NVE

Ny strategi for tapping av Altamagasinet om vinteren

Endring av vanntemperatur- og isregimet fra utløpet av kraftstasjonen til Savco ved utvidet bruk av øvre inntak

Randi Pytte Asvall
Ånund Sigurd Kvambekk

10
2001

OPPDRAGSRAPPORT

Ny strategi for tapping av Altamagasinet om vinteren

Endring av vanntemperatur-og isregimet fra utløpet av kraftstasjonen til Savco ved utvidet bruk av øvre inntak

Norges vassdrags- og energidirektorat

2001

Oppdragsrapport nr 10

Ny strategi for tapping av Altamagasinet om vinteren.

Endring av vanntemperatur-og isregimet fra utløpet av kraftstasjonen til Savcovannet ved utvidet bruk av øvre inntak

Oppdragsgiver: Statkraft SF

Forfatter: Randi Pytte Asvall og Ånund Sigurd Kvambekk

Trykk: NVEs hustrykkeri

Opplag: 50

Forsidefoto: Altaelva 18. mars 1998 ved Dørmenen.

Sammendrag: Det foreslås å bruke øvre inntak i Altamagasinet fra desember til midten av mars. Med dette oppnås en lavere temperatur på driftsvannet og lavere vannføring enn ved nåværende manøvrering. Dette vil gi bedre mulighet for islegging på strekningen mellom kraftverkets utløp og Savcovannet. Resten av vinteren vil vannføringen økes, dette må skje under hensyntagen til virkningen på isforholdene videre nedover i elva.

Emneord: Vanntemperatur, is

Norges vassdrags- og energidirektorat
Middelthuns gate 29
Postboks 5091 Majorstua
0301 OSLO

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

Desember 2001

Innhold

Forord	4
Sammendrag	5
Bakgrunn	7
Temperaturforhold i magasinet	8
Driftsvannets temperatur og tilsiget	10
Forslag til alternativ manøvrering	11
Konklusjon	19

Forord

Nedstrøms utløpet av kraftverket har elva blitt stort sett isfri etter utbyggingen. Dette er hevdet å ha negativ betydning for fiskeforholdene. Det har derfor vært arbeidet for å finne tiltak som kunne bidra til lavere driftsvannstemperatur og derved større muligheter for islegging. Undersøkelser siste vinter viste at øvre inntak kunne benyttes i større grad enn tidligere antatt, og dette åpnet mulighetene for en endret manøvrering som ville kunne gi lavere temperatur på driftsvannet deler av vinteren, samtidig som størstedelen av magasinet forventes å kunne bli utnyttet.

Rapporten omfatter et forslag til en manøvrering som ivaretar dette.

Oslo, desember 2001

Eva Skarbøvik
oppdragsleder

Randi Pytte Asvall
seksjonssjef

Sammendrag

Reguleringen i Alta har ført til at vanntemperatur- og isforhold er endret i vassdraget, slik som antatt ved konsesjonsbehandlingen. Dette hevdes å kunne ha virket påviselig uheldig på forholdene for fisken. Det er særlig fokusert på den høyere vanntemperaturen og det reduserte, de fleste år helt fraværende, isdekket på strekningen fra utløpet av kraftverket til Savco-vannet, som reguleringen har forårsaket.

Sist vinter ble det i forsøk vist at dette inntaket kunne nyttes ned til 260 m, som er 2 m lavere enn tidligere benyttet. Dette har gjort det mulig å utarbeide en alternativ tappestrategi hvor en bruker øvre inntak fra tappingen av magasinet starter til ca 15.mars. Dette vil gi lavere vanntemperatur på driftsvannet og bedre betingelsene for isdannelse i denne perioden enn den tappestrategien som er benyttet til nå. Hvor stor effekten kan bli avhenger av mange forhold, spesielt hydrologiske og klimatiske forhold det enkelte år.

I vinterperioden er driftsvannet en blanding av vann fra tilsiget som har temperatur nær 0 °C ved innløpet til magasinet og magasinvann med høyere temperatur. Ved bruk av øvre inntak blir innblandingen av magasinvann vesentlig lavere enn ved bruk av nedre inntak, og driftsvannet blir kaldere. I løpet av vinterperioden er det imidlertid tilnærmet samme totale varmemengde i vannvolumet som nyttes til driftsvann uansett bruk av inntak, men fordelingen over vinteren varierer.

I denne foreslåtte tappestrategien velger en fra tappingen begynner å kjøre øvre inntak med en driftsvannføring tilpasset skifte fra øvre til nedre inntak ca 15.mars. Dette vil gi en vanntemperatur sannsynligvis nær 0.5 °C. Når vannstanden er 260 moh er 25 % av magasinet benyttet og en må skifte til nedre inntak. Deretter skal driftsvannføringen økes, og det må foregå sakte av hensyn til isforholdene.

Etter den foreslåtte tappestrategien blir driftsvannføringen noe mindre mens øvre inntak er i drift, og forutsetningene for isdannelse bedre. Ved denne tappestrategien vil derfor isdekningen øke, men det er usikkert om elva vil lukke seg helt. Det avhenger i stor grad av værforholdene. Både lavere vanntemperatur og mindre driftsvannføring er viktig for isdannelsen.

Ved omlegging til nedre inntak (omkring midten av mars) vil det bli en økning i driftsvannets temperatur. For å dempe dette spranget i vanntemperaturen er det vesentlig at nedre inntak er benyttet om høsten for å tappe ut varmere vann fra nedre deler av delmagasinet. For ytterligere å dempe temperaturspranget ved overgang fra øvre til nedre inntak kan overgangen gjøres gradvis, eller det kan i forbindelse med overgangen tappes noe vann gjennom gjelet. En må likevel regne med at denne øvre delen av elva vil åpne seg kort tid etter omlegging til nedre inntak.

Nedenfor Savcovannet. vil den lavere og stabile vannføringen første del av vinteren føre til at elva islegges raskere og råkene bli mindre, og isforholdene blir lite forskjellig fra naturlige forhold i denne perioden. Etter omlegging til nedre inntak skal

vannføringen økes gradvis. Dette må gjøres forsiktig og isforholdene overvåkes nøye. Det må påregnes noe overvann, omfanget av dette vil være avhengig av hvor raskt driftsvannføringen økes. Vi anbefaler å starte forsiktig med en økning på ca 0.3 m^3/s pr døgn. For å få utnyttet magasinet best mulig vil det være ønskelig å ha mulighet til å øke vannføringen noe ut over de 30 m^3/s som reglementet tillater. På grunnlag av de erfaringer en har med isforholdene i Altaelva i driftsperioden er det rimelig å anta at elva vil tåle en slik økning uten at det oppstår isproblemer.

Produsert kraft er beregnet for hver vinter (1.november – noen dager før tilsigsøkning) fra 1992 til 2001 ved de to tappestrategiene. Resultatene viser at det varierer fra år til år hvilken tappestrategi som gir høyest produksjon, totalt for hele perioden er det en liten økning ved den nye strategien. Jo senere byttedato fra øvre til nedre inntak som velges jo dårligere blir imidlertid resultatet produksjonsmessig. Senere byttedato vanskeliggjør tømming av magasinet. Det er også av stor betydning om det blir en tidlig eller sen vårflom, sen vårflom er gunstig for produksjon etter den nye tappestrategien.

