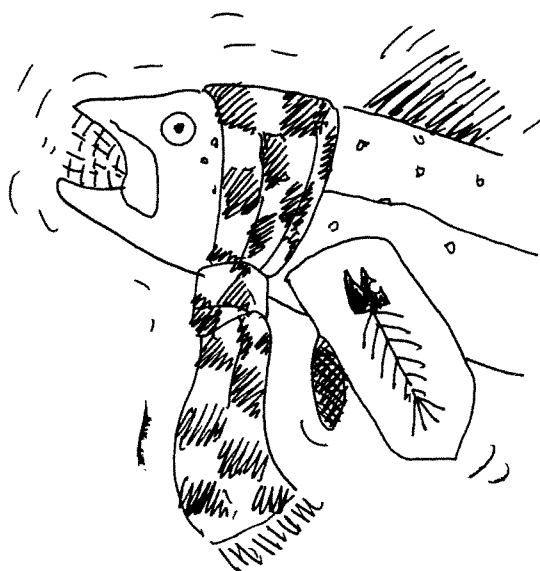


O-94208

Temperatur og fiskeproduksjon i Vetlefjordelva etter regulering

Vurdering av skisse til
manøvreringsreglement



NIVA - RAPPORT

Norsk institutt for vannforskning  NIVA

Prosjektnr.: 94208	Undernr.:
Løpenr.: 3245	Begr. distrib.:

Hovedkontor Postboks 173, Kjelsås 0411 Oslo Telefon (47) 22 18 51 00 Telefax (47) 22 18 52 00	Sørlandsavdelingen Televeien 1 4890 Grimstad Telefon (47) 37 04 30 33 Telefax (47) 37 04 45 13	Østlandsavdelingen Rute 866 2312 Ottestad Telefon (47) 62 57 64 00 Telefax (47) 62 57 66 53	Vestlandsavdelingen Thormøhlensgt 55 5008 Bergen Telefon (47) 55 32 56 40 Telefax (47) 55 32 88 33	Akvaplan-NIVA A/S Søndre Tollbugate 3 9000 Tromsø Telefon (47) 77 68 52 80 Telefax (47) 77 68 05 09
--	---	--	---	--

Rapportens tittel: Temperatur og fiskeproduksjon i Vetlefjordelva etter regulering. Vurdering av skisse til manøvreringsreglement.	Dato: 07.04.95	Trykket: NIVA 1995
	Faggruppe: Vassdragsregulering	
Forfatter(e): Vilhelm Bjerknes	Geografisk område: Sogn og Fjordane	
	Antall sider: 34	Opplag:

Oppdragsgiver: Sogn og Fjordane Energiverk	Oppdragsg. ref.: Hermod Seim
---	---------------------------------

Ekstrakt:
Sogn og Fjordane Energiverk (SFE) vil søke om endring av manøvreringsreglement for Mel Kraftverk i Vetlefjordelva, og har utformet en skisse til nytt reglement. Denne rapporten vurderer skissens konsekvenser for fiskeproduksjonen i Vetlefjordelva. Nåværende reglement har bidratt til en kraftig reduksjon i sommertemperaturene i den regulerte delen av vassdraget, noe som har ført til sterkt forsinket utvikling av egg- og yngelstadiet hos sjøauren. Skissen til nye bestemmelser vil medføre høyere sommertemperaturer, men gir samtidig økt risiko for større og hurtigere vannstandsvariasjoner sommer og vinter. Hurtige reduksjoner anses særlig uheldig i situasjoner der vannføringen er lav fra før (~1 m³/s og nedover), og kan da føre til stranding av fisk og skader på naturlig gytt rogn. Av hensyn til Vetlefjordelva som fiskeelv må skissen derfor vurderes i sammenheng med tiltak for å stabilisere vannspeilet i elven nedenfor Mel Kraftverk.

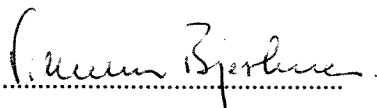
4 emneord, norske

1. Vassdragsregulering
2. Vanntemperatur
3. Sjøaure
4. Yngelutvikling

4 emneord, engelske

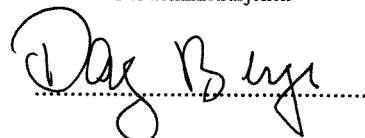
1. Water regulation
2. Water temperature
3. Migratory brown trout
4. Fry development

Prosjektleder



Vilhelm Bjerknes

For administrasjonen



ISBN-82-577-2751-2

O-94208

Temperatur og fiskeproduksjon i Vetlefjordelva etter regulering.

Vurdering av skisse til manøvreringsreglement.

Bergen, april 1995

Vilhelm Bjerknes

Forord

Utbyggingen av Mel Kraftverk i Vettlefjordvassdraget har ført til en kraftig temperaturreduksjon i elven nedenfor Mel om sommeren, og en svak heving av vintertemperaturen. Kraftverket har nå vært i drift i en 5-årsperiode, og Sogn og Fjordane Energiverk (SFE) vurderer i den anledning endringer av manøvreringsreglementet. SFE har bedt NIVA uttale seg om endringene i sjøaureproduksjonen på elvestrekningen Mel-Sognefjorden fra uregulert til regulert tilstand, med utgangspunkt i endret temperaturregime.

NIVA's vurdering bygger på en skisse fra SFE til endringer i manøvreringsreglementet, rapport fra NVE om endringer i vanntemperaturforhold i Vettlefjordelva, og på fiskeundersøkelser utført i vassdraget før og etter regulering.

Sogn og Fjordane Energiverk v/Hermod Seim er oppdragsgiver for denne rapporten. NIVA's saksbehandler er Vilhelm Bjerknes.

Bergen i april 1995

Vilhelm Bjerknes

Innhold

Forord	1
Sammendrag	3
1. Innledning.....	4
1.1. Flomdemping	4
1.2. Minstevannføring.....	4
1.3. Lokkeflommer	5
1.4. Årlig driftsstans for ettersyn og vedlikehold	5
1.5. Døgnregulering	6
1.6. Kontinuerlig kjøring om vinteren.....	6
1.7. Terskelbygging	6
2. Sjøarens livssyklus og temperaturavhengighet	7
3. Virkninger av reguleringen	8
3.1. Vanntemperatur	8
3.2. Tilslamming og sedimentasjon	8
3.3. Virkninger av nåværende og foreslått manøvrering	9
3.3.1. Virkninger av flomdemping og minstevannføring.....	9
3.3.2. Effekter av begrenset døgnregulering og kontinuerlig kjøring av kraftverket om vinteren, samt årlig driftsstans for vedlikehold	11
3.3.3. Effekt av lokkeflommer	12
4. Konklusjoner	13
5. Litteratur.....	14
Vedlegg 1. Vannføringer før og etter regulering. (Jfr. Seim 1994).	
Vedlegg 2. Oversikt over reguleringsområdet.	
Vedlegg 3. Temperaturer i Vetlefjordvassdraget før og etter regulering (fra Pytte Asvall 1995).	
Vedlegg 4. Lavvannføring ovenfor Mel før og etter regulering (fra Seim 1994).	

Sammendrag

På grunnlag av driftserfaring fra Mel Kraftverk har SFE utarbeidet en skisse til revisjon av manøvreringsreglementet for kraftverket. De foreslåtte endringene gjelder flomdemping, minstevannføring, lokkeflommer, årlig stans for vedlikehold, døgnregulering og kontinuerlig kjøring om vinteren.

De positive effektene av de foreslåtte endringene vil først og fremst være høyere vanntemperaturer om sommeren. Etter reguleringen har maksimumstemperaturene om sommeren gått ned fra 8-10°C til 6°C i den regulerte delen av elven. Dette har ført til forsinket utvikling av sjøaureyngelen. Mens det før regulering ble registrert yngel i oppsvømmingsstadiet i første halvdel av juli, er dette stadiet etter regulering uteblitt så sent som siste halvdel av september. Gjennomsnittslengden av 0+ yngel i september er kraftig redusert fra >40 mm før, til <30 mm etter regulering. Ungfisk av atlantisk laks er ikke registrert i vassdraget etter reguleringen, og den siste gytelaksen ble fanget i 1989.

Endret reguleringsreglement vil gi høyere sommertemperaturer, noe som vil være gunstig for de tidlige utviklingsstadiene av sjøaure. Imidlertid kan endringene føre til større og hurtigere vannstandsvariasjoner, noe som vil være meget ugunstig, særlig for den yngste årsklassen av fisk. Man kan derfor ikke se på et endret reguleringsreglement som et ensidig positivt tiltak for fisket, uten at man samtidig iverksetter regulerings tiltak i selve elven i form av terskler for å sikre et mer stabilt vannspeil.

Kravet om lokkeflommer på ettersommeren er fastsatt for å sikre oppgang av fisk. Fangstene i Vetlefjordelva i årene etter regulering har vært for små til å gi en klar og entydig bedømmelse av effektene av dette tiltaket. I 1994 ble det innført fiskeforbud. Erfaringer fra andre regulerte og uregulerte vassdrag er entydig positive når det gjelder effektene av stigende vannføring på fiskeoppgang sommerstid når økningen i vannføring følges av en økning i vanntemperaturen.

Lokkeflommene i Vetlefjordelva vil nødvendigvis medføre en temperaturnedgang, og det er reist tvil om en slik kombinasjon mellom stigende vannføring og synkende temperatur vil ha den ønskete effekt på fiskeoppgangen. Erfaringsgrunnlaget anses imidlertid for spinkelt til å fastslå effekten av denne bestemmelsen på nåværende tidspunkt.

Det bør vurderes om vanntapping fra epilimnion (øvre vannlag) kan gi en gunstigere temperatur på lokkeflomvannet.

1. Innledning

På grunnlag av driftserfaring fra Mel kraftverk har SFE utarbeidet en skisse til revisjon av manøvreringsreglement (Seim 1994). Gjeldende manøvreringsreglement for regulering av Vetlefjordvassdraget fastsatt ved kgl. res. av 21. juni 1985 har følgende hovedpunkter:

- 1.1. Flomdemping
- 1.2. Minstevannføring
- 1.3. Lokkeflommer
- 1.4. Årlig driftsstans for ettersyn og vedlikehold
- 1.5. Døgnregulering
- 1.6. Kontinuerlig kjøring om vinteren

Nedenfor refereres kort hovedinnholdet i nåværende manøvreringsreglement, og de endringer som foreslås av SFE. Terskelbygging er tatt med som et tilleggspunkt i denne rapporten fordi et slikt tiltak anses nødvendig for ivaksetaking av sjøauren ved endrete manøvreringsbetingelser (kap. 1.7). Vannføring før og etter regulering er vist i Vedlegg 1.

1.1. Flomdemping

Naturlig flomvannføring skal såvidt mulig ikke forøkes. I tiden 1. mai -1. oktober skal vannstanden i Nedre Svartevassvatnet og Jorddalsvatnet normalt holdes lavere enn 5 m under øvre reguleringsgrense og vannstanden i Skaddalsvatnet normalt holdes lavere enn 7 m under øvre reguleringsgrense (se kart, Vedlegg 2).

Bestemmelsen er begrunnet med at Vetlefjordelva i naturlig tilstand var en utpreget flomelv, og bygdefolkets ønske om å unngå tidligere problemer med store flommer.

Driftserfaringene viser at den gjennomsnittlige størrelsen på flommene er mer enn halvert etter at kraftverket kom i drift, og SFE foreslår bestemmelsen endret til:

Ved manøvreringen skal has for øyet at naturlig flomvassføring såvidt mulig ikke økes.

1.2. Minstevannføring

Gjeldende bestemmelse går ut på at det i tiden 20. mai - 1. oktober såvidt mulig skal holdes en minstevannføring på 3.5 m³/s nedenfor kraftstasjonens utløp. Bestemmelsen er begrunnet med opprettholdelse av fisket.

Driftsvannet utgjør over 60% av vannføringen i elven nedenfor kraftverket fra 20. mai til 1. oktober, og sommertemperaturen i elven nedenfor kraftverket er mye lavere enn antatt på forhånd. Temperaturreduksjonen er størst i juli og august, og har da vært 4-6°C sammenliknet med uregulert elv (Pytte Asvall 1995). Erfaringsmessig ligger gjennomsnittlig sommertemperatur med nåværende manøvrering ned mot 3.5°C. Det var forventet at sommertemperaturen på driftsvannet skulle ligge i området 5-6°C, og temperaturen i elven nedenfor Mel på 9-10°C (Tvede 1983).

For å oppfylle minstevannføringskravet og samtidig magasinere vann til vinteren, må kraftverket kjøres på tildels svært lav last mer eller mindre hele sommeren.

