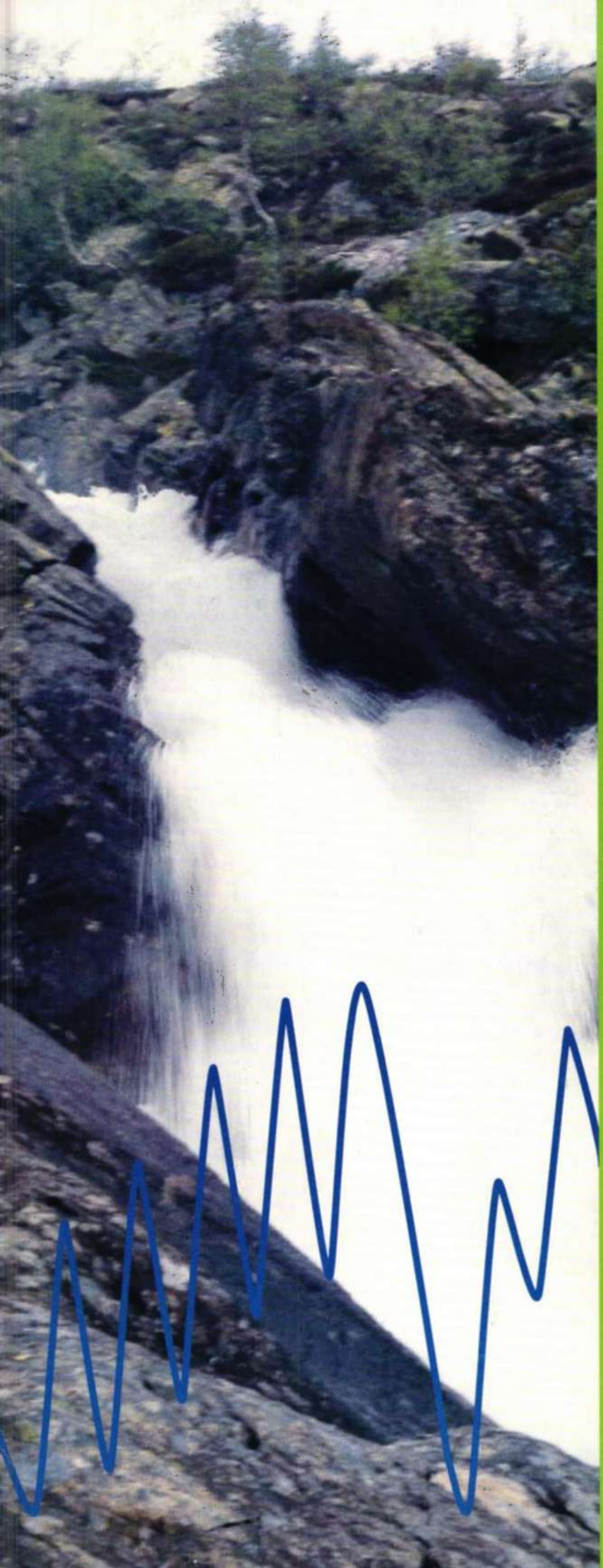


Rapport nr. 8

Effektregulering
– virkninger på
bunndyr og plankton
i Vinjevatn

Effekt-regulering – Miljø-virkninger og konflikt-reduserende tiltak

Effektregulering – Miljøvirkninger og konfliktreduserende tiltak

FoU-prosjektet Effektregulering – miljøvirkninger og konfliktreduserende tiltak er et prosjekt under Norges Forskningsråds Effekt-program. Prosjektet startet i 1996 og planlegges sluttført i år 2000.

Økt kraftutveksling med utlandet aktualiserer økte effektinstallasjoner og endret kjørestrategi i eksisterende og i nye kraftverk. Prosjektet fokuserer på miljøvirkninger av økt døgnregulering som synes å bli den mest aktuelle formen for effektregulering i Norge.
Særtrekk ved effektregulering er raskere endringer i de fysiske forholdene i vassdraget enn de vi er vant med ved dagens kraftverksdrift. Slike endringer vil påvirke vassdragsmiljøet på en ny måte og vil i mange tilfeller kreve nye tillatelser fra myndighetene.
Vi har så langt lite systematisert kunnskap om miljøvirkninger knyttet til døgnregulering og annen effektregulering av kraftverk.