Forskjellene mellom disse tappestrategiene kan sammenfattes i følgende punkter

Fra utløpet til Savcovannet:

- Lavere driftsvannføring med kaldere vann, og derav større mulighet for isdekning ned til Savcovann før ca 15.mars.
- Etter 15.mars etter hvert vanntemperatur- og isforhold som ved tidligere tappestrategi.

Nedenfor Savcovannet:

- Inntil ca 15.mars isforhold omtrent som før regulering, bare noe større råker.
- Etter ca 15.mars, økende vannføring, etter hvert større råker og sannsynligvis en del overvann, sterkt avhengig av hvor raskt vannføringen økes.

Bakgrunn

Mulige virkninger av utbyggingen på vanntemperatur- og isforhold ble sammen med en rekke andre forhold vurdert ved konsesjonsbehandlingen. Det var i utgangspunktet planlagt et tradisjonelt inntak under nivået for LRV. Det ble på dette grunnlag konkludert med at utbyggingen ville føre til økt vanntemperatur om vinteren og redusert temperatur om sommeren ved utløpet av kraftstasjonen. Da vintervannføringen samtidig ville bli høyere, var det åpenbart at det ville betydelig redusert islegging og de fleste år åpen åpen elv på strekningen ned til Savco-vannet. Før regulering var elva mye islagt, men med en del råker. På Savco-vannet og videre nedover ville imidlertid isforholdene bli mindre påvirket.

Fra fiskerihold ble både økt vintertemperatur- og redusert sommertemperatur sett som uheldig. Det ble den gang ikke fokusert på eventuell betydning av endringer i utbredelsen av isdekket. Redusert tilgang på næring til fisken som følge av mangel på "driv" fra vassdraget ovenfor dammen var imidlertid fremme.

Med utgangspunkt i dette kom det i gang diskusjoner om et øvre inntak i magasinet. Som et ledd i vurderingene av virkningene av et høyere inntak ble det laget en fysisk modell på daværende "Vassdrags- og Havnelaboratoriet" i Trondheim. Arbeidet var særlig fokusert på forholdene om sommeren. Konklusjonen ble som kjent at et øvre inntak ble bygget.

På grunn av frykt for innsuging av luft ved bruk av øvre inntak har dette inntaket i hovedsak bare blitt brukt ved tilnærmet fullt magasin. Om sommeren har som hovedregel begge inntak vært åpne, og øvre inntak ble vanligvis stengt i forbindelse med høstsirkulasjonen i magasinet, da det er tilnærmet samme temperatur i alle dyp, og en unngår plutselig temperaturendring på driftsvannet ved å skiftet av inntak. Dette ble ansett å være uheldig for fisken. Det har hele tiden vært klart at driftsvann tappet fra øvre inntak om vinteren vil ha noe lavere temperatur enn driftsvann fra nedre inntak.

Av hensyn til isforholdene er det restriksjoner på driften av kraftverket om vinteren, og spesielt skal vannføringsøkninger i størst mulig grad unngås. Etter noen år med driftserfaringer ble det likevel tillatt å prøve hvordan mindre og kontrollerte vannføringsvariasjoner virket på isforholdene, for å undersøke mulighetene for en viss effektkjøring. Dette ble imidlertid frafalt av hensyn til forholdene til fisken.

Det er foretatt omfattende fiskeundersøkelser, og i resultatene er det stadig fremhevet at den økte vintertemperaturen og stort sett åpne elva har skadet fisken. Ved åpent vann er det påvist algevekst som kan skyldes manglende isdekke, og som også hevdes å være uheldig for fisken.

Lavere temperatur på driftsvannet og mer islegging på strekningen mellom utløpet av kraftstasjonen og Savco-vannet hevdes å være gunstig i forhold til fisken. Dette er imidlertid ikke enkelt å oppnå. Ulike tiltak har vært foreslått, herunder også bruk av øvre inntak. Med den rådende manøvreringen ville dette imidlertid ha begrenset verdi

da skifte til nedre inntak var anbefalt ved vannstand 262 m, det vil si omkring årsskiftet.

En ønsket likevel å se nærmere på virkningene av å kjøre øvre inntak om vinteren. Dette ble gjort i en kort periode vinteren 1999-2000, og som ventet ble driftsvannets temperatur betydelig lavere og deler av elva ble islagt. På grunn av redsel for innsuging av luft ble øvre inntak stengt omkring årsskiftet, ved en vannstand på ca 262 m. Isen forsvant raskt da nedre inntak ble koblet inn, og vanntemperaturen igjen ble høyere.

Siste vinter (2000-2001) ble det foretatt systematiske undersøkelser for å se nærmere på temperaturfordelingen og strømhastigheten i hovedmagasinet og delmagasinet ved bruk av henholdsvis øvre og nedre inntak. Det viste seg å være mulig å nytte øvre inntak ned til en vannstand på 260 m ved den aktuelle driftsvannføring. Dette er særlig viktig for å kunne nytte øvre inntak i en lenger periode om vinteren.

Temperaturforhold i magasinet

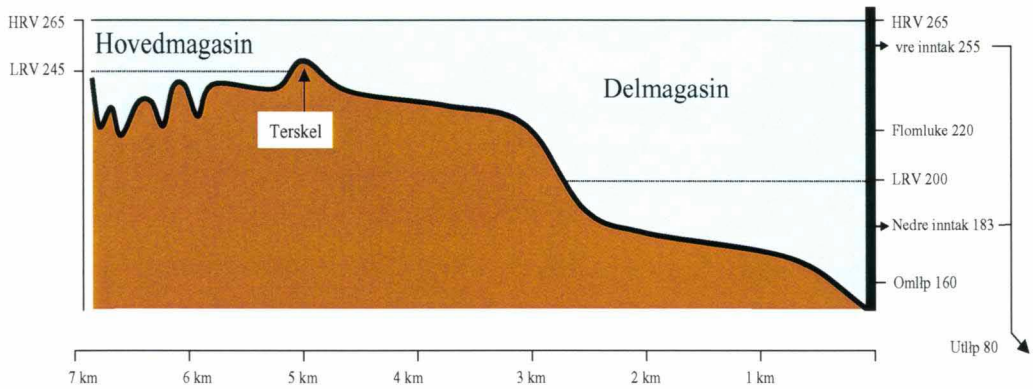

Fig. 1 Skisse av nedre del av Altamagasinet med inntaksdyp og andre luker. Høydene er i m o.h.

Magasinet er delt i et hovedmagasin som ligger ovenfor den naturlige terskelen i det gamle Virdnejavrre, og et delmagasin mellom denne terskelen og dammen (fig 1). Hovedmagasinet er regulert mellom HRV = 265 m og LRV = 245 m, som er 5 m under NV. Delmagasinet er regulert mellom HRV = 265 m og LRV = 200 m. Øvre inntak har bunn på 255 m og nedre inntak på 183 m. Tidligere var nedre grense for bruk av øvre inntak satt til 262 m på grunn av fare for medsuging av luft. I vinteren 2000-2002 viste detaljerte observasjoner på stedet at øvre inntak kan nyttes ned til 260 m med en vannføring på 28 m^3/s. Magasinvolumet er da 99 Mm^3, mens det er 132 Mm^3 ved fullt magasin.