SFE foreslår bestemmelsen endret til:

Primært: *Ingen krav til minstevannføring.*

Sekundært: *I tiden 20. mai- 1. oktober skal det nedenfor kraftstasjonens utløp såvidt mulig holdes en minstevannføring i området 0.5-1.0 m³/s.*

1.3. Lokkeflommer

Någjeldende bestemmelse går ut på at det av hensyn til fiskeoppgang og utøving av fisket skal slippes lokkeflommer på minst 9 m³/s i august og september, målt ved kraftverksutløpet. Flomperiodene skal utgjøre til sammen minst 8 døgn, hvorav minst 2 døgn i september.

Erfaring til nå tyder på at det går lite eller ingen fisk opp i vassdraget så lenge kraftverket er i drift. Storparten av fisken fanges ved utløpet i sjøen. Dette antas å henge sammen med de lave vanntemperaturene. Lokkeflommene medfører økt andel av kaldt driftsvann, og dermed en ytterligere temperaturreduksjon.

I skissen foreslår SFE bestemmelsen om lokkeflommer endret til:

Av hensyn til fisk som skal gå opp i vassdraget skal kraftverket kjøres slik at det i juli, august og september såvidt mulig blir perioder med vanntemperatur over 7°C målt i elva nedenfor kraftverksutløpet. Disse periodene skal til sammen utgjøre 8 døgn eller mer, og de skal såvidt mulig legges til tider da restvannføringen er stor. Det skal tilstrebes jevn spredning på periodene og hver periode skal ha en varighet på minst ett døgn.

1.4. Årlig driftsstans for ettersyn og vedlikehold

Iflg. nåværende bestemmelse skal årlig driftsstans for ettersyn og vedlikehold normalt avsluttes innen 20. mai. Bestemmelsen skyldes ønske om å legge driftsstansen til en periode med høy og stabil restvannføring. Erfaringsmessig kan en i mai oppleve svært lav restvannføring (<0.5 m³/s), mens middelvannføringen i juni stort sett er høyere enn i mai. Det anses derfor ikke som noen ulempe å legge den årlige driftsstansen til juni.

SFE foreslår bestemmelsen om årlig driftsstans endret til:

Primært: *Bestemmelsen utgår.*

Sekundært: *Årlig driftsstans for ettersyn og vedlikehold skal normalt avsluttes innen 1. juli.*

1.5. Døgnregulering

Gjeldende manøvreringsbestemmelse går ut på at driftsvannføringen skal være så jevn som mulig, typisk døgnregulering med nattstans er ikke tillatt i tiden 1. juni- 1. oktober. Begrunnelsen for bestemmelsen er hensynet til fiskeinteressene. Erfaringsmessig er den lave temperaturen på driftsvannet til ulempe for fiskeinteressene. Dessuten medfører bestemmelsen redusert kraftproduksjon, dårlig virkningsgrad og økt materialslitasje på kraftverket ved lav last. SFE foreslår at bestemmelsen faller bort.

1.6. Kontinuerlig kjøring om vinteren

Iflg. brev fra NVE av 5. mai 1988 er det en forutsetning for konsesjonen at kraftverket er i kontinuerlig drift hele vinteren. I manøvreringsreglementet heter det derimot at "Driftsvassføringen skal være så jevn som mulig, typisk døgnregulering med nattstans er ikke tillatt i tida 1. juni- 1. oktober...". Forøvrig kan tappingen skje etter Sogn og Fjordane Energiverks behov." Bestemmelsen er begrunnet ut fra behovet for å holde et mest mulig stabilt vannspeil i vassdraget om vinteren av hensyn til fisk.

Erfaring tyder på at tilsiget fra restfeltet er større i lavvannsperioder om vinteren enn det feltarealet skulle tilsi, og utfra det som var forventet på forhånd. Dessuten medfører bestemmelsen noe ulempe for kraftverksdriften. SFE foreslår derfor at bestemmelsen om kontinuerlig kjøring om vinteren faller bort.

1.7. Terskelbygging

Det foreligger planer om bygging av ialt 18 terskler i den regulerte delen av Vetlefjordelva. Som det framgår av denne rapporten vil det være en forutstning for en helhetlig forvaltning av fiske og fiskebestand i vassdraget at terskelplanen og manøvreringsreglementet for kraftverket ses i et samlet perspektiv.

2. Sjøaurens livssyklus og temperaturavhengighet

Sjøauren gyter vanligvis i perioden fra oktober til januar. Det er store variasjoner i gytetidspunkt fra vassdrag til vassdrag, bl.a. temperaturavhengig. Etter befruktning graver hunnen eggene ned i elvegrusen, der de blir liggende til neste vår. Etter klekking blir yngelen liggende nede i grusen til plommesekken er nesten oppbrukt. Da tar den seg opp av grusen og starter aktivt fødeopptak.

Det ser ut til å være en tilpasning mellom sjøaurens gytetidspunkt og elvens vintertemperatur. Gyting skjer tidligere i vassdrag med lave vintertemperaturer enn i vassdrag med høyere vintertemperaturer (Heggberget 1988). Slike tilpasninger fører til at yngelen svømmer opp fra grusen og starter aktivt næringsopptak på det mest mulig gunstige tidspunkt om våren med hensyn til vanntemperatur og vannføring (Jensen et. al. 1990). I Vettlefjordelva gyter sjøauren normalt fra midten av oktober (Sigmund Feten, pers. komm.).

Rognens utviklingstid fra befruktning til øyerogn, videre til klekking og fram til yngelen svømmer opp fra grusen er sterkt temperaturavhengig. Antall døgngrader (temperatur x døgn) fram til klekking er ikke konstant, og det trengs færre døgngrader fram til klekking ved lave enn ved høye vanntemperaturer (Crisp 1981). Raske temperatursvingninger i slutten av inkubasjonsperioden (temperatursjokk) kan framskynde klekkingen (Heggberget & Wallace 1984).

Ekstremt lave eller høye vanntemperaturer i inkubasjonsperioden kan øke dødeligheten hos sjøaurerogn. Humpesch (1985) oppgir nedre grense for 50% klekkesuksess til 1.4°C. Praktiske forsøk har imidlertid gitt over 50% klekking hos rogn som har vært utsatt for temperaturer ned mot 0°C (Crisp op. cit.).

Etter klekking blir yngelen liggende i grusen og tære på plommesekken i tre til seks uker, avhengig av vanntemperaturen. Deretter søker yngelen opp fra grusen, og begynner aktivt å ta til seg næring. Dette er et kritisk stadium i livssyklus, med høy dødelighet. Vannføring og vanntemperatur har stor betydning for overlevingen i denne fasen.

Temperatur, næringstilgang, daglengde og fiskestørrelse er viktige bestemmende faktorer for tilvekst hos fisk (Elliot 1975 a, b; Jensen 1990). Tilveksten hos ungfisk er bedre ved økende (forsommer) enn ved avtakende daglengde og temperatur (ettersommer) (Jensen 1990).

Sjøaureungene smoltifiserer ved en viss størrelse og alder (12-20 cm; 2-5 år). Smoltifisering finner sted om våren, og innebærer en endring av fiskens fysiologiske reguleringsmekanismer, som gjør den i stand til osmoregulering i sjøvann. Sjøauren foretar relativt korte næringsvandring i sjøen, og både umodne og gytemodne individer vandrer tilbake til ferskvann på ettersommeren. Vandring til og fra sjøen fortsetter årlig resten av livet.

Fiskestørrelse, daglengde, temperatur og vannføring er viktige styringsparametre for smoltifisering og smoltutvandring. Samspillet mellom disse faktorene varierer fra vassdrag til vassdrag, og utvandringstidspunktet kan variere sterkt både mellom ulike vassdrag og mellom ulike år i samme vassdrag.

Vannføring regnes som viktigste styringsparameter for oppvandring av laks og sjøaure fra sjøen. Variasjoner i vannføringen er viktig. Kombinasjon av stigende vannføring og stigende temperatur ser ut til å ha en stimulerende effekt på oppvandringen (Jensen et. al. 1986). Dette samspillet er også avgjørende for avkastning av stangfiske.

3. Virkninger av reguleringen

3.1. Vanntemperatur

Temperaturmålinger foretatt ved Langeteig, nedstrøms nåværende utløp av Mel kraftverk i årene 1982-88 viser at det i uregulert tilstand var store variasjoner i vanntemperatur fra år til år, og tildels store døgnvariasjoner. Sommerens maksimumstemperaturer lå stort sett mellom 8°C og 10°C, mens vintertemperaturene normalt lå mellom 1 og 2°C (Pytte Asvall 1995).

Driftsvannet fra kraftverket føres i tunnel direkte fra Svartevassmagasinet (876 m.o.h.), Grøndalsvatnet (1042 m.o.h.) og Jorddalsvatnet (882 m.o.h.). Vannet har lav temperatur og gir en merkbar reduksjon i vanntemperaturen nedenfor kraftstasjonen om sommeren, selv ved små driftsvannføringer. Temperaturreduksjonen er størst i juli og august, og har da vært på 4-6°C. Maksimaltemperaturer over 6°C forekommer bare når kraftstasjonen er ute av drift.

Oppstrøms utløpet av kraftstasjonen har reguleringen ført til en svak økning av sommertemperaturen (ca 0.5-1.0°C).

I milde vintre virker reguleringen først og fremst stabiliserende på vanntemperaturen nedstrøms kraftverket, mens det i kalde vintre når vanntemperaturen oppstrøms synker ned mot frysepunktet, vil være høyere temperatur nedstrøms utløpet enn ovenfor (Pytte Asvall op. cit.). Temperaturkurver før og etter regulering er vist i Vedlegg 3.

3.2. Tilslamming og sedimentasjon

Tipping av sprengstein under anleggsarbeid fra høsten 1987 til-88, og stranderosjon i magasinene de første årene etter regulering (1989-90) førte til kraftig tilslamming av elven over en periode på 3 til 4 år. Dette er tillagt stor betydning i vurderingen redusert tetthet av sjøaureunger og næringsdyr i disse årene (Hessen m. fl. 1989; Bjerknes & Bækken 1990, 1991). Etter dette ser produksjonsforholdene ut til å ha normalisert seg (Hobæk & Bækken 1993). Imidlertid kan det forventes at redusert produksjon av firskeunger i årene fra 1988 til -90 vil få effekter på bestanden av voksen fisk i en årrekke framover (Hessen m.fl. 1990).

Tilslamming og finstoffsedimentasjon under og etter regulering er bare ett av flere forhold som har skapt utfordringer for sjøaurebestanden i Vetlefjordelva. Det er viktig å prøve å skille mellom ulike årsaks- og virkningsforhold der dette er mulig. I denne vurderingen av redusert vanntemperatur i Vetlefjordelva og temperaturens betydning for sjøaureproduksjonen isolert sett, har en betraktet data fra perioden etter at slamproblemene avtok, dvs. perioden 1992-94 til sammenlikning med tiden før reguleringen (Nilsen 1982; Bjerknes & Bækken 1994).

Flomdemping etter regulering fører også til økt sedimentasjon og mindre utvasking av finstoff på lang sikt, noe som har satt sitt tydelige preg på elvebunnen i Vetlefjordelva etter regulering. Dette er også forhold som kan avbøtes ved riktig konstruerte og plasserte terskler i vassdraget.

3.3. Virkninger av nåværende og foreslått manøvrering

3.3.1. Virkninger av flomdemping og minstevannføring

Bestemmelsene som er referert i kapittel 1.1. og 1.2. betyr utjevning av vannføringen i sommerhalvåret, ved at det slippes vann gjennom kraftverkstunnelen. I motsetning til uregulert tilstand vil vannet fra det regulerte feltet ikke bli varmet opp på vei fra magasinene i fjellet og ned til Mel. Manøvreringen bidrar derfor til lave vanntemperaturene i den sjøauførende delen av vassdraget i perioden 1. mai - 1. oktober.

En reduksjon av sommertemperaturen på 4-6°C ned til et gjennomsnitt på 3.5°C (Pytte Asvall 1995) har vidtrekkende produksjonsmessig betydning. Elliot (1975 a, b; 1976) fastslo ut fra eksperimentelle undersøkelser nedre grense for tilvekst hos sjøaure i Storbritania til 3.5°C, og 13°C som optimal temperatur for tilvekst ved ubegrenset næringstilgang. Lave naturlige vanntemperaturer i norske vassdrag gjør trolig at disse temperatursklene ligger noe lavere for sjøaure hos oss.

Allerede i uregulert tilstand har Vetlefjordelva gått for å ha et relativt marginalt temperaturregime for produksjon av laksefisk. Reduserte sommertemperaturer etter regulering bidrar til:

- Forsinket klekking av rogn
- Forlenging av yngelens plommesekkabsorpsjon
- Forsinket oppsvømming
- Sen igangsetting av aktivt næringsopptak
- Økt vinterdødelighet av 0⁺ yngel og redusert tetthet av eldre aldersgrupper
- Redusert tilvekst for alle aldersgrupper av ungfisk
- Forlenget gjennomsnittlig oppholdstid i elven fram til smoltifisering (økt smoltalder)

Nedenfor er hovedvekten av vurderingene lagt på de tidlige stadiene i sjøaurens liv. Dette er gjort fordi disse stadiene er de mest ømfintlige for temperaturpåvirkninger. Kunnskapen om disse forholdene er relativt god, ettersom det dreier seg om de best undersøkte stadiene av livssyklusen hos laksefisk.