Hovedmålsettingene for prosjektet er derfor å:

- oppgradere kunnskapen om miljøvirkninger av effektregulering
- utvikle avbøtende tiltak som kan redusere eller eliminere negative virkninger

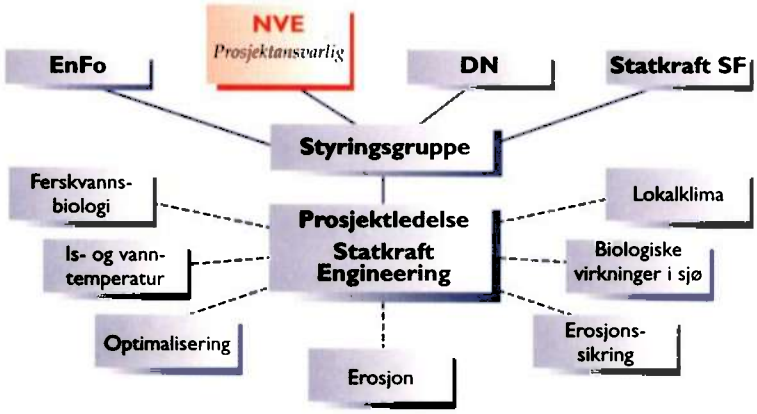
Gjennom økte kunnskaper vil utbyggere og forvaltning få et bedre grunnlag for å vurdere miljøkonsekvenser ved effektregulering og for å vurdere effektiviteten av avbøtende tiltak.

Prosjektet vurderer miljøvirkninger av effektregulering i innlandsvassdrag med vekt på virkninger i små og mellomstore innsjøer/magasin. Som eksempelvassdrag er valgt deler av Tokke-reguleringen. To delprosjekter tar i tillegg for seg mulige virkninger av økt effektregulering på biologiske forhold i fjorder.

Norges vassdrags- og energiverk (NVE) er prosjektansvarlig. Det er i tillegg etablert en styringsgruppe for prosjektet som består av representanter for Direktoratet for naturforvaltning (DN), Energiforsyningens fellesorganisasjon (EnFO), Statkraft SF og NVE. Daglig prosjektledelse utføres av Statkraft Engineering as.

Prosjektet er inndelt i seks delprosjekter knyttet til innlandsvassdrag og to delprosjekter knyttet til fjord. Delprosjektene knyttet til innlandsvassdrag dekker fagområdene: is- og vanntemperatur, erosjon, erosjonssikring, lokalklima, biologi og optimalisering med hensyn på teknikk, miljø og økonomi. Fjordprosjektene omfatter problemstillinger knyttet til effektregulering og virkning på fisk og algevekst.

Utførende institusjoner er: Universitetet i Bergen, Det norske meteorologiske institutt, Norsk institutt for vannforskning (NIVA), NVE, Statkraft Engineering og Universitetet i Oslo.



Ytterligere informasjon om prosjektet og publikasjoner i serien Rapport fra Effektregulering – Miljøvirkninger og konfliktreduserende tiltak får du ved å kontakte:

Prosjektleder Elise Førde
Statkraft Engineering as
Postboks 191
1322 HØVIK

Tlf: 67 57 70 10
Fax: 67 57 70 11

 Forsidefoto: Vegard Pettersen

EFFEKTREGULERING – MILJØVIRKNINGER OG KONFLIKTREDUSERENDE TILTAK

Delprosjekt 1.6 Biologi

TITTEL: Effektregulering - Virkninger på bunndyr og plankton i Vinjevatn.	**RAPPORT NR. 8**
DELPROSJEKTANSVARLIG: Eilif Brodtkorb	**INSTITUSJON:** Statkraft Engineering as
FORFATTERE: Per Færøyvig[1], Gunnar Barstad[1] og Eilif Brodtkorb[2]	**INSTITUSJON:** [1]Universitetet i Oslo, [2]Statkraft Engineering as

SAMMENDRAG: Som en del av forskningsprosjektet " Effektregulering – miljøvirkninger og konfliktreduserende tiltak" ble det høsten 1997 og 1998 gjennomført undersøkelser av bunndyr- og planktonsamfunnet i Vinjevatn i forbindelse med effektregulering. Hensikten med disse undersøkelsene var å avdekke eventuelle korttidseffekter av effektregulering på bunndyr- og planktonsamfunnene i Vinjevatn.