I hovedmagasinet er det vanligvis et kaldt øvre lag med temperatur ganske nær 0 °C om vinteren, og varmere vann, vanligvis 1-2 °C i dypet. Tykkelsen av det øvre laget, og derved beliggenheten av sprangsjiktet, altså grensen mellom disse lag varierer også, men ligger gjerne på omkring 10-15 m dyp i begynnelsen av vinteren. Dette vil variere med tilsiget og værforholdene i de enkelte år.

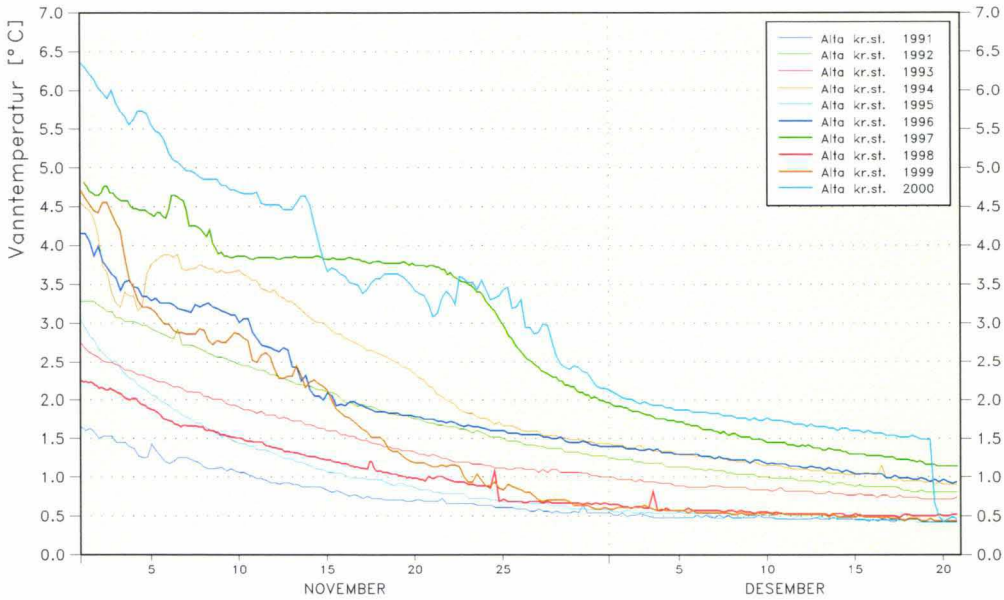

Fig. 2 Driftsvannets temperatur i Alta kraftverk tidlig på vinteren

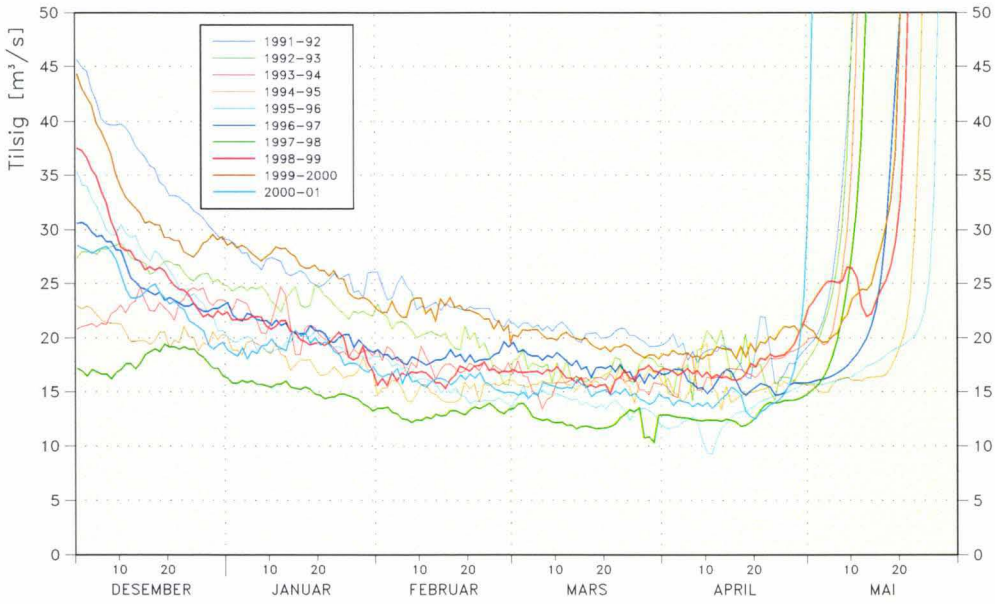

Fig. 3 Beregnet tilsig til Altamagasinet i perioden 1991 til 2001.

I delmagasinet vil det være annerledes. Det er en svak temperaturgradient over terskelen. Noe vann tilføres også gjennom en tunnel parallelt med utløpet, men dette synes ikke å påvirke forholdene særlig mye. Til nå har nedre inntak vært i bruk hele vinteren. Da dykker tilsiget når det passerer terskelen og blander seg med det varmere vannet i delmagasinet. Det blir en svak temperaturgradient med noe kaldere vann nær overflaten. Utover vinteren vil temperaturen på vannmassen gradvis synke, og det samme gjelder driftsvannføringen (fig 2).

Ved bruk av øvre inntak vil en større del av det kalde tilsiget kunne strømme gjennom magasinet. Selv om det også nå trekkes med noe underliggende varmere vann blir

temperaturen på driftsvannet betydelig lavere i dette tilfellet. Det dypereliggende og varmere vannet synker ned og samles i den dypere del av delmagasinet. Temperaturen her vil derfor gradvis stige.

På grunnlag av foreliggende målinger ser det ut til å være liten forskjell, om noen, på vannstrømmen over terskelen ved bruk av de to inntakene, derimot var det stor forskjell på innblandingen i delmagasinet. Disse forhold vil bli beskrevet nærmere i en rapport som er under arbeid.

Driftsvannets temperatur og tilsiget

Det er store variasjoner i driftsvannets temperatur fra år til år. Fig. 2 viser temperaturen i isleggingsperioden fra 1991 til i dag. De fire vintrene med lavest temperatur på driftsvannet 1.desember har også det største tilsiget (fig. 3). Stort tilsig gir et tykkere kaldt lag i hovedmagasinet, og dermed mindre transport av varmt vann i dypere lag over terskelen.

Forsøk fra blant annet sist vinter viser at det blir kaldere driftsvann ved å hente vann fra øvre inntak. Fallet i vanntemperatur rundt 20. desember 2000 skyldtes et skifte fra øvre til nedre inntak.