I 1993 var oppsvømming såvidt begynt nedenfor Mel så sent som 16. september (Bjerknes & Bækken 1994), mens det i 1987 (før reguleringen) ble registrert begynnende oppsvømming i første halvdel av juli (Bjerknes 1987). Fallende temperatur om høsten gir lavere vekstrate innenfor samme temperaturområde sammenliknet med stigende temperatur om våren (Jensen 1990). Veksten hos ungfisk er bedre ved økende enn ved avtakende daglengde (Metcalf et al. 1986).

Forsinket oppsvømming og næringsopptak hos sjøauren i Vetlefjordelva etter regulering medfører minimal tilvekst for yngelen foran første vinter. Gjennomsnittslengden på 0⁺ yngel i september var før reguleringen på over 40 mm (Nilsen 1983; Bjerknes & Bækken 1994). Laveste gjennomsnittslengde noen gang på 0⁺ yngel nedenfor Mel (26.0 mm) ble estimert i september 1993. På samme tidspunkt var gjennomsnittslengden hos naturlig 0⁺ yngel i den uregulerte delen av elven 34.4 mm (Bjerknes & Bækken op. cit.). Gjennomsnittslengder av 1⁺ yngel var på samme tidspunkt 65.1 mm nedenfor Mel og 70.8 cm i elven ovenfor kraftverket.

Fravær av 0⁺ yngel ovenfor Mel i august 1994 indikerer imidlertid at utviklingen er svært sein også i denne delen av vassdraget. Dette har bl.a. sammenheng med at lav vintertemperatur gir lengre inkubasjonstid og dermed forsinket klekking. Under den forholdsvis strenge vinteren 1993-94 var temperatursummen for perioden oktober-april 346°C ovenfor Mel og 313°C nedenfor (ved Langeteig).

Sammenlikning av resultatene av takseringer med elektrisk fiskeapparat på de samme flatene før og etter regulering, dvs. sammenlikning av årene 1982 og -88 med 1993-94, tyder på at rekruttering uttrykt som tetthet av 0+ yngel om høsten er uendret eller noe høyere etter regulering, mens tettheten av 1+ og eldre fisk har gått sterkt tilbake i 1993 og -94 (Bjerknes & Bækken 1994). I 1994 utgjorde mengden av 1+ og eldre fisk ca 50% av mengden av disse aldersgruppene i 1982 (Nilsen 1983). Dette kan henge sammen med høy vinterdødelighet av 0+ yngel. Lav sommertemperatur og sein oppsvømming og startforing antas å medvirke til slik dødelighet.

I tillegg har det funnet sted en nedgang i gjennomsnittsstørrelsene på alle årsklasser av fiskeunger i den regulerte delen av Vetlefjordelva (Bjerknes & Bækken op cit.), noe som bla. vil bety en økning i gjennomsnittlig smoltalder. Dersom disse resultatene er uttrykk for en generell utvikling, betyr det at vassdragets produksjon av fisk blir kraftig redusert. Heving av sommertemperaturen kan være et viktig botemiddel.

Det naturlige vekstmønsteret hos lokale fiskepopulasjoner er trolig tilpasset den naturlige næringstilgangen. Svermetid hos de fleste vannlevende insekter finner sted tidlig på sommeren, mens en om høsten finner et overskudd av egg eller larver som er for små til å være effektiv næring for større fisk (Jensen 1990). I Vetlefjordelva etter regulering ser det ut til at de lave sommertemperaturene også fører til forsinket svermetid for insekter av vital næringsmessig betydning for fisk. I september 1993 fant Bjerknes & Bækken (1994) bare store individer av nymfer av døgnfluen *Baetis rhodani* nedenfor Mel, mens det oppstrøms kraftverket bare var små og tildels nyklekte individer på dette tidspunkt.

Disse observasjonene indikerer at der også har funnet sted en forskyvning i næringsdyrenes livssyklus nedenfor Mel, med forsinket svermings- og forplantningstid som resultat. Det er foreløpig ingen indikasjoner på at dette har betydning for fiskens næringsopptak. Undersøkelser av fiskemager ved elfiske tyder på optimalt næringsopptak ved vanntemperaturer i området 4-5°C (Bjerknes & Bækken 1994).

Mens det før regulering av Vetlefjordelva var vanlig å finne et lite, men stabilt innslag av laksunger i fangstene under taksering med elfiskapparat på 3-4% (Nilsen 1983; Bjerknes 1987), har laksen blitt helt borte etter regulering (Bjerknes & Bækken 1994). Laks trenger lengre tid for klekking og oppsvømming enn aure (Crisp 1981). Forskjellen i utviklingstidens lengde er temperaturavhengig, og ved lave temperatuer kan en liten forskjell i varmesum representere flere dagers forsinket utvikling hos laks sammenliknet med aure, og gi auren et konkurransefortrinn (Grande & Andersen 1990).

Sterkt forsinket oppsvømming og begynnende næringsopptak hos sjøaure i Vetlefjordelva etter regulering betyr nødvendigvis en enda sterkere forsinkelse for laksens vedkommende. Foruten at dette gir auren et konkurransefortrinn, kommer oppsvømmingstidspunktet for laks trolig så seint på høsten at næringsopptaket første sesong blir minimalt av temperaturmessige årsaker, og sjansene til å overleve første vinter blir redusert. Manglende funn av laksunger stemmer godt overens med at gytelaks er uteblitt fra fangstene i Vetlefjordelva etter 1989 (se kap. 3.3.3.).

Fjerning av minstevannføringskravet på 3.5 m³/s i Vetlefjordelva nedenfor Mel vil gi høyere gjennomsnittlig vanntemperatur om sommeren. Ved vannføringer på < 1 m³/s vil imidlertid deler av produksjonsområdene i elven bli tørrlagt. Fjerning av kravet om minstevannføring vil gi SFE større spillerom til å variere vannslippet gjennom kraftverket. Dersom også restriksjonene mot døgnregulering skal falle bort, vil dette medføre større og hurtigere variasjoner i vannføring med fare for bla. stranding av fisk (Hvidsten 1986).

De foreslåtte endringene av bestemmelsene vil ha positiv innflytelse på sommertemperaturen i Vetlefjordelva, men vil influere negativt på fiskens oppvekstområder. Endret reguleringsreglement vil øke behovet for terskelbygging for å motvirke tørrlegging. Minstevannføring på $< 1 \text{ m}^3/\text{s}$ sommerstid krever fysiske tiltak for å holde vannspeil og dermed skåne fiskens oppvekstområder. En slik kombinasjon kan tenkes å få en gunstig innflytelse på produksjonsforholdene for sjøaure.

3.3.2. Effekter av begrenset døgnregulering og kontinuerlig kjøring av kraftverket om vinteren, samt årlig driftsstans for vedlikehold

Iflg. Ola Lingaas (pers. komm.), er det god vanndekning av elvesengen i Vetlefjordelva ved vannføringer ned til $1 \text{ m}^3/\text{s}$. Lavere vannføringer kan ha uheldige følger med hensyn til stranding av fisk og tørrlegging av gyteområder. Vanndekningen som funksjon av vannføring i Vetlefjordelva bør undersøkes nærmere før man evt. fastsetter en lavere minstevannføring.

Vannføringsmålinger ovenfor kraftverket for perioden 20. mai - 1. oktober før og etter regulering viste ingen døgn med vannføringer $< 1 \text{ m}^3/\text{s}$ før regulering. I 1993 var vannføringen $1 \text{ m}^3/\text{s}$ eller lavere i 29 døgn i denne perioden. I 1994 forekom vannføringen på $1 \text{ m}^3/\text{s}$ eller lavere i 20 døgn (Seim 1994, se Vedlegg 4). Dette gjør fjerning av ethvert krav om minstevannføring betenkelig fra et fiskerimessig synspunkt.

Typisk døgnregulering med nattstans er idag ikke tillatt i tiden 1. juni til 1. oktober. Dette bidrar til å holde et jevnt vannspeil i denne perioden, og er gunstig, særlig for utviklingen av rogn og yngel. Erfaringsmessig søker 0+ yngelen til strandkantområdene etter oppsvømming. På dette stadiet er yngelen lite mobil, og hurtige fluktuasjoner i vannstanden vil medføre stranding av store antall yngel, særlig på lave vannføringer ($< 1 \text{ m}^3/\text{s}$). Erfaringer fra f.eks. Nidelva viser at døgnregulering kan føre til stranding av store fiskemengder, også større fisk (Hvidsten 1985).

Kravet om stabil vannstand om sommeren bidrar til reduserte sommertemperaturer. Med lav vannføring i utgangspunktet er gevinsten av stabil vannstand trolig det viktigste, slik at ulempen med redusert temperatur oppveies. En endring av bestemmelsene på dette punkt må av hensyn til fisken ses i sammenheng med andre vannspeilregulerende tiltak, som f.eks. terskelbygging.

Kontinuerlig kjøring av kraftverket om vinteren virker temperaturstabiliserende. I kalde vintre gir kraftverksvannet en økning i vanntemperaturen nedenfor Mel. Store fluktuasjoner i vannføringen på lave temperaturer om vinteren vil medføre økt stranding av fisk, ødeleggelse av produktive områder for bunndyr (frost, uttørking), og kan også føre til nedfrysing av rogn ved tørrlegging av gyteområder.

Undersøkelser i Vetlefjordelva i 1994 tyder på høy vinterdødelighet hos alle årsklasser av yngel ovenfor Mel vinteren 1993-94, noe som settes i sammenheng med lav vannføring og streng kulde. Dersom man under slike forhold skulle være prisgitt restvannføring nedenfor Mel, kan dette få tilsvarende konsekvenser for fisken i hele vassdraget.

Endringer i denne bestemmelsen må derfor også ses i sammenheng med alternative tiltak for å sikre vannspeil i elven i lavvannssituasjoner.

Årlig driftsstans for vedlikehold bør av hensyn til fisket fortsatt legges til årstid med høy restvannføring (vår/forsommer).

3.3.3. Effekt av lokkeflommer

Någjeldende bestemmelse om lokkeflommer på minst 9 m³/s over minst 8 døgn er satt for å skape gunstige forhold for oppvandring av fisk. Det hersker bred enighet om at oppvandring av anadrom laksefisk trigges av temperatur og vannføring (Swain & Champion 1968; Alabaster 1970; Jensen et. al. 1986). Ved optimal temperatur er vannføringen avgjørende. Det er ikke påvist noen nedre temperaturgrense for oppvandring, men kombinasjonen av økende vannføring og temperatur er viktig. Lokkeflommene i Vetlefjordelva vil nødvendigvis være kombinert med en reduksjon i vanntemperaturen, og det er reist tvil om hvorvidt disse flommene virkelig gir den forutsatte effekt på fiskeoppgangen.

Årsfangsten av sjøaure i den delen av Vetlefjordelva som disponeres av Vetlefjorden grunneigarlag (oppstrøms RV5) gikk kraftig ned fra 1987 til -88 og videre fra -88 til -89 (Sigmund Feten pers. komm.). Fangsttallene for 1989-91 var relativt stabile. I 1992-93 falt årsfangstene ned til ca. 30% sammenliknet med perioden 1989-91. Siste gang det ble tatt laks i Vetlefjordelva var i 1989. Det er ikke mulig å si om reguleringen har hatt innflytelse på denne utviklingen. I 1994 ble det innført fiskeforbud i Vetlefjordelva og i en rekke andre vassdrag i Sogn og Fjordane.

Kraftig reduksjon i fangsten av sjøaure i Vetlefjordelva fra 1988-93, og totalforbud mot fiske i 1994, gjør at man har svært begrenset erfaring for å vurdere hvordan bestemmelsen om lokkeflommer virker i praksis. Det er mulig at langtidseffekter av reduksjonen i sjøaurepopulasjonen i Vetlefjordelva etter slamføringen på slutten av 80- og begynnelsen av 90-årene gjør at det vil ta lang tid å skaffe seg erfaring for dette. Ved å koordinere lokkeflommene med regnværsflommer i restfeltet vil man kunne dempe den negative temperatureffekten noe. Dersom man oppnår temperatursjiktning i magasinene, vil det ligge en gevinst i å tappe lokkeflomvannet fra epilimnion (øvre vannlag), dersom dette er teknisk mulig.

4. Konklusjoner

Bortsett fra bestemmelsen om lokkeflommer, som er iverksatt for å sikre oppgang av gytefisk, vil alle de foreslåtte endringene i manøvreringsreglement ha direkte effekter på produksjonsforholdene for fisk i vassdraget, først og fremst på utviklingen av rogn og yngel.