Effektregulering av Vinjevann førte til stedvis kraftige reduksjoner i bunndyrtettheter i påvirket sone. De fysiske forhold ved stasjonene ser imidlertid ut til å være av stor betydning for bunndyrfaunaens evne til å tåle hurtige vannstandendringer, hvilket medfører at ikke alle områder vil rammes like hardt av en slik manøvrering.

Hyppige vannstandsendringer påvirket planktonsamfunnet i Vinjevatn negativt. Under effektreguleringen ble tettheten av planteplankton redusert på alle stasjoner. En slik reduksjon kan i hovedsak tilskrives en utspylingseffekt. Tettheten av dyreplankton ble redusert i de produktive områdene av Vinjevatn, men økte i de mindre produktive områdene syd i vannet. Økningen skyldes tilførsel av dyreplankton fra de øvre deler av vannet på grunn av økt gjennomstrømning. Redusert planktonbiomasse kan ha en næringskjedeeffekt. Virkningen av hyppige vannstandsendringer kan derfor på sikt føre til redusert fiskeproduksjon og avkastning av fisk.

ABSTRACT: As part of the research program "Hydropower peaking - environmental impacts and mitigating measures" we examined zoobenthos and plankton prior to, during and after hydropower peaking events in lake Vinjevatn. Our goal was to reveal any short term effects on density and compostion of zoobenthos and plankton.

Hydropower peaking led to reduced densities of zoobenthos. However, physical features of the littoral zone might be of importance regarding the ability of zoobenthos to cope with rapidly changing waterlevels. This implies that different areas might be more or less affected.

During the hydropower peaking period densities of phytoplankton and zooplankton were reduced. This was probably due to a flushing effect. A reduction in plankton biomass might have effects on the food web, thereby causing reduced fish production in the long run.

EMNEORD: Effektregulering, innsjø, Vinjevatn, konsekvenser for bunndyr og plankton.

Høvik, april 1999

Elise Førde
Prosjektleder

ISBN 82-91904-07-3
ISSN 0809-5825

INNHOLD

1 INNLEDNING 3

2 LOKALITETSBESKRIVELSE 3

3 METODE 3

3.1 Bunndyr 3

3.2 Plankton 6

4 RESULTATER OG DISKUSJON 8

4.1 Bunndyr 8

4.2 Plankton 11

5 KONKLUSJON 15

6 LITTERATUR 16

1 INNLEDNING

Virkninger av tradisjonell vassdragsregulering på økosystemer i innsjøer er velkjent og godt dokumentert (f.eks. Aas & Borgstrøm 1987). Når det gjelder virkninger av effektregulering, i dette prosjektet tolket som døgnregulering, er kunnskapene adskillig mer begrensete. Etter det vi kjenner til er det utført få studier som omfatter biologiske konsekvenser av effektregulering i innsjøer, og det synes således å være behov for økt kunnskap på dette området. Forskning på konsekvenser av effektregulering har hovedsakelig vært knyttet til elvestrekninger. En grei oversikt over disse konsekvensene er gitt av Hunter (1992).

Som en del av forskningsprosjektet " Effektregulering – miljøvirkninger og konfliktreduserende tiltak" ble det derfor høsten 1997 og høsten 1998 gjennomført undersøkelser av henholdsvis bunndyr- og planktonsamfunnet i Vinjevatn i forbindelse med to 14 dagers forsøksperioder med døgnregulering. Hensikten med disse undersøkelsene var å avdekke eventuelle korttidseffekter av effektregulering på bunndyr- og planktonsamfunnene i Vinjevatn.

Denne rapporten beskriver resultatene fra bunndyrundersøkelsen i 1997 og planktonundersøkelsen i 1998. På bakgrunn av prøvetaking før, under og etter effektreguleringsperioden , gis en totalvurdering av de korttidseffekter denne type regulering har på bunndyr- og planktonsamfunnet i Vinjevatn. Evt. langtidseffekter som følge av effektregulering blir antydet, men vil bli grundigere behandlet i en sluttrapport for delprosjekt biologi som er planlagt ferdig i år 2000.