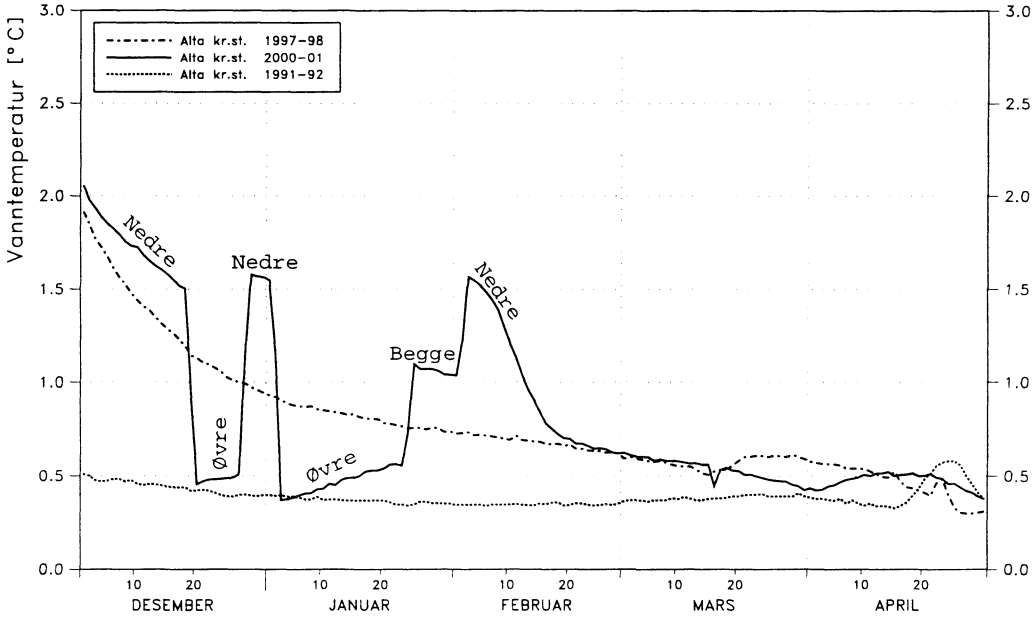

Fig. 4 Driftsvannets temperatur i Alta kraftverk i 2000/2001, hvor det var flere skifter mellom øvre og nedre inntak, og to år med "varmt" og "kaldt" driftsvann.

Fig. 4 viser vanntemperaturen for sist vinter sammenlignet med et år med "varmt" driftsvann (1997/98) og "kaldt" driftsvann (1991/92). Ved bruk av nedre inntak vil forskjellen mellom et "varmt" og et "kaldt" år avta utover senvinteren ettersom det magasinerte vannet fra høsten blandes med kaldt tilsig. Ved vekslende bruk av øvre

og nedre inntak ser en at vannet fra øvre inntak har en temperatur som ligger nær den en får i en vinter med høyt tilsig av kaldt vann. Ved bruk av nedre inntak tapper en fra det varme magasinvannet som var relativt varmt etter høsten 2000. Når en veksler til øvre inntak forblir vannet under inntaket forholdsvis uforandret, men i vintre med tynt kaldtvannslag i hovedmagasinet kan en etter hvert få en svak temperaturøkning i dypet på grunn av medrivning av underliggende varmt vann fra hovedmagasinet. Ved ny overgang til nedre inntak blir temperaturen derfor like høy, eller litt høyere, enn sist gang en brukte nedre inntak. En har altså kun utsatt tappingen av varmt bunnvann.

Ved bruk av øvre inntak vil driftsvannets temperatur vanligvis ligge mellom 0.3 og 0.6 °C, høyest i milde og tørre vintre. Det er særlig tykkelsen på kaldtvannslaget i hovedmagasinet som avgjør temperaturen. Driftsvannets temperatur fra nedre inntak vil i større grad avhenge av manøvreringen tidligere i sesongen og de hydrologiske forhold.

Forslag til alternativ manøvrering

Målsettingen er å få lavest mulig temperatur på driftsvannet og størst mulig isdekning på strekningen fra utløpet til Savco, så lenge som mulig, og med minst mulig tap av kraftproduksjon.

Strategien går ut på å utnytte øvre inntak, som gir lavere temperatur på driftsvannet, så lenge som mulig. Øvre inntak kan nyttes på fullt magasin og til magasinet er tappet ned til 260 m, som tilsvarer 25% av volumet. Hvor lang tid dette tar varierer med hvilken driftsvannføring en velger. Det er viktig å huske på at driftsvannføringen består både av tilsig og tapping fra magasinet. Vannstanden holdes høyere lenger ved lavere driftsvannføring. Dette betyr at tilsiget i denne perioden får et høyere fall og derved utnyttes bedre.

Driftsvannets temperatur fra øvre inntak er vurdert å ligge mellom 0.3 og 0.6 °C. Muligheten for islegging øker med minkende vannføring. Ved vanlige værforhold i området vil isleggingsgraden øke, men det vil bli mindre is enn det var ved uregulerte forhold. Isleggingsgraden vil avhenge sterkt av de meteorologiske forhold i den aktuelle perioden.

Når magasinet er tappet ned til 260 m må det skiftes til nedre inntak. Dette vil i alle tilfeller medføre høyere temperatur på driftsvannet. I de aller fleste år må en regne med at store deler av eventuell is da tæres bort. Hvor stor forskjell det blir på vann fra øvre og nedre inntak på denne tiden avhenger særlig av manøvreringen om høsten. Ved å kjøre nedre inntak om høsten kan en få tømt ut "varmt" vann fra de dypere deler av delmagasinet, og temperaturspranget blir mindre.

For å dempe den brå temperaturstigningen ved bytte av inntak kan en i overgangsperioden bruke begge inntak og dermed få en gradvis overgang (se i slutten av januar i fig. 4). En kan også slippe noe vann gjennom omløpstunnelen og ned gjelet. Dette vannet vil ha en temperatur nær frysepunktet når det har kommet ned til kraftverksutløpet. Etter blanding med kraftverksvann fra nedre inntak vil temperaturen ligge nærmere det en hadde ved bruk av øvre inntak. Det tar noen dager før kaldt vann har blandet seg med vannet i dypet av delmagasinet slik at driftsvannets temperatur faller. Beregninger viser derfor at temperaturreduksjon ved slipp i gjelet blir en meget kostbar løsning I år med stort tilsig vil det kun være noen tideler i forskjell i temperaturen fra de to inntakene, og overgangen vil da gå mer problemfritt.

For i størst mulig grad å få utnyttet magasinet må driftsvannføringen økes når nedre inntak tas i bruk. Økningen må skje sakte av hensyn til isforholdene videre nedover i elva. Vi har foreslått en økning på 0.3 m^3/s i døgnet, ikke mer enn 10 m^3/s økning og maksimalt til 33 m^3/s. Dette forutsetter imidlertid en spesiell tillatelse da øvre grense for vintervannføring i henhold til reglementet er 30 m^3/s. Under denne økningen må isforholdene overvåkes nøye. Det må påregnes en del overvann. På grunnlag av de erfaringer en har med isforholdene i driftsperioden for Alta kraftverk til nå, regner en ikke med andre ulemper relatert til isforholdene som følge av dette. Værforholdene er imidlertid av stor betydning og kan gjøre det nødvendig med tilpasninger.

Denne kjørestrategien er sammenliknet med den som ble benyttet år for år fra vinteren 1992/93 og frem til vinteren 2000/01. Vi har foreløpig bare valgt å se på denne perioden da det er noe uoverensstemmelse mellom tilsig, driftsvannføring og magasinvolum i tidligere data. Også i de anvendte data er det noen merkelige korttidsutslag i tilsig og driftsvannføring som vi har latt passere ukontrollert. Sett totalt over vinteren får de feilene ingen betydning. Det er satt følgende styringer/begrensinger:

- Bruk nedre inntak til vanntemperaturen går under 1°C eller til en kuldeperiode etter at 1.desember er passert. Deretter byttes til øvre inntak.
- Forsøk å bruke øvre inntak til byttedato (forsøkt med 15. mars, 1. april eller 15. april.)
- Driftsvannføringen skal ikke endres mer enn 0.3 m^3/s pr. døgn i perioden fra magasinet tappes til vårflommen kommer. Det skal ikke økes mer enn 10 m^3/s totalt.
- Driftsvannføringen skal ikke avta etter 1. februar. Dette kan føre til at skifte til nedre inntak må skje noe tidligere enn på ønsket byttedato.
- Driftsvannføringen etter skifte til nedre inntak skal frem til isen har gått i vassdraget ikke økes mer enn til totalt 33 m^3/s.
- 10. mai skal det være igjen 26 Mm^3 vann til å tåle en forsinket vårflom. Det tilsvarer 20 døgn med 15 m^3/s underskudd på vann (drift minus tilsig).
- Etter 10. mai skal ikke vannføringen avta, men kan øke dersom underskuddet på vann er mindre enn 15 m^3/s. Økningen har fortsatt begrensningene som nevnt

over. Dersom våren ser ut til å komme senere enn 1. juni må en, som i dag, redusere vannføringen.