Vannføring og vanntemperatur henger nær sammen i det regulerte Vetlefjordvassdraget. Et hvert tiltak som endrer vannføringen vil også influere på vanntemperaturen. Slik vannslippingen manøvreres idag står utviklingen av naturlig yngel i fare. Nåværende temperaturregime ser ut til å være begrensende faktor for fiskeproduksjon i den regulerte delen av Vetlefjordelva idag, med sein yngelutvikling og påfølgende økt vinterdødelighet av 0⁺ som den viktigste enkeltfaktor.

Ut fra ovennevnte er det åpenbart behov for tiltak som kan gi en høyere sommertemperatur i den regulerte delen av vassdraget. Redusert kraftverkskjøring i sommerhalvåret vil bidra i denne retning. Derimot vil variabel vannføring, særlig ekstremt lave vannføringer ha en negativ effekt både sommer og vinter. Hurtige variasjoner (døgnregulering) er lite ønskelig, særlig på lave vannføringer.

Slik SFE's skisse til nytt manøvreringsreglement er formulert, kan dette resultere i store og hurtige vannstandssvingninger dersom man ikke samtidig setter inn andre vannstandsregulerende tiltak i selve elven. Det anbefales derfor at en eventuell endret vannføringsrytme som følge av endret manøvreringsreglement vurderes i sammenheng med terskelbygging. Ved bygging av terskler for å sikre vannspeil vil man kunne stå friere m.h.t. manøvrering av kraftverket. Isåfall må man sørge for å bygge tesklene før man tillater endringer i dagens manøvreringsreglement.

På grunn av lav sommertemperatur i magasinene vil redusert minstevannføring i sommehalvåret begunstige sjøaurens yngelutvikling og tilvekst. Døgnregulering frarådes for å unngå skader på sjøaure på oppvekstområdene. Forholdet mellom vannføring og vanndekning av elvesengen bør undersøkes nærmere.

Når det gjelder bestemmelsen om lokkeflommer, er det erfaringsgrunnlaget man sitter inne med for den regulerte Vetlefjordelva pr idag for spinkelt til å gi anbefalinger i den ene eller andre retning. Erfaringer fra andre regulerte og naturlige vassdrag er relativt entydige med hensyn til betydningen av stigende vannføring som trigger for fiskeoppgang når stigende vannføring følges av stigende temperatur. Dette er ikke tilfellet når det gjelder lokkeflommene i Vetlefjordelva, noe som skaper usikkerhet omkring effektene av dette manøvreringstiltaket.

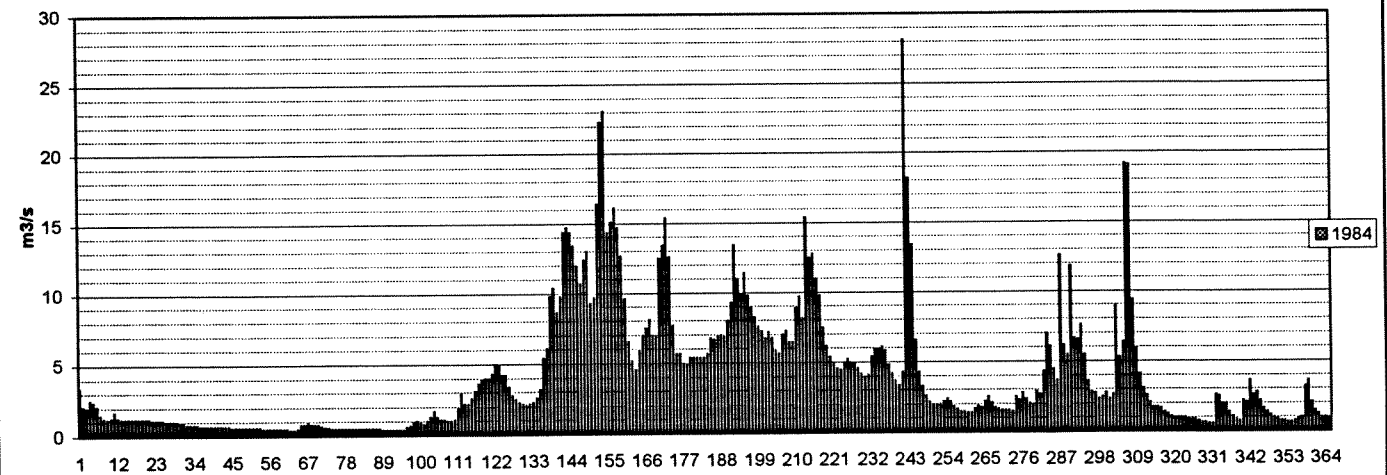
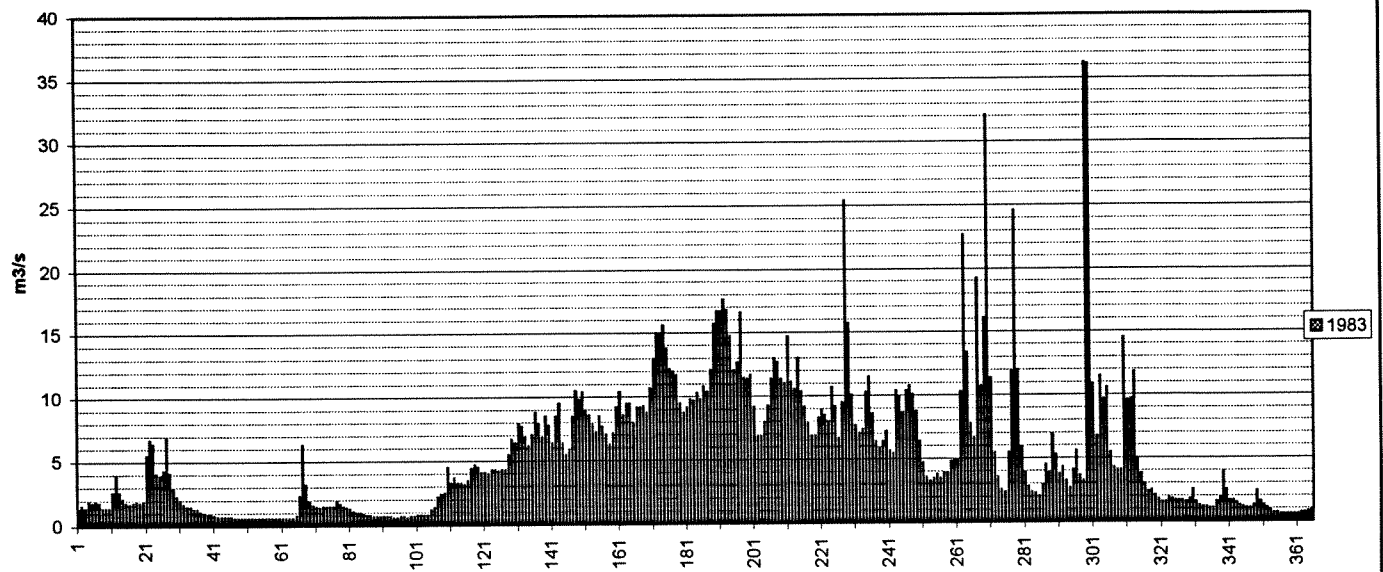
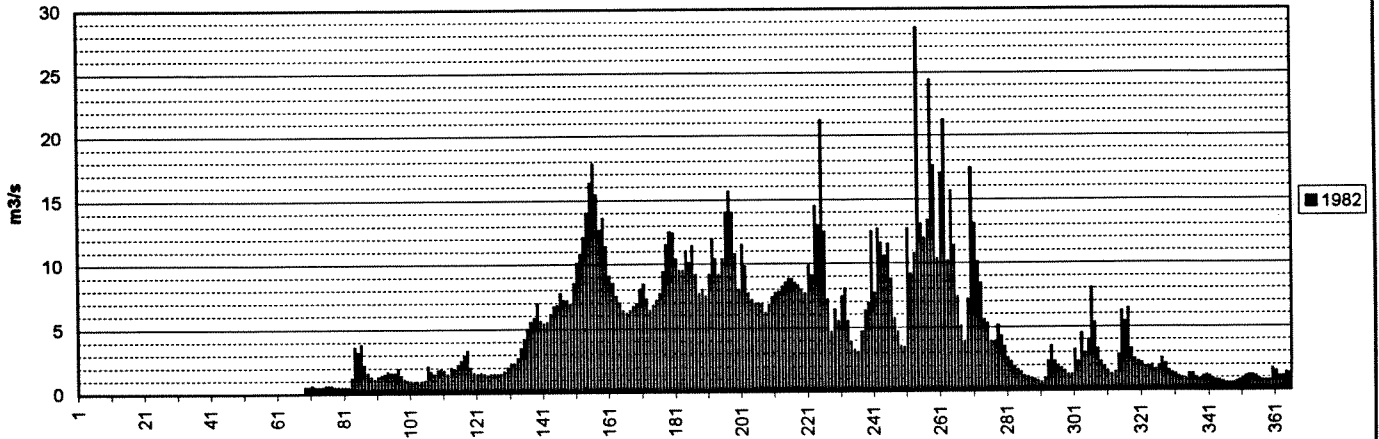
5. Litteratur

- Alabaster, J. S. 1970. River flow and upstream movement and catch of migratory salmonids. *Journal of Fish Biology*. 2, 1-3.
- Bjerknes, V. 1987. Fiskerisakkyndig uttale utarbeidd for herradsretten. Ytre Sogn Herradsrett, Sak nr 6/1986 B. 30 s.
- Bjerknes, V. & Bækken, T. 1990. Registreringer av fisk, bunndyr og vannkvalitet i Vetlefjordelva høsten 1990. NIVA-notat O-90165.
- Bjerknes V. & Bækken, T. 1991. Registreringer av fisk, bunndyr og vannkvalitet i Vetlefjordelva høsten 1991. NIVA-notat V91/27.
- Bjerknes, V. & Bækken, T. 1994. Vannkvalitet, bunndyr og fisk i Vetlefjordelva 1993-94. NIVA-rapport nr. 3143, 30 s.
- Crisp, D.T. 1981. A desk study of the relationship between temperature and hatching time for the eggs of five species of salmonid fishes. *Freshwater Biology*. 11, 361-368.
- Crisp, D.T. 1989. Some impacts of human activities on trout, *Salmo trutta*, populations. *Freshwater Biology*. 21, 21-33.
- Elliot, J. M. 1975 a. The growth rate of brown trout (*Salmo trutta* L.) fed on maximum rations. *Journal of Animal Ecology*. 44, 805-821.
- Elliot, J. M. 1975 b. The growth of brown trout (*Salmo trutta* L.) fed on reduced rations. *Journal of Animal ecology*. 44, 823-842.
- Elliot, J. M. 1976. The energetics of feeding, metabolism and growth of brown trout (*Salmo trutta* L.) in relation to body weight, water temperature and ration size. *Journal of Animal Ecology*. 45, 923-948.
- Grande, M. & Andersen, S. 1990. Effect of temperature regimes from a deep and a surface water release on early development of salmonids. *Regulated Rivers: Research and management*. 5, 355-360.
- Heggberget, T. G. 1988. Timing of spawning in Norwegian Atlantic salmon (*Salmo salar*). *Can. J. Fish. Aquat. Sci.* 45, 845-850.
- Heggberget, T. G. & Wallace, J. C. 1984. Incubation of the eggs of Atlantic salmon and fry at three different temperatures. *Can. J. Fish. Aquat. Sci.* 41, 389-391.
- Hessen, D., Bjerknes, V., Bækken, T & Aanes, K. J. 1989. Økt slamføring i Vetlefjordelva som følge av anleggsarbeid. Effekter på fisk og bunndyr. NIVA-rapport nr. 2226, 36 s.
- Hobæk, A. & Bækken, T. 1993. Vannkvalitet, bunndyr og fisk i Vetlefjordelva høsten 1992. NIVA-notat V93/10, 15 s.

