100. Utredning utarbeidet for Regjeringens
klimatilpassingsutvalg av NVE. Hovedrapport (36 s.)
- Nr. 6 Storglomfjord-utbyggingen: Hydrologiske undersøkelser i 2009 (54 s.)
- Nr. 7 Thomas Skaugen: Application of the Senorge 1D model to Armenian snow data (23 s.)
- Nr. 8 Ånund Sigurd Kvambekk: Nedre Otta kraftverk. Virkninger på vanntemperatur- og isforhold
samt lokalklimaet (23 s.)



Norges
vassdrags- og
energidirektorat

Norges vassdrags- og energidirektorat

Middelthunsgate 29
Postboks 5091 Majorstuen,
0301 Oslo

Telefon: 22 95 95 95
Internett: www.nve.no