Følgende kjørestrategi er benyttet i analysen:

- Antagelse: Magasinet er fullt 1. august
- Frem til minst 1. november kjører en like mye som tilsiget
- Etter 1. november beregnes hvor mye en kan kjøre for at øvre inntak kan brukes til ønsket byttedato. Dette beregnes fra dagens tilsig sammenlignet med historiske tilsig. Tilsiget prognoseres med en logaritmisk avtagende form (som tilsvarer historiske data). Dersom denne kjøringen er mindre enn tilsiget, fortsetter en å kjøre tilsig, men når den blir større enn tilsiget velger en denne verdien til kjøring, og magasinet begynner å tappes. Hver dag beregnes nye verdier og driftsvannføringen korrigeres innenfor begrensnigene angitt over.
- Etter 1. februar og frem til magasinet er så nedtappet at øvre inntak ikke kan brukes, forandres kun driftsvannføringen hvis beregningene tilsier en økning. Dette er for å få et så høyt som mulig utgangspunkt før kommende økninger.
- Etter skifte til nedre inntak beregnes vannføringen en kan ha for å møte kravet om vann frem til vårflommen. Vannføringen justeres mot denne verdien innen de gitte begrensningene (både i tid og størrelse). Etter 10. mai justeres vannføringen opp dersom underskuddet er mindre enn 15 m^3/s, fortsatt med begrensinger i variasjoner. Etter at isen har gått kan vannføringen økes mer om ønskelig. Dette er avgjørelser som må tas på grunnlag av værprognoser (som tidligere), og er ikke vurdert her.

Fra denne strategien ble driftsvannføringen og magasinvolumet beregnet for hver dag fra og med vinteren 1992/93. Tidligere data hadde en viss uoverensstemmelse mellom driftsvannføring, tilsig og magasinvolum og ble derfor ikke brukt. Det viste seg at 15. mars var mest gunstig å bruke som byttedag da en ikke fikk tømt magasinet tilstrekkelig ved senere bytter. Fig. 5 (a-c) viser resultatene fra simuleringene (byttedag 15. mars) sammenlignet med den observerte driftsvannføringen og magasinvolum slik det ville ha vært i disse årene dersom denne kjørestrategien hadde blitt benyttet.

Byttene skjer i de fleste år noe tidligere enn ønsket byttedag på grunn av uforutsette endringer i tilsiget og kravet om ingen reduksjon i driftsvannføring etter 1.februar. Som en ser kan en holde magasinet høyere i lengre periode enn det som har vært vanlig, og likevel få en akseptabel tømming av magasinet i de fleste år. Dette avhenger av at en kan foreta en langsom økning på inntil 10 m^3/s i vannføringen etter byttedagen (her 15. mars). Det gjenstår å se om en klarer det uten vesentlige isproblemer.

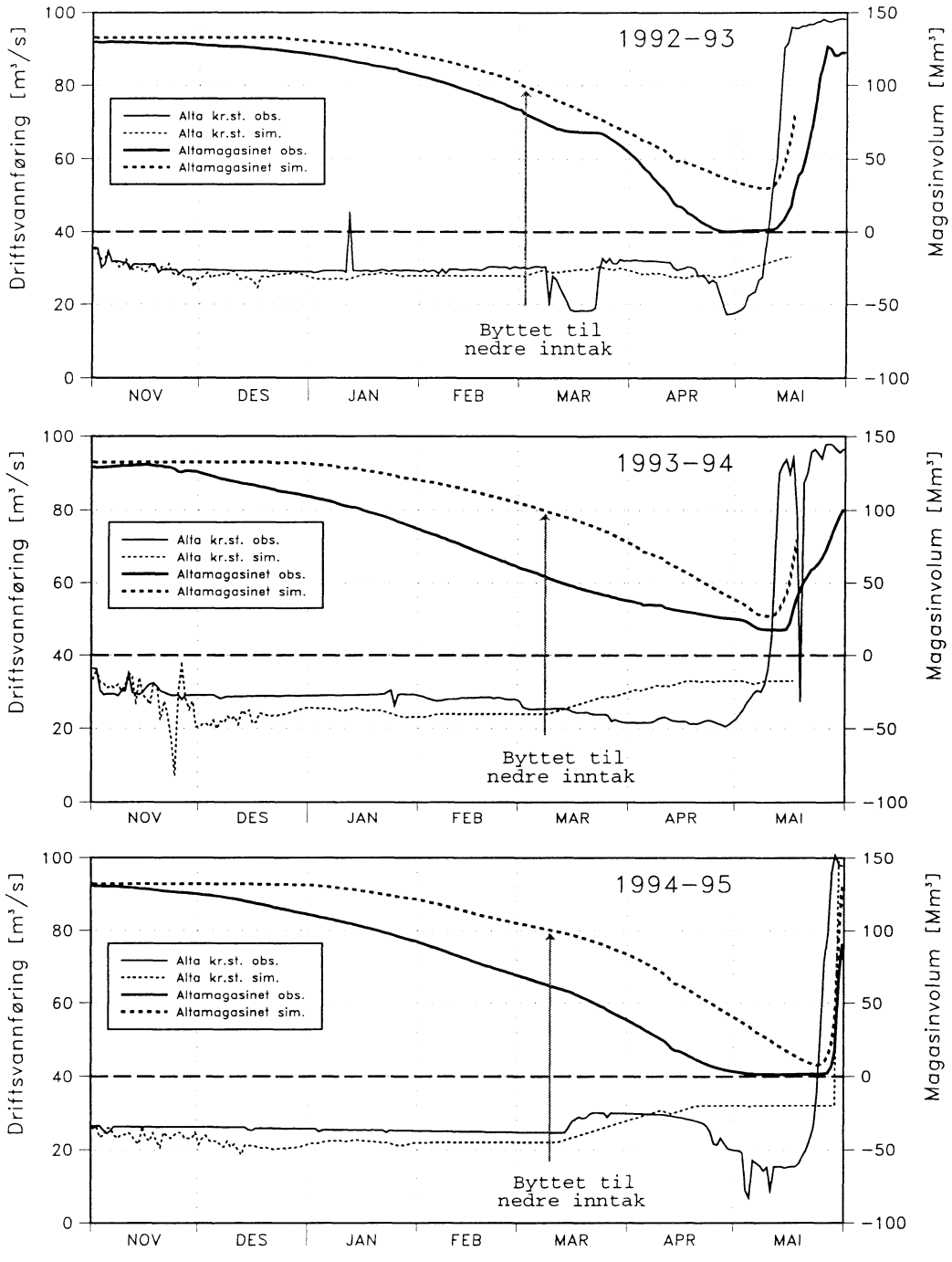

Fig. 5a **Simulerte og observerte verdier av driftsvannføring og magasinvolum fra 1992/93 til 2000/01. Simuleringen legger opp til et jevnt forbruk slik at øvre inntak kan brukes til omtrent 15. mars. Ingen senking av driftsvannføringen etter 15 februar. Etter bytte til nedre inntak økes vannføringen med 0.3 m³/s pr. dag, men ikke mer enn 10 m³/s mer enn vannføringen ved bytte av inntak. Det skal være minst 26 Mm³ vann igjen i magasinet 10. mai, og ikke tomt før 1. juni. Simuleringen avsluttes 7 døgn etter vårflommen.**