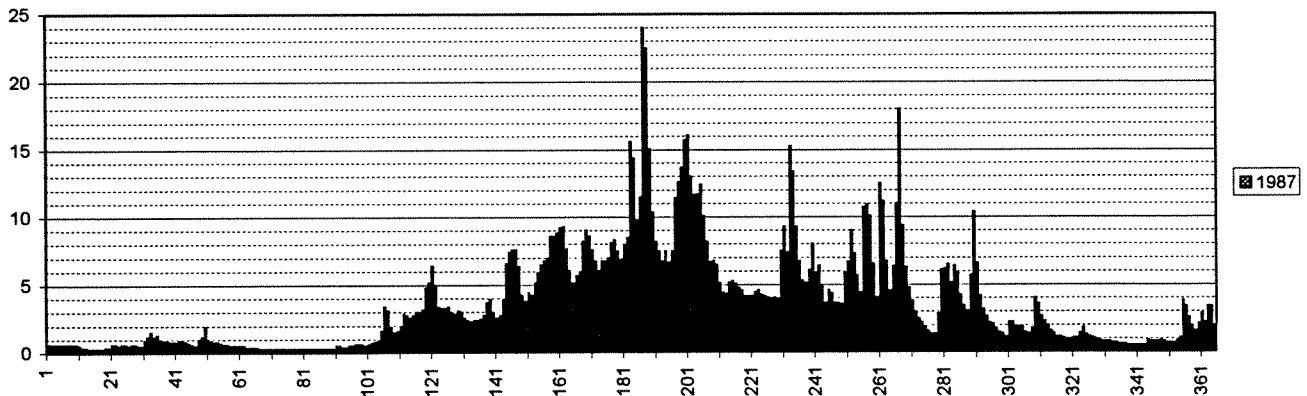
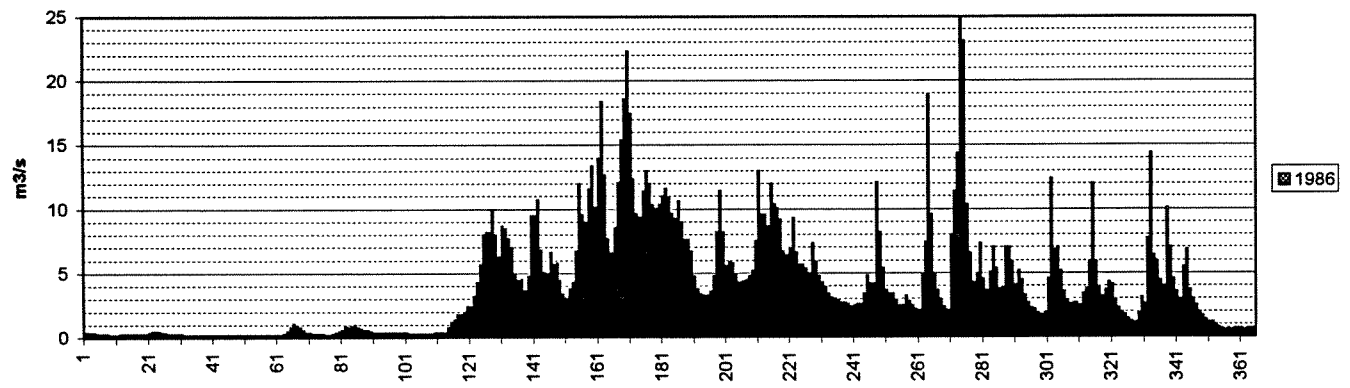
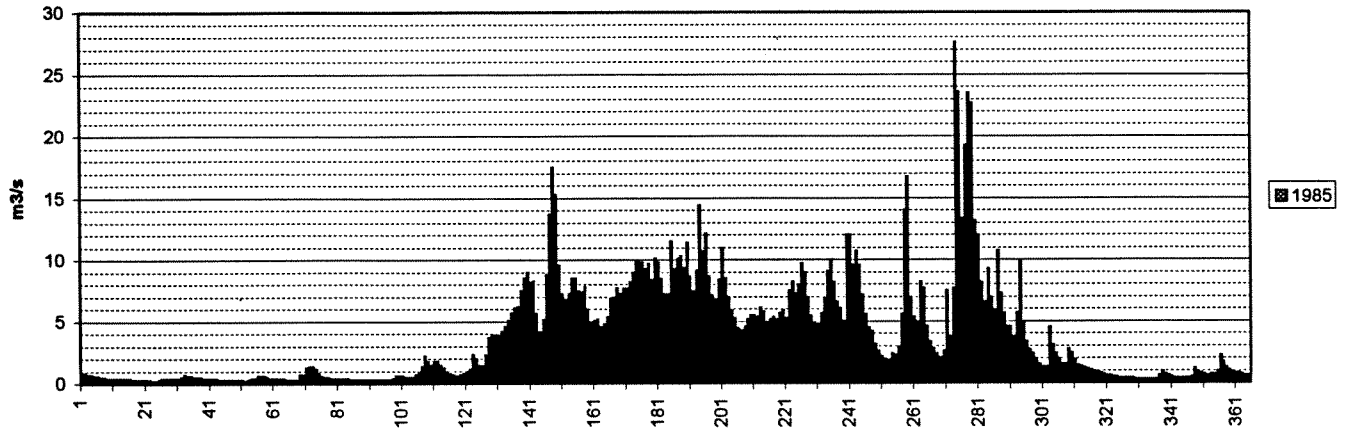
- Humpesch, U. V. 1985. Inter- and intra-specific variation in hatching success and embryonic development of five species of salmonids and *Thymallus thymallus*. Arch. Hydrobiol. 104, 129-144.
- Hvidsten, N. A. 1985. Mortality of presmolt Atlantic salmon, *Salmo salar* L., and brown trout, *Salmo trutta* L., caused by fluctuating water levels in the regulated river Nidelva, central Norway. Journal of Fish Biology. 27, 711-718.
- Jensen, A. J. 1990. Growth of young migratory brown trout *Salmo trutta* correlated with water temperature in norwegian rivers. Journal of Animal Ecology. 59, 603-614.
- Jensen, A. J., Heggberget, T. G. & Johnsen, B. O. 1986. Upstream migration of adult Atlantic salmon, *Salmo salar* L., in the River Vefsna, northern Norway. Journal of Fish Biology. 29, 459-465.
- Metcalf, N. B., Huntingford, F. A. & Thorpe, J. E. 1986. Seasonal changes in feeding motivation of juvenile Atlantic salmon (*Salmo salar*). Canadian Journal of Zoology. 64, 2439-2446.
- Nilsen, M. 1983. Fiske. Vedlegg 8 i: Vetlefjordelvi. Mel Kraftverk. Konesjonssøknad Del 2: Konsekvensanalyser og merknader. Sogn og Fjordane Kraftverk.
- Pytte Asvall, R. 1995. Mel Kraftverk. Vanntemperaturforhold i Vetlefjordelva etter utbygging. NVE Rapport 05 1995. 17 s.
- Seim, H. 1994. Revisjon av manøvreringsreglement for Mel Kraftverk. SFE Notat. 7 s.
- Swain, A. & Champion, A. S. 1968. Upstream movements of migratory salmonids in relation to river flows on the River Axe, Devon. ICES CM 1968/M:9. 7s.
- Tvede, A. M. 1983. Vetlefjordutbygginga. Moglege endringar i vassstemperatur og istilhøve i vassdraga og i Vetlefjorden. Vedlegg 9 i: Vetlefjordelvi. Mel Kraftverk. Konesjonssøknad Del 2: Konsekvensanalyser og merknader. Sogn og Fjordane Kraftverk.

**Vedlegg 1. Vannføringer før og etter regulering.
(fra Seim 1994)**

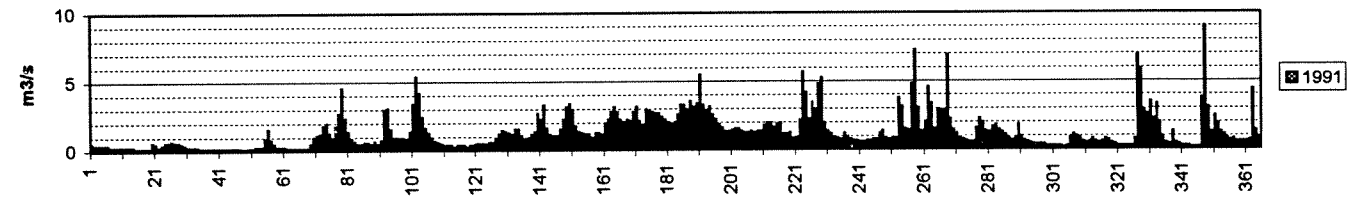
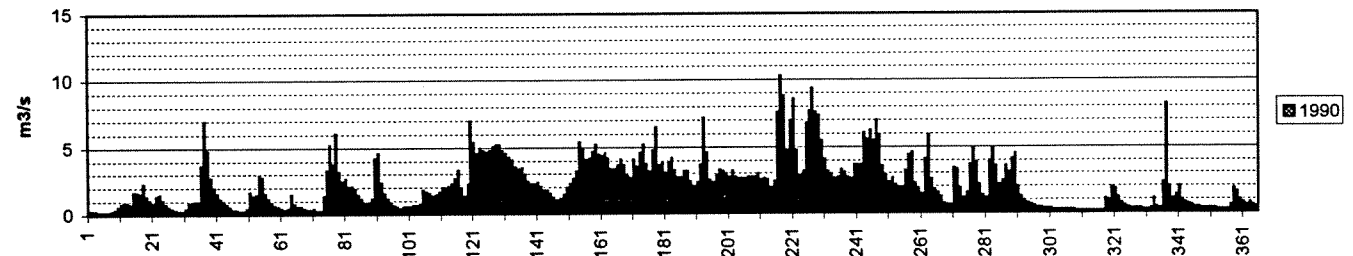
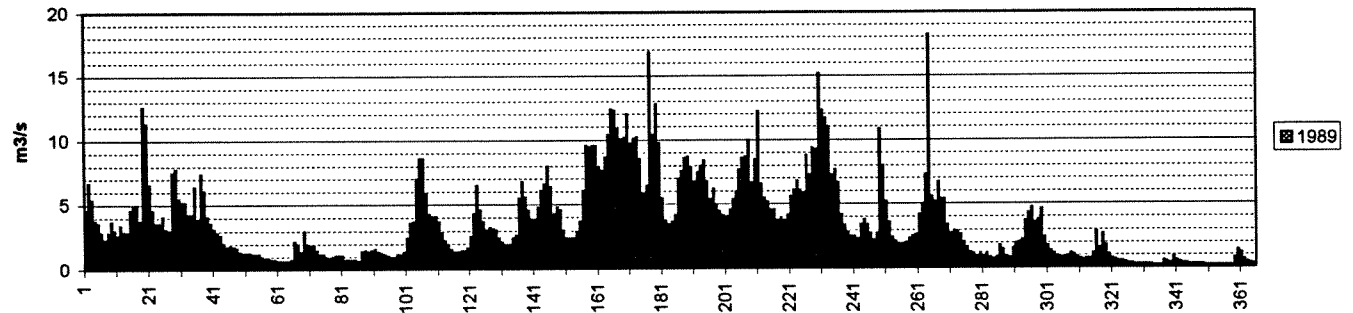
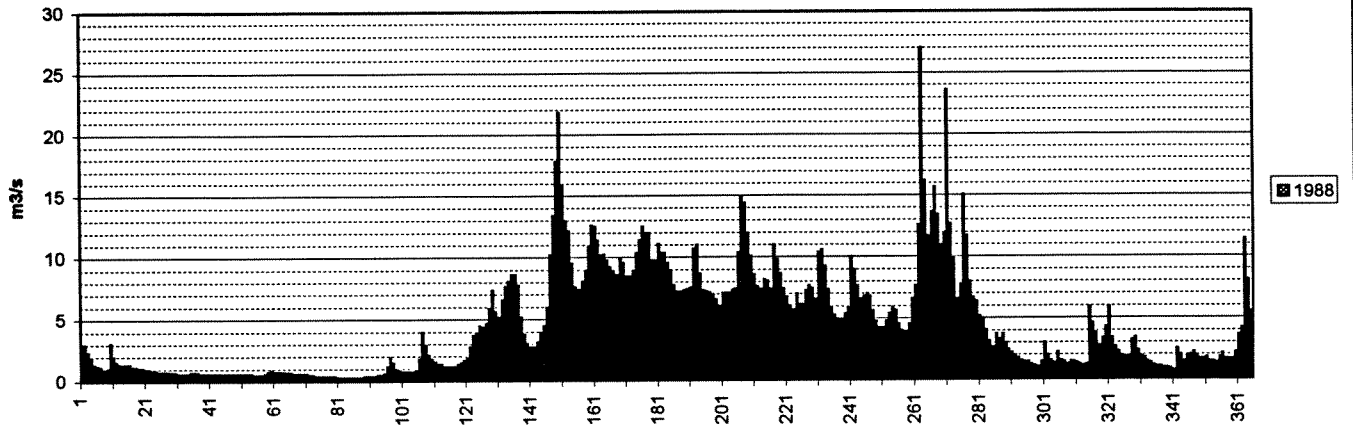
Vassføring i Vetlefjordelvi ovanfor kraftverksavløpet (døgnmedel)