2 LOKALITETSBESKRIVELSE

Vinjevatn ligger i Vinje kommune i Telemark, 465,5 m o.h. (høyeste regulerte vannstand, HRV) (figur 1). Store deler av vannet er grunt, spesielt gjelder dette i området ut for innløpselva; Smørkleppåi, hvor det er bygget opp et delta. Karakteristisk for disse grunne områdene er de store engene med stivt brasmegress som i hovedsak starter 2 m under HRV. Gjennomsnittsdybden i vannet er 7,2 m og normalt siktedyp er mellom 10 og 12 m. Etter reguleringen i 1961 har vannet et areal på 3,15 km^2 ved HRV. Nedbørsfeltet er på hele 1735 km^2 etter at vannet fra Totak via Våmarvatn kommer ut i Vinjevatn gjennom Vinje kraftstasjon. Inntaket til Vinje kraftstasjon i Våmarvatn ligger på ca. 20 meters dyp. Reguleringshøyden i Vinjevatn er 3,5 m, men vannet er sjelden tappet helt ned til laveste regulerte vannstand, LRV (462,0 m o.h.). Fra Vinjevatn er vannet ført videre i tunnel til Tokke kraftverk i Dalen.

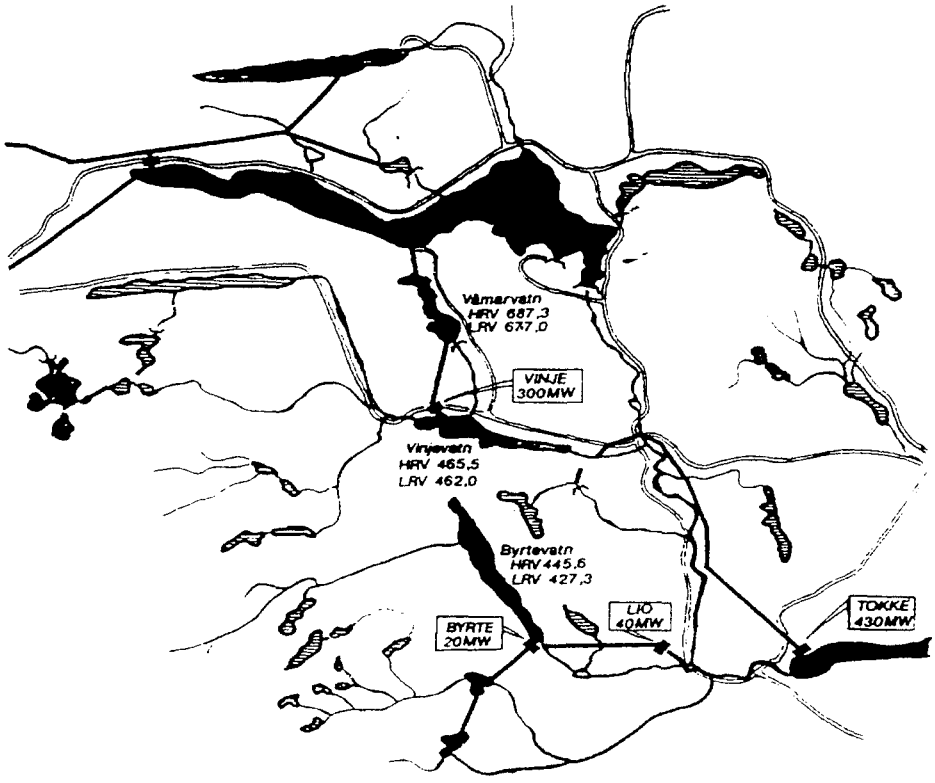
3 METODE

3.1 Bunndyr

Bunndyrprøver ble samlet inn fra totalt fire stasjoner (figur 2), henholdsvis to ovenfor og to nedenfor utløpet fra Vinje kraftstasjon. Tidspunkt for innsamling, og effektreguleringsmønster under prøveperioden i 1997 er vist i figur 3. Som det fremgår av figur 3 var vannstanden før prøvekjøringen startet ca. 464 m, og alle dyp er referert til denne. Det ble samlet 15 prøver på hver stasjon, totalt 60 prøver. Det ble tatt fem prøver på tre ulike dyp, henholdsvis på 0,5 m, 1 m og 1,5 m (tilsvarer 463,5, 463,0 og 462,5 m o.h..) på hver stasjon. Innsamlingen av prøvene foregikk tilfeldig på hvert dyp. Bunndyrprøvene ble tatt