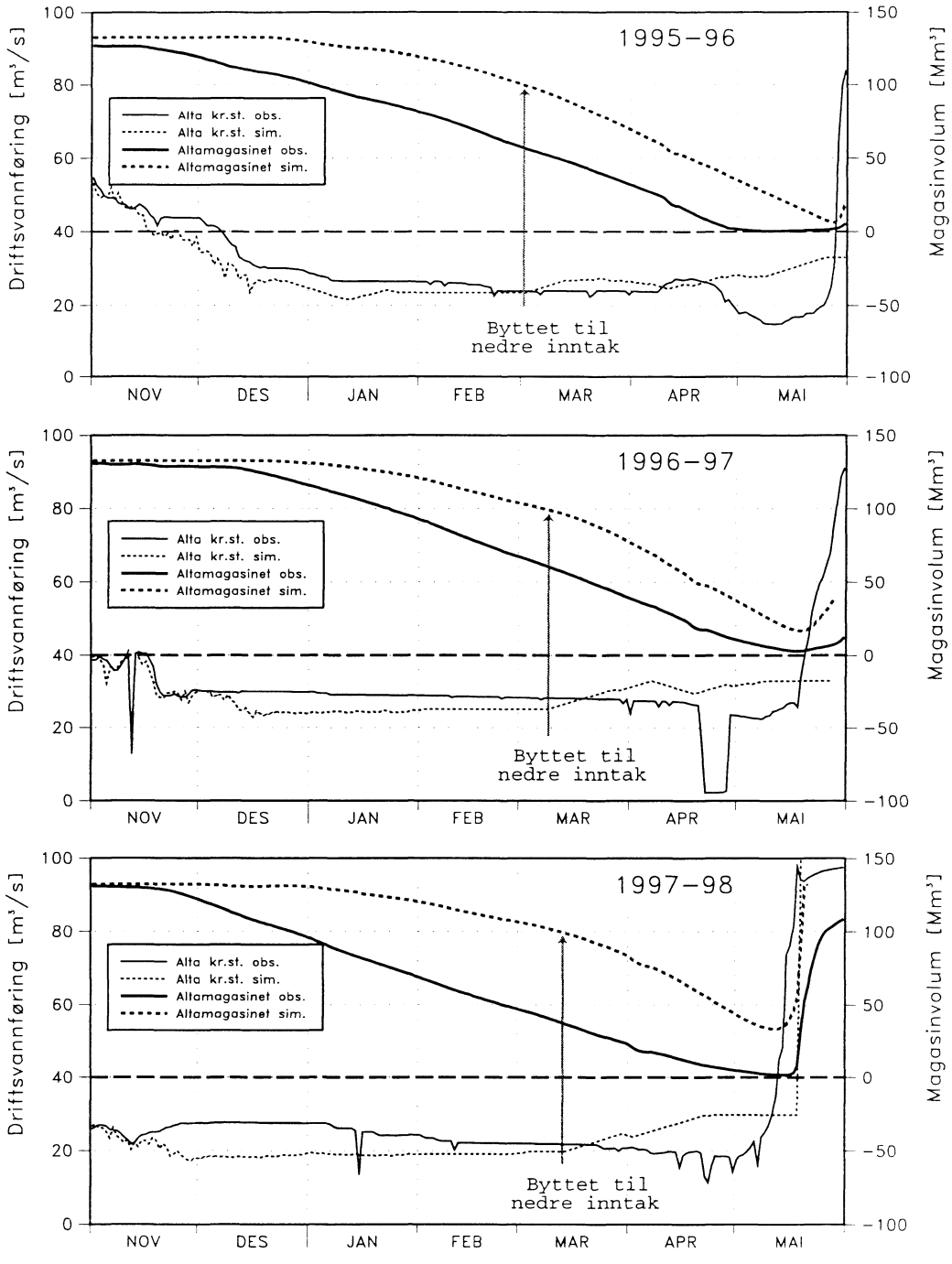

Fig. 5b **Simulerte og observerte verdier av driftsvannføring og magasinvolum fra 1992/93 til 2000/01. Simuleringen legger opp til et jevnt forbruk slik at øvre inntak kan brukes til omtrent 15. mars. Ingen senking av driftsvannføringen etter 15 februar. Etter bytte til nedre inntak økes vannføringen med 0.3 m³/s pr. dag, men ikke mer enn 10 m³/s mer enn vannføringen ved bytte av inntak. Det skal være minst 26 Mm³ vann igjen i magasinet 10. mai, og ikke tomt før 1. juni. Simuleringen avsluttes 7 døgn etter vårflommen.**