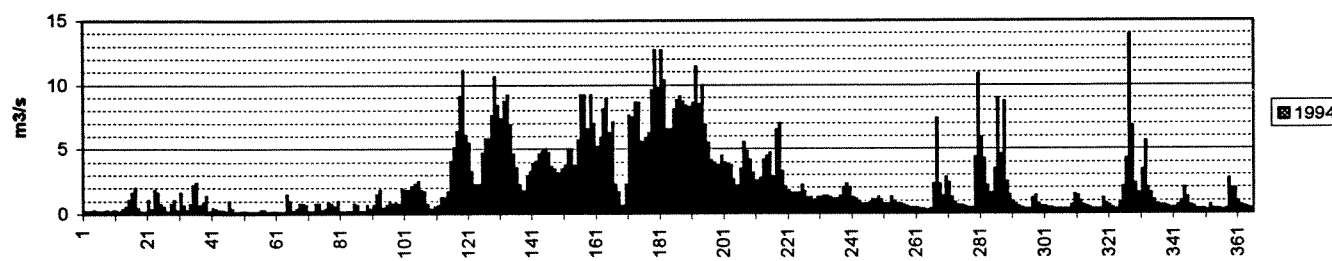
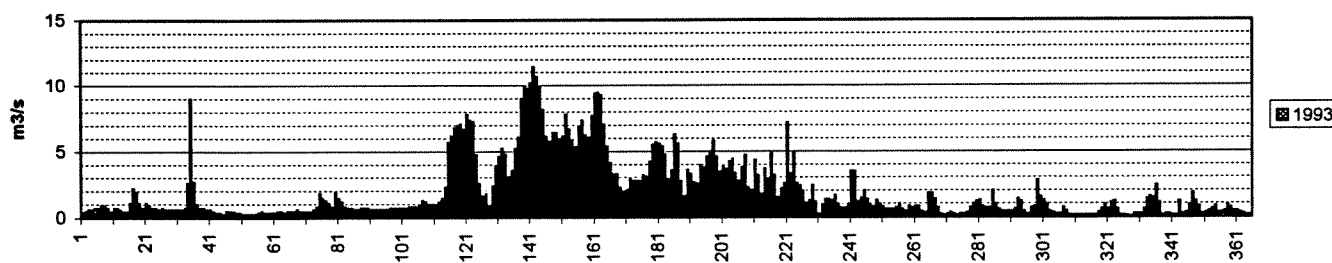
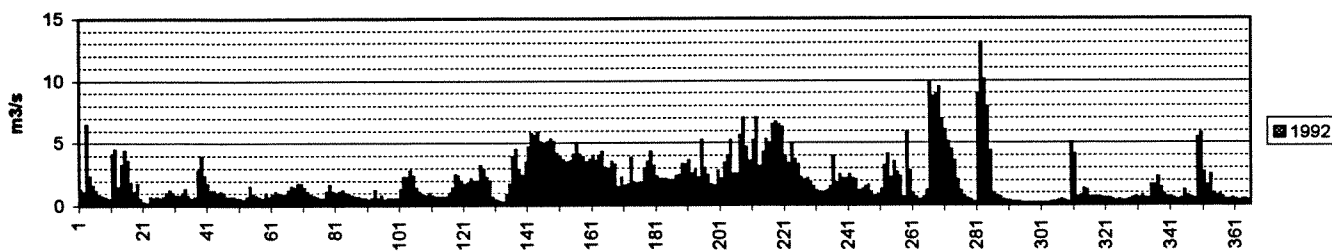
Vassføring i Vettlefjordelvi ovanfor kraftverksutløpet (døgnmedel)



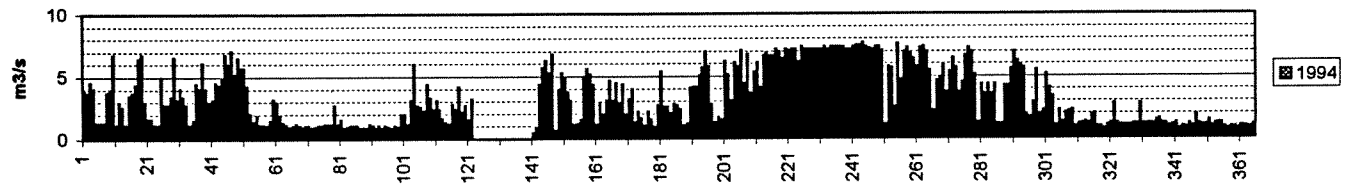
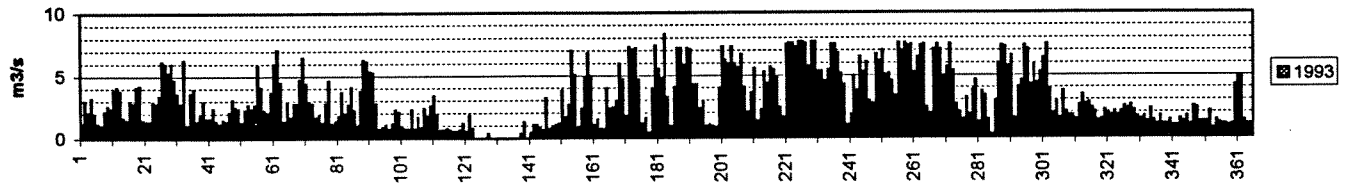
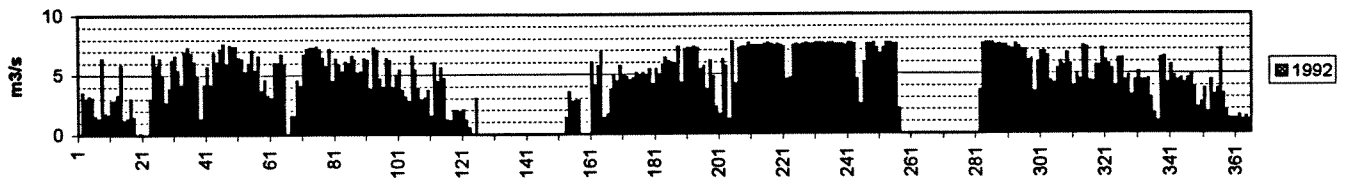
Vassføring i Vettlefjordelvi ovanfor kraftverksutløpet (døgnmedel)



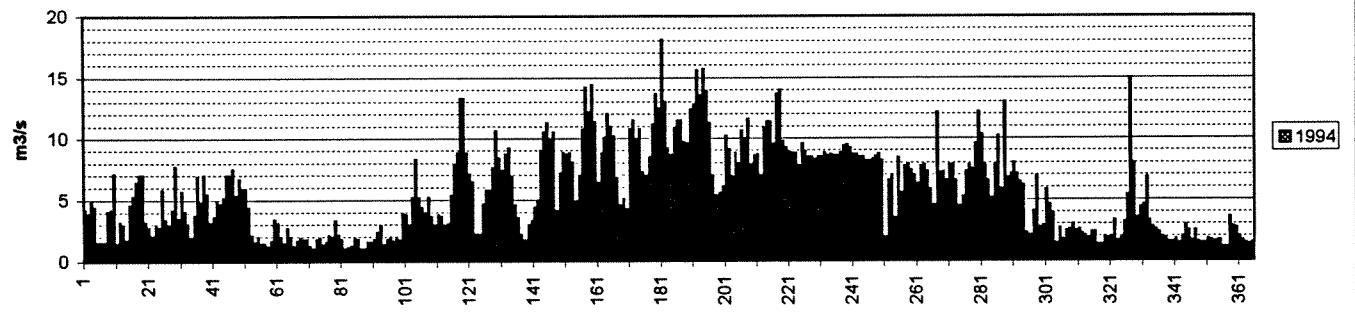
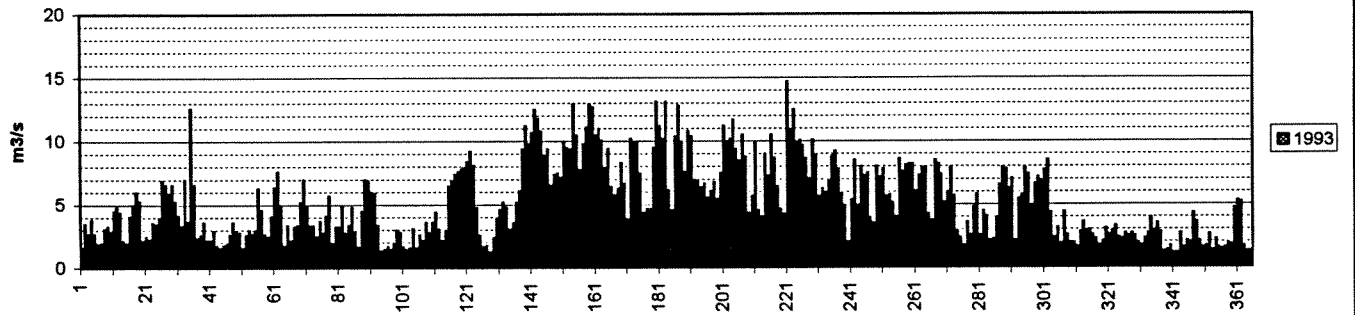
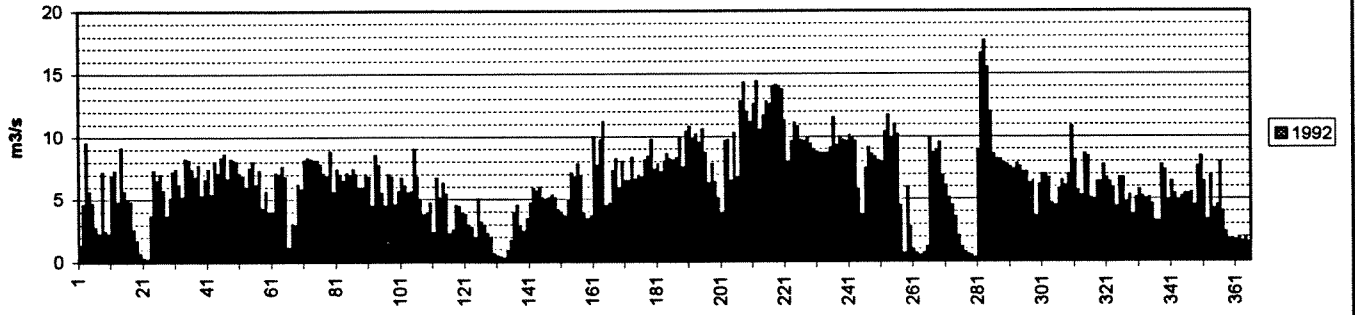
Vassføring i Veteifjordelvi overfor kraftverksavløpet (døgnmedel)



Avløp frå Mel kraftverk (døgnmedel)



Vassføring i Vettefjordelvi nedanfor kraftverksavløpet (døgnmedel)



Vedlegg 2. Oversikt over reguleringsområdet.

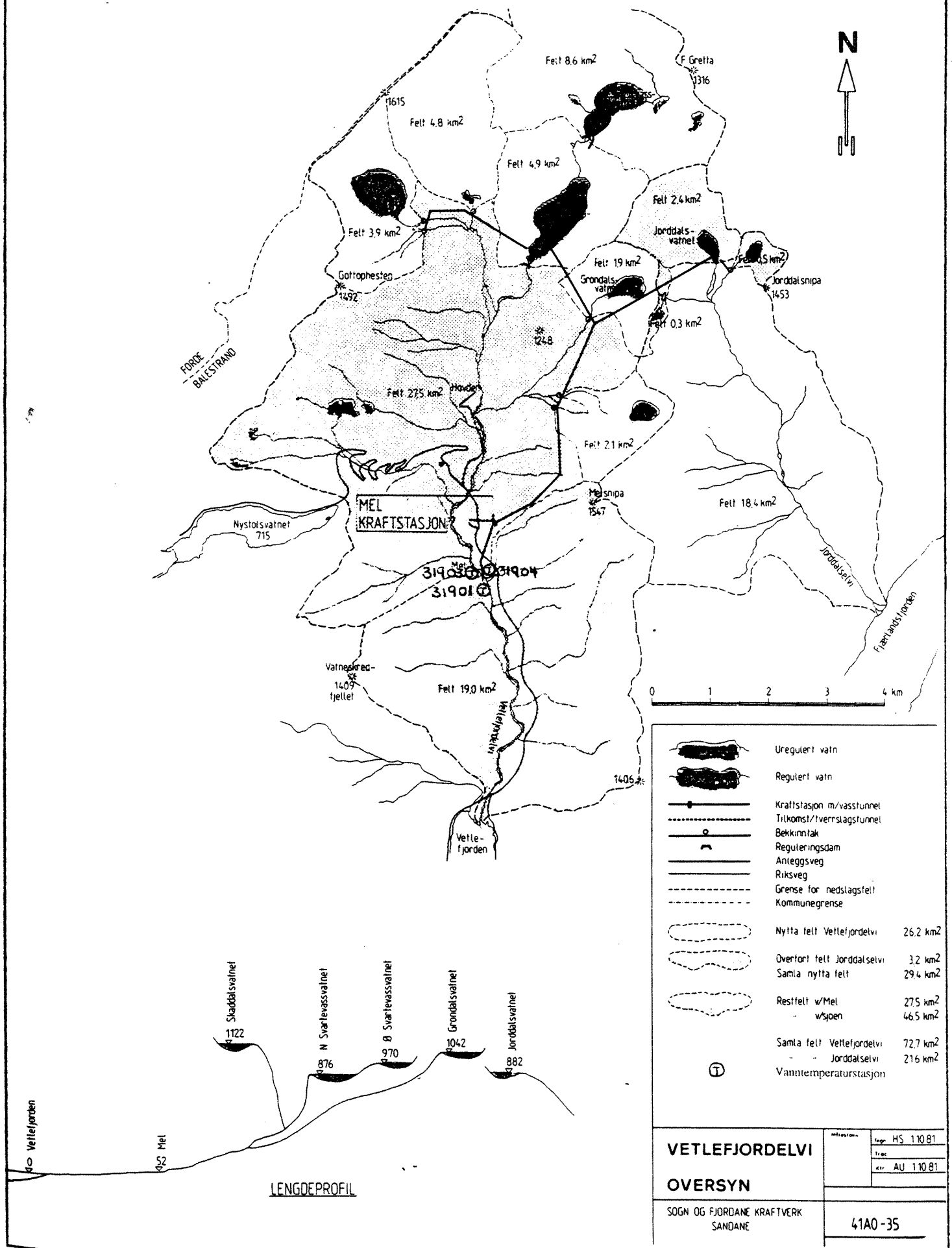


Fig 1 Oversikt over utbyggingen. Vanntemperaturstasjonene i vassdraget er påført.