med en 0,025 m² Van Veen grabb, en metode som gir sikre kvantitative målinger, forutsatt at substratet er finkornet og med lite innslag av stein e.l. Prøvene ble silt gjennom en rist med maskevidde 500 µm, og fiksert på etanol i felt. Sorteringsarbeidet ble gjort i laboratoriet under lupe med 25 gangers forstørrelse.

På enkelte stasjoner bød prøvetaking på visse problemer i forhold til oppsatt skjema. Det var generelt sett vanskelig å få tatt gode prøver på 0,5 meters dyp (463,5 m o.h..) på alle stasjonene. På stasjon 2 og 4 var det ikke dypt nok til at prøver på 1,5 meters dyp kunne tas.



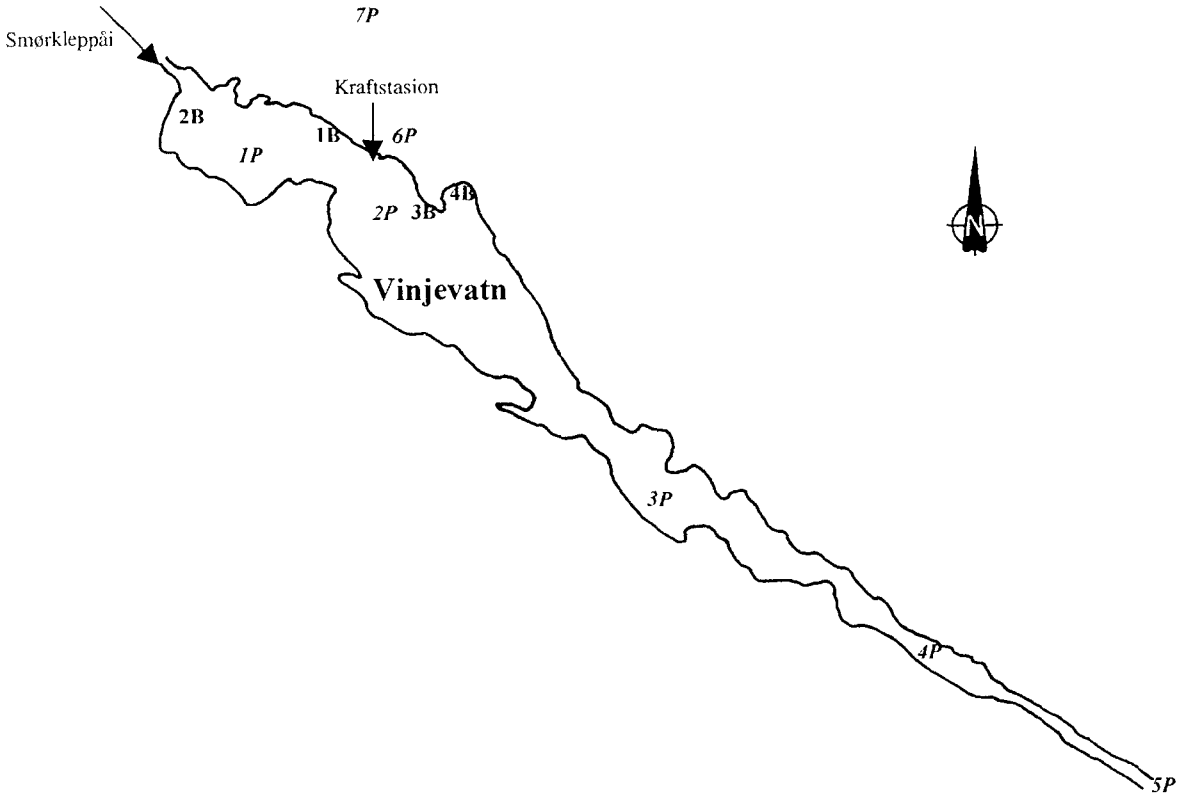
Figur 1 Kartskisse over deler av Tokkeverkene (Hentet fra Førde et al. 1997)

Stasjon 1B ligger et stykke ovenfor kraftverksutløpet. På 0,5meters dyp (nivå 463,5 m o.h..) var bunnen dominert av grus, med enkelte innslag av stein. På 1 og 1,5 meters dyp var det et tett dekke av stivt brasmegras.