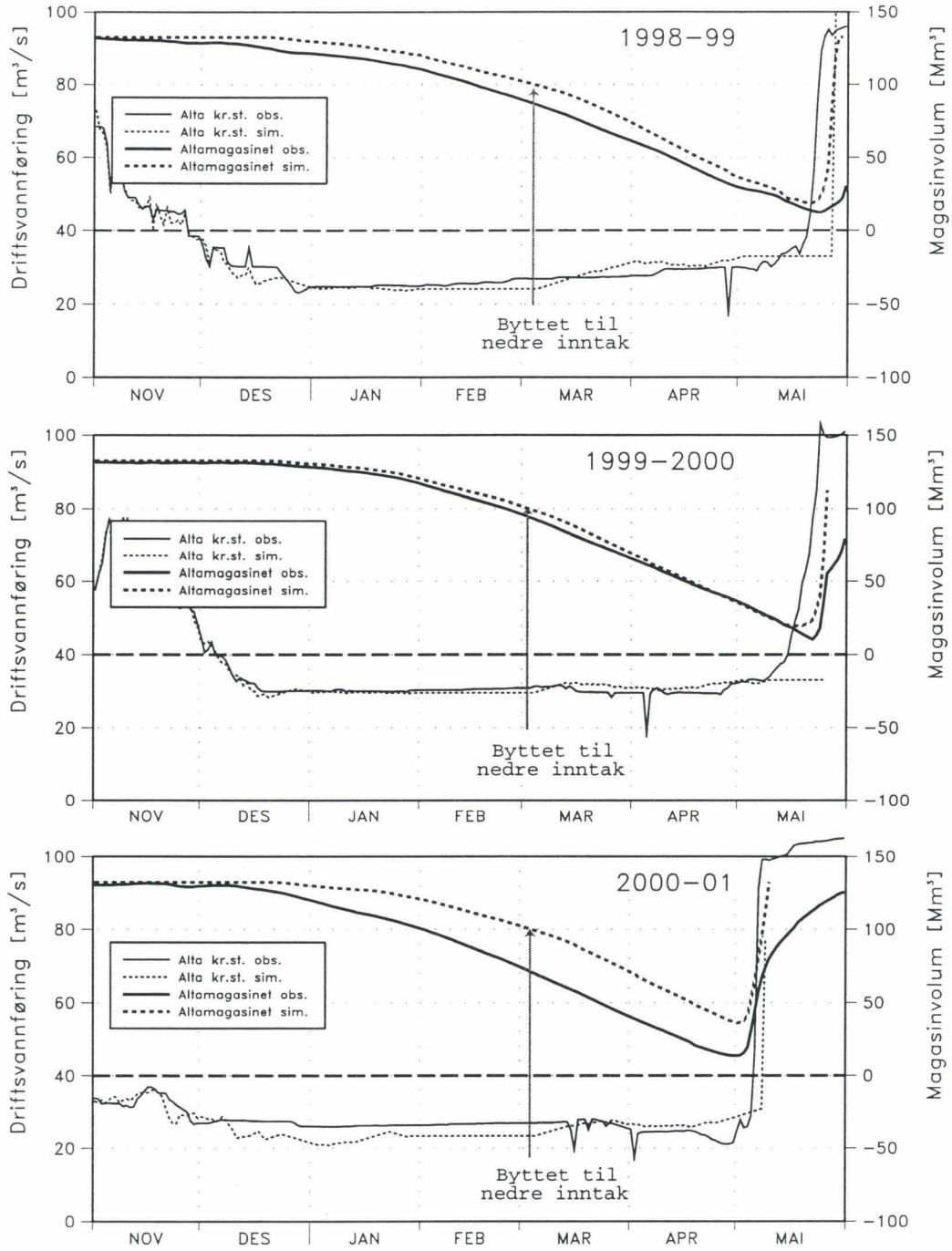

Fig. 5c **Simulerte og observerte verdier av driftsvannføring og magasinvolum fra 1992/93 til 2000/01. Simuleringen legger opp til et jevnt forbruk slik at øvre inntak kan brukes til omtrent 15. mars. Ingen senking av driftsvannføringen etter 15 februar. Etter bytte til nedre inntak økes vannføringen med 0.3 m³/s pr. dag, men ikke mer enn 10 m³/s mer enn vannføringen ved bytte av inntak. Det skal være minst 26 Mm³ vann igjen i magasinet 10. mai, og ikke tomt før 1. juni. Simuleringen avsluttes 7 døgn etter vårflommen. Vi manglet vannføringsdata fra 5. januar 2001 slik at observert magasinvolum blir feil fra den datoen.**

Tabell 1 Salgsverdi for strøm (20 øre/kwh) ved Alta kraftverk fra 1. november til vårflommen. Beregningene er foretatt etter virkelig kjøring og simulert kjøring som omtalt i notatet. Kjøringen var rettet mot bytte mellom øvre og nedre inntak på henholdsvis 15. mars, 1. april og 15. april.

	Salgsverdi [mill]				Gevinst ved ny kjøring		
1.nov - vårflom	Virkelig	15.mar	01.apr	15.apr	15.mar	01.apr	15.apr
1992 - 1993	41.6	42.8	42.8	42.6	1.1	1.1	1.0
1993 - 1994	40.2	40.2	38.6	36.9	0.0	-1.6	-3.2
1994 - 1995	38.5	39.4	37.1	35.8	1.0	-1.3	-2.6
1995 - 1996	44.9	47.0	47.1	46.0	2.1	2.2	1.1
1996 - 1997	42.8	44.3	42.9	41.2	1.5	0.0	-1.6
1997 - 1998	33.7	32.6	30.3	28.8	-1.2	-3.5	-5.0
1998 - 1999	47.0	47.1	45.6	43.7	0.0	-1.4	-3.3
1999 - 2000	53.2	53.4	52.8	51.7	0.2	-0.4	-1.5
2000 - 2001	39.5	38.4	37.9	36.4	-1.2	-1.6	-3.1
				Sum	**3.7**	**-6.4**	**-18.2**

Vi har også tatt en titt på de økonomiske konsekvensene av endret kjøremønster. Vi har da vurdert byttedatoer mellom øvre og nedre inntak på 15. mars, 1. april og 15. april. Tabell 1 viser salgsverdi for kraften dersom en antar en fast pris på 20 øre/kWh. Det er tatt hensyn til virkningsgraden på turbinen, og beregningene er avsluttet ved vårflommen når observert driftsvannføring blir større enn den simulerte.

Som en ser ville en ved byttedato 15. mars ha tjent nesten 4 millioner kroner totalt over de ni årene som er simulert, men det er variasjoner fra år til år. Senere byttedatoer gjør at en ikke får tømt magasinet før vårflommen, og tapet blir totalt på 18 millioner ved byttedato 15. april. Fig. 6 viser et slikt eksempel fra 1999. Dersom en tillater seg en raskere økning i driftsvannføringen etter bytte til nedre inntak, vil tapet bli redusert, men det blir da større fare for isgang.

Det er imidlertid mer realistisk at en fortsatt sakte økning i driftsvannføring etter at 33 m^3/s er nådd skal kunne være mulig uten at det blir isproblemer. Dette vil også redusere et eventuelt restmagasin og altså øke lønnsomheten av denne kjørestrategien. Maksimal tillatt driftsvannføring frem til tilsigsøkning er 30 m^3/s, slik at denne kjøringen krever midlertidig tillatelse til avvik fra manøvreringsreglementet. Dersom slik tillatelse ikke blir gitt vil inntjeningen bli noe mindre, men vi vil likevel få de planlagte resultater vedrørende virkninger på vanntemperatur- og isforhold av denne kjørestrategien.

Fig. 7 viser antatt vanntemperatur ved utløpet av kraftstasjonen i et år med stort tilsig (1991/92) og et med lite tilsig (1997/98). Overgangene mellom inntakene kan glattes i tid ved å bruke begge inntakene. Toppen i mars kan også reduseres ved å slippe vann forbi dammen. Dette vannet vil avkjøles i elveløpet innen det når utløpet av kraftstasjonen. Dersom en fjerdedel av driftsvannføringen slippes forbi vil blandingstemperaturen nedenfor dammen falle fra anslagsvis 1.1 °C til anslagsvis

0.8 °C. Slippes halvparten forbi faller temperaturen til 0.6 °C. Dette er imidlertid en meget dyr løsning.