Vedlegg 3. Temperaturer i Vetlefjordvassdraget før og etter regulering (fra Pytte Asvall 1995)

31901 Vettlefjordelv ndf. Mel kr.st.

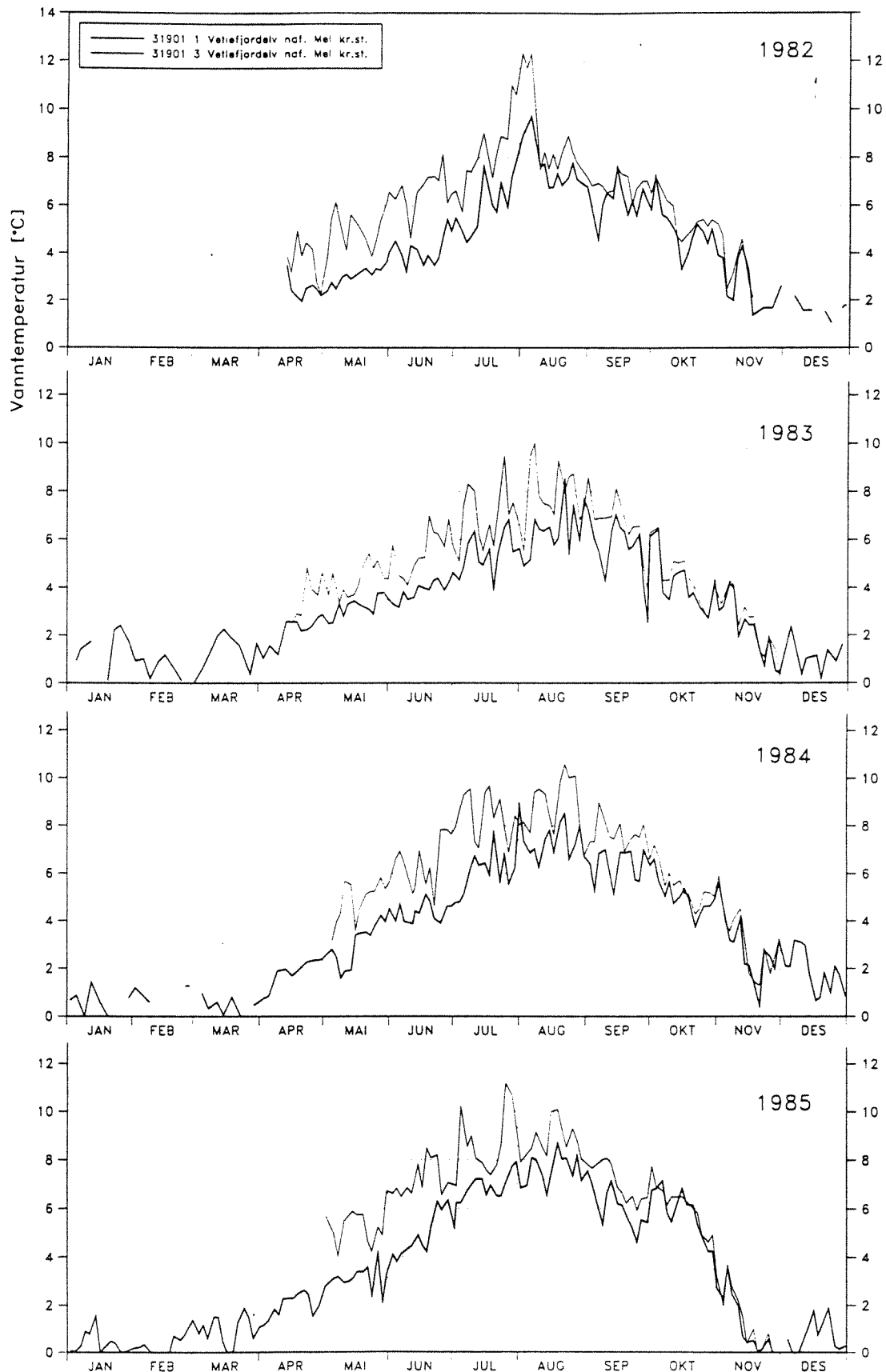


Fig 2 Vanntemperaturene målt om morgenen (kode 1) og om ettermiddagen (kode 3) før regulering (1982-88) og i 1989.

31901 Vetlefjordelv ndf. Mel kr.st.

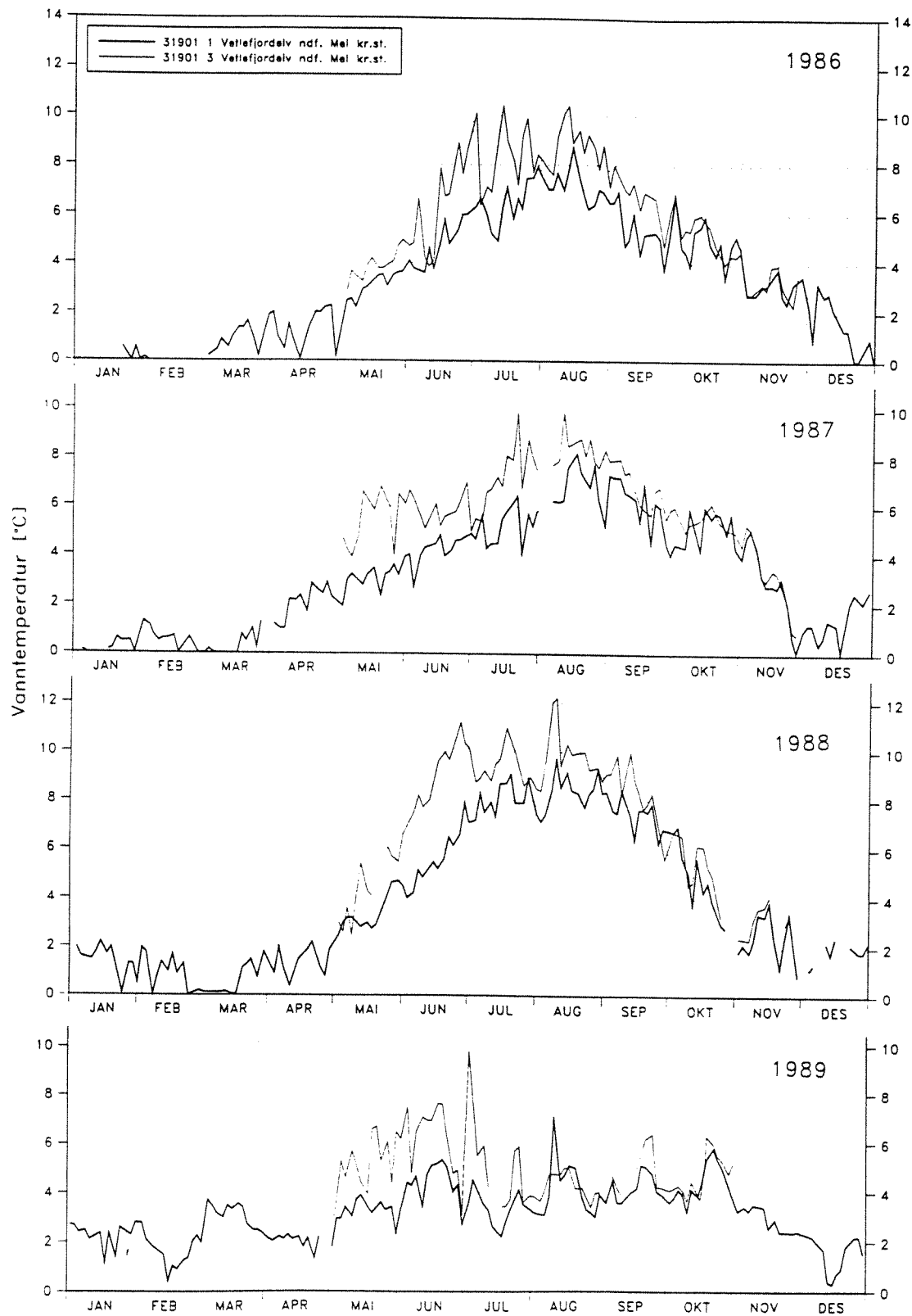


Fig 2 (forts)

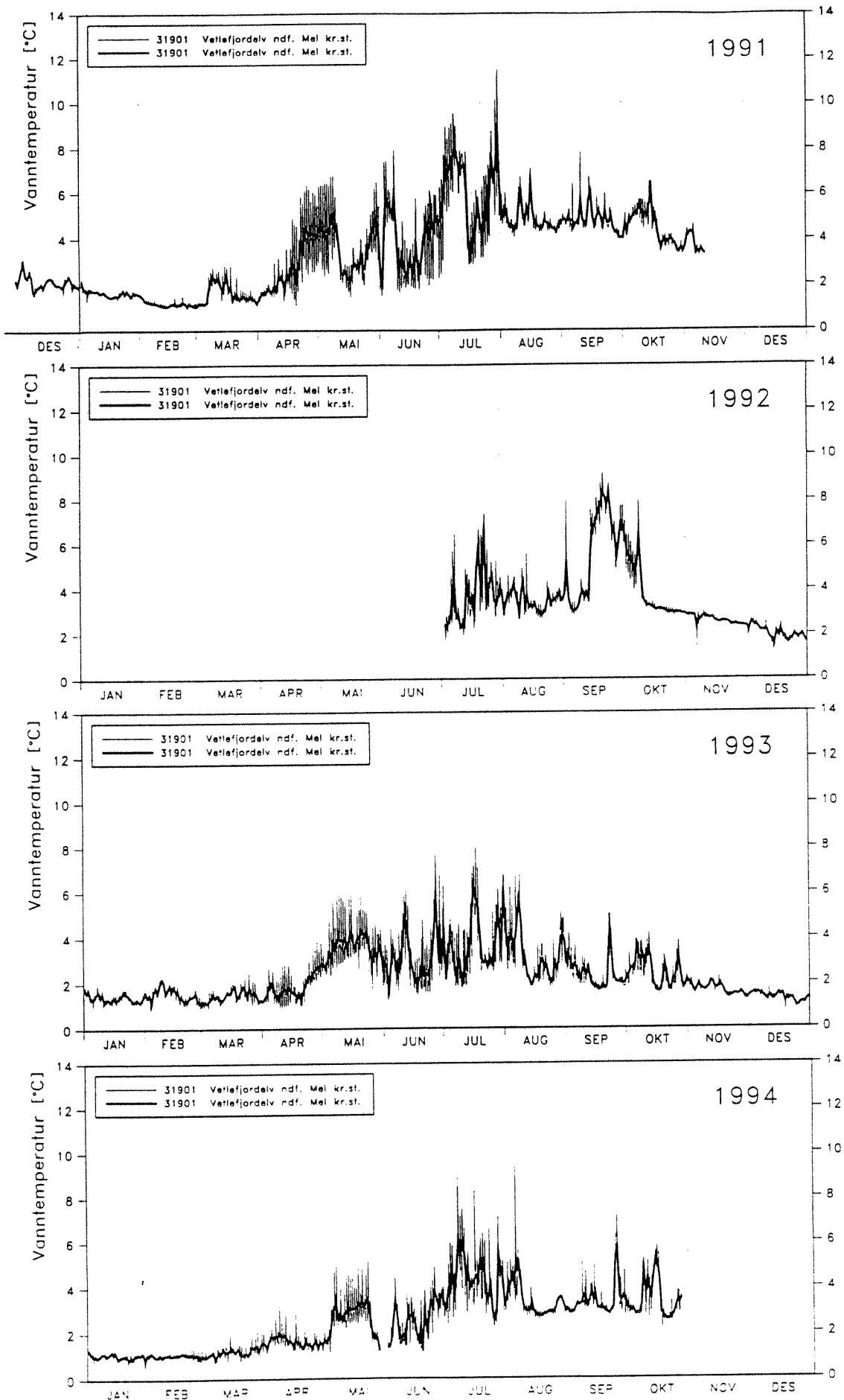


Fig 4 Alle registreringer samt beregnet døgnmiddel av vanntemperaturer i Vetlefjordelva nedenfor utløpet av Mel kraftstasjon.