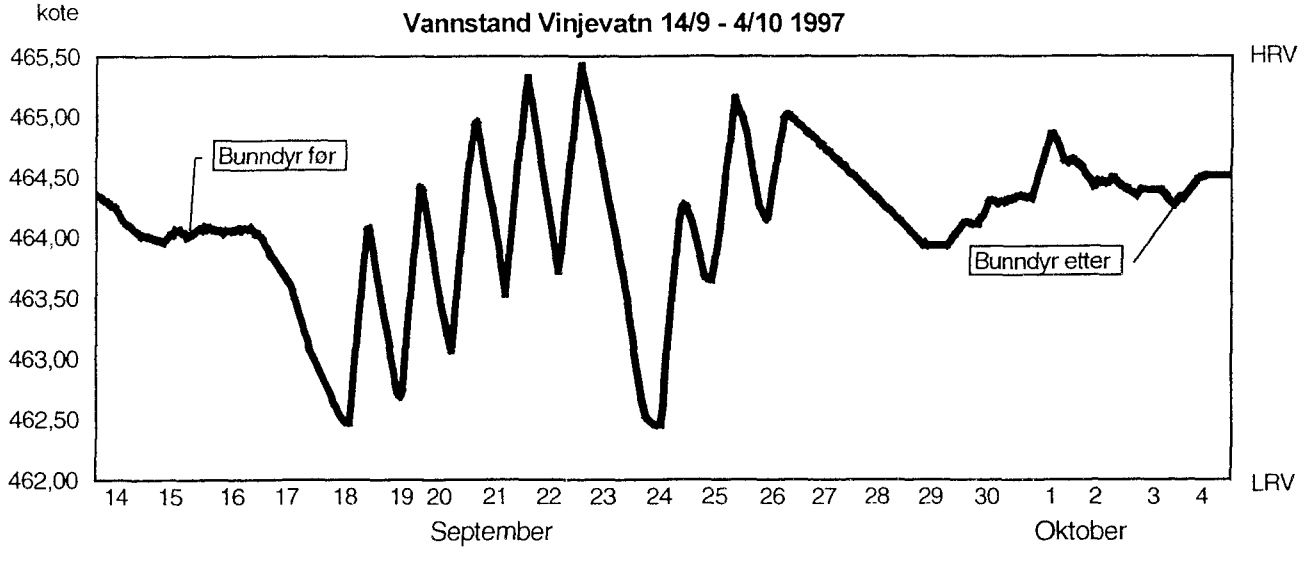
Stasjon 2B ligger innerst i nordenden av vannet, like ved utløpet av Smørkleppåi. Stasjonen er forholdsvis flat ut til hovedstrømmen av elva, der det brått blir dypere. Dette gjorde det umulig å få tatt prøver på 1,5 meters dyp (nivå 462,5 m o.h.). Substratet domineres av mudder, bevokst med stivt brasmegras.

Stasjon 3B ligger ute på Sandnes et stykke nedenfor kraftverksutløpet, og kan sammenliknes med stasjon 1 med hensyn på eksponeringsgrad. Substratet ved 463,5 m o.h.. domineres av fin sand, mens det på dypere vann er et tett dekke av stivt brasmegras.

Stasjon 4B skiller seg vesentlig ut fra de andre stasjonene, siden den ligger inne i en beskyttet vik på Sandnes. Substratet er imidlertid det samme som på de andre stasjonene, mudderbunn bevokst med stivt brasmegras.



Figur 2 Vinjevatn med prøvetakingsstasjoner for bunndyr og plankton markert. B = bunndyrstasjoner og *P* = planktonstasjoner. Stasjon *7P* ligger ved inntaket til Vinje kraftstasjon i Våmarvatn.