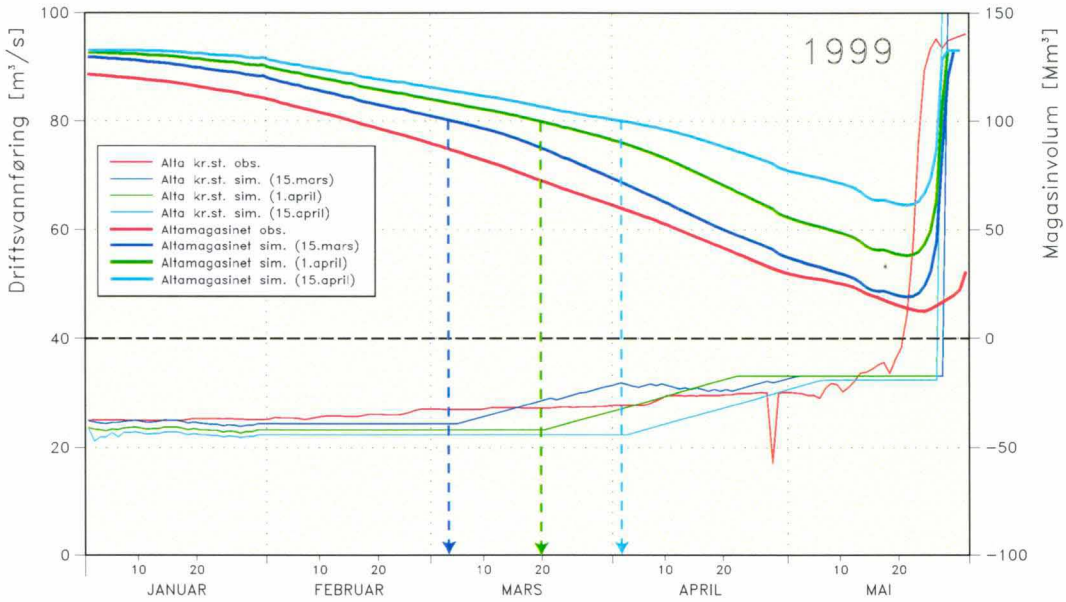

Fig. 6 **Simulerte og observerte driftsvannføringer og magasinvolumer i våren 1999. Simuleringene tar utgangspunkt i byttedatoer 15. mars, 1. april og 15. april. De striplete pilene viser de virkelige byttedatoene.**

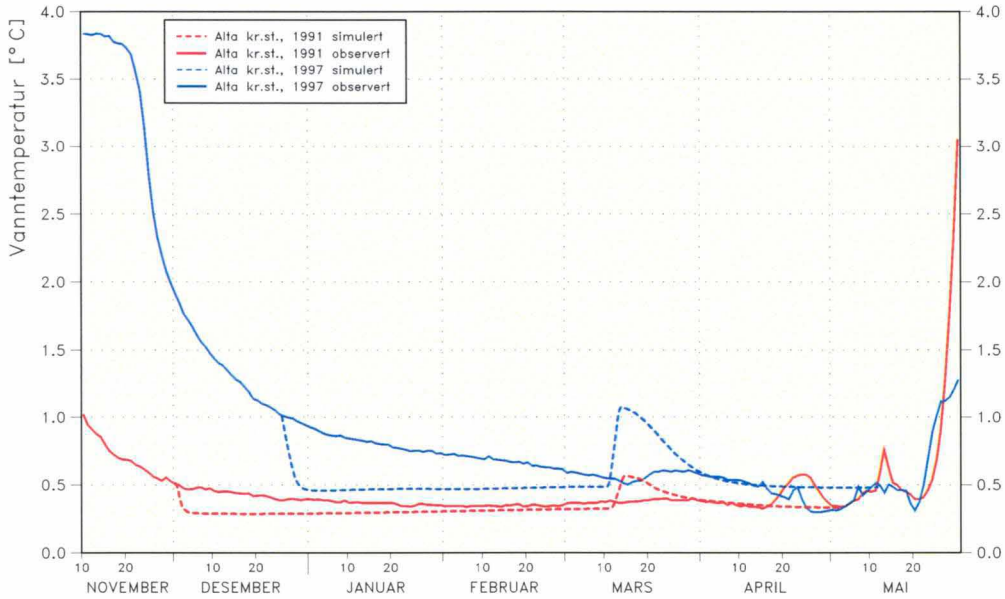

Fig. 7 **Antatt vanntemperatur ved å kjøre etter ny strategi sammenlignet med observert vanntemperatur. 1991/92 er et år med stort tilsig og 1997/98 er fra et år med lite tilsig.**

Selv om samme varmemengde skal forbi dammen, blir det totalt sett en reduksjon i graddøgnsummen på 5-15 °C (tabell 2). Det skyldes at det er høyest vannføring i perioden med hevet temperatur på driftsvannet. Perioden med hevet temperatur blir derfor kortest og bidrar minst i graddøgnsummen.

Tabell 2 Omtrentlig endring i graddøgnsum [°C] ved utløpet av Alta kraftverk ved ny kjørestrategi (byttedag 15. mars). Det er sammenlignet simulert og observert vanntemperatur i år med henholdsvis relativt varmt og kaldt driftsvann. Det er også skilt mellom perioden med henholdsvis øvre og nedre inntak.

	Øvre inntak desember - februar	Nedre inntak mars - mai	Sum endring desember - mai
Varmt driftsvann	-18 °C	6 °C	-12 °C
Kaldt driftsvann	-10 °C	3 °C	-7 °C

Konklusjon

Det er vist at en kan kjøre med øvre inntak på Alta kraftverk frem til første halvdel av mars uten økonomisk tap under forutsetning av at økningen i driftsvannføring på senvinteren gir akseptable isforhold. Mindre produksjon ved manglende tømming av magasinet oppveies av produksjon på høyere vannstand. Dette gjelder for en årrekke sett under ett, og det er variasjoner fra år til år. Ved å bruke øvre inntak skulle forholdene ligge bedre til rette for islegging nedenfor kraftverket frem til første halvdel av mars. Dette skyldes kaldere driftsvann og lavere vannføring. Etter overgang til nedre inntak må en regne med at mesteparten av isen kan forsvinne.

Det må undersøkes nærmere hvordan den foreslåtte økningen i driftsvannføringen vil virke på isforholdene, og en må være forberedt på at økningen må kunne gjøres enda saktere enn vi har antatt (0.3 m^3/s/døgn). Den forsiktig økningen i vannføringen kan også fremskynde isløsningen slik at en raskere økning i vannføringen blir mulig på ettervinteren før vårflommen tar til.

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

Utgitt i Oppdragsrapportserien i 2001

Nr. 1 Liss M. Andreassen og Hans-Christian Udnæs: Snøfordeling gjennom en smeltesesong (20 s.)

Nr. 2 Thomas Skaugen: Disaggregation of precipitation (25 s.)

Nr. 3 Hans-Christian Udnæs: Hydrologiske simuleringer med meteorologiske prognoser (25 s.)

Nr. 4 Hervé Colleuille: Filefjell - Kyrkjestølane (073.Z) Grunnvannsundersøkelser. Årsrapport 2000 (31 s.)

Nr. 5 Hervé Colleuille: Skurdevikåi tilsigsfelt (015.NDZ) Grunnvannsundersøkelser. Årsrapport 2000 (32 s.)

Nr. 6 Randi Pytte Asvall: Vanntemperatur og isforhold i Stjørdalselva. Virkninger av Meråkerutbyggingen (58 s.)

Nr. 7 Even Gillebo, Tor Simon Pedersen: Prognose for grunnvannstand, Brunesmoen, Modum kommune, Buskerud (012.D6Z) (20 s.)

Nr. 8 Hervé Colleuille, Lars-Egil Haugen, Hans-Christian Udnæs, Knut Møen: Infiltrasjonsprosesser i frossen jord på Gardermoen. Analyse av markvann-, grunnvann-, tele- og snøobservasjoner (72 s.)

Nr. 9 Øystein Aars: Vannutvekslingen i Skjomen, Nordland (51 s.)

Nr. 10 Randi Pytte Asvall og Ånund Sigurd Kvambekk: Ny strategi for tapping av Altamagasinet om vinteren. Endring av vanntemperatur- og isregimet fra utløpet av kraftstasjonen til Savco ved utvidet bruk av øvre inntak. (19 s.)

Norges vassdrags- og energidirektorat

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