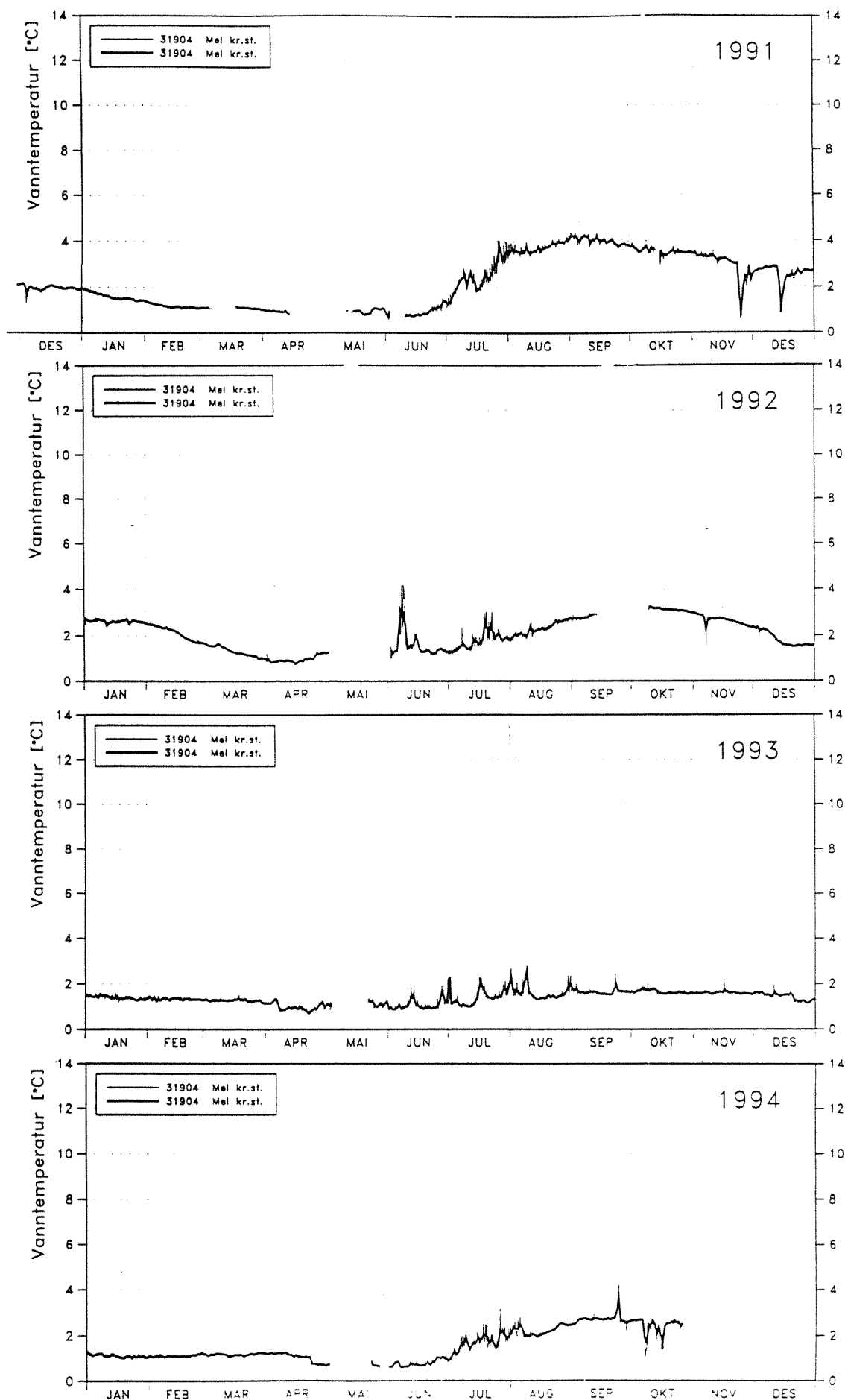
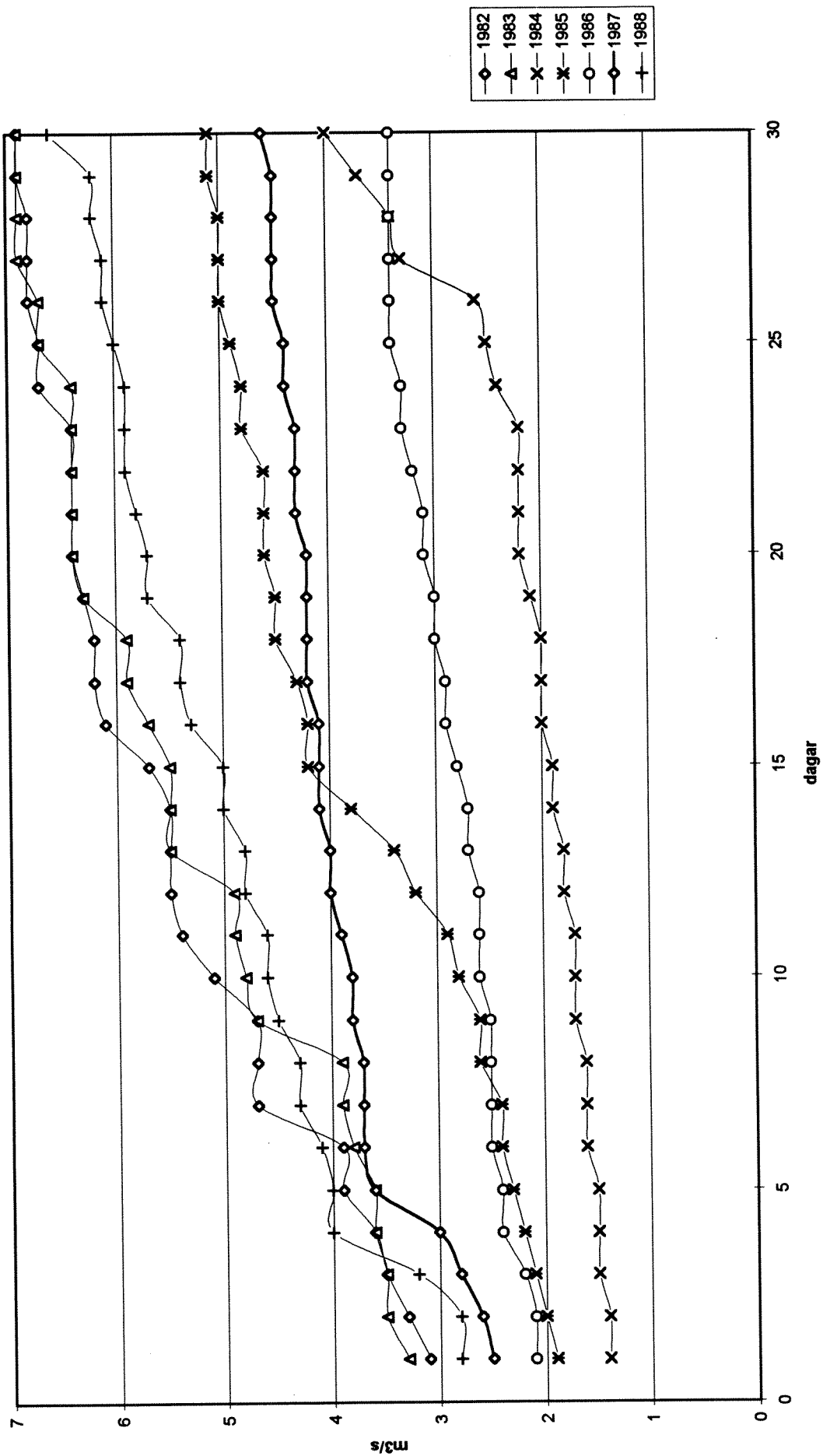


Fig 5 Alle registreringer samt beregnet døgnmiddel av vanntemperaturer i driftsvannet fra Mel kraftstasjon. Ved brudd på kurven har det vært driftsstans.

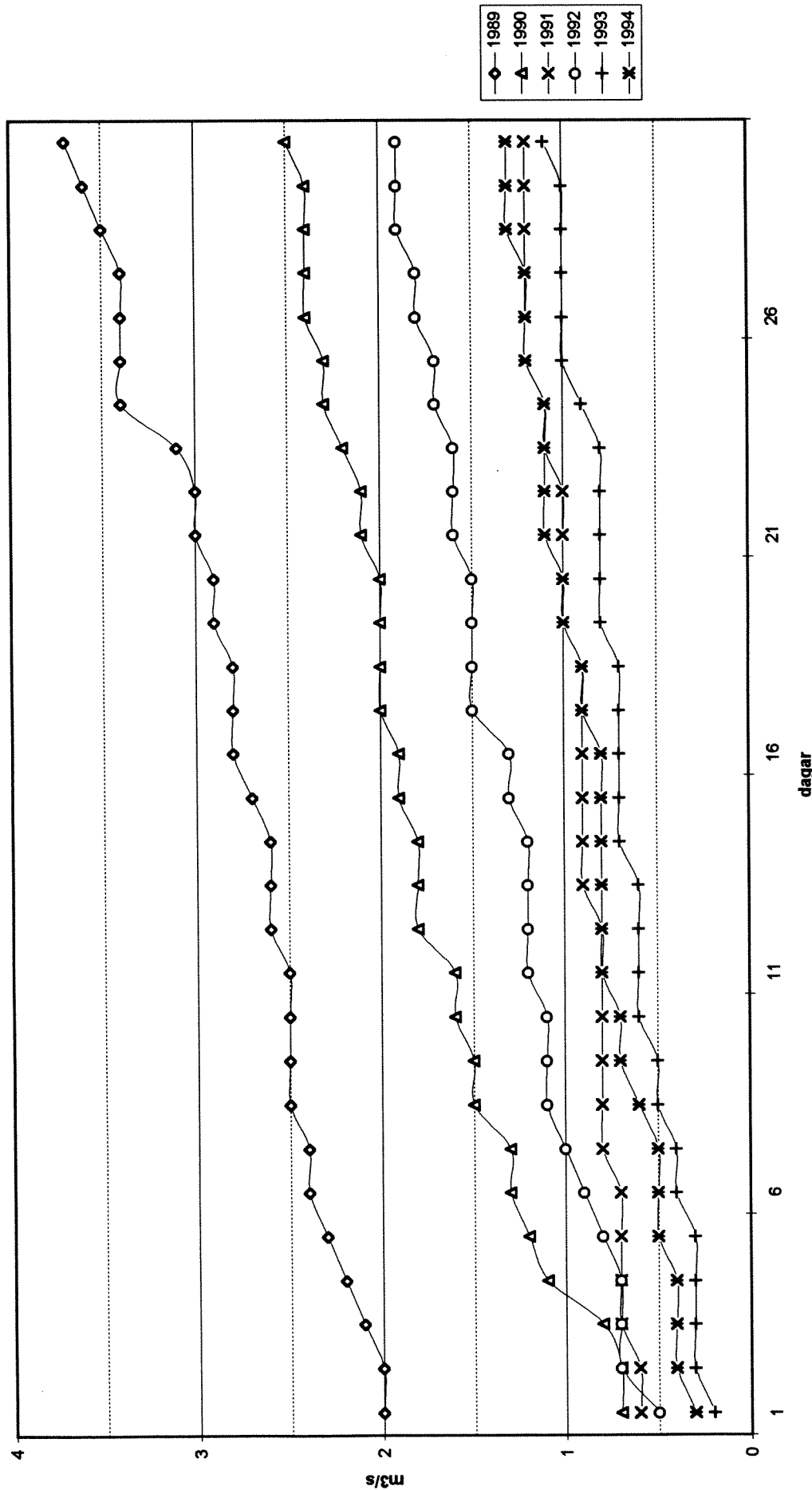
Vedlegg 4. Lavvannføring ovenfor Mel før og etter regulering (fra Seim 1994).

Ark1 Diagram 1

Lågvassføring overfor kraftstasjonsavløpet i perioden 20. mai - 1. oktober (døgnmedel)



Lågvassføring overfor kraftstasjonsavløpet i perioden 20. mai - 1. oktober (døgnmedel)



NIVA



Norsk institutt for vannforskning

Postboks 173 Kjelsås, 0411 Oslo

Telefon: 22 18 51 00 Fax: 22 18 52 00

ISBN 82-577-2751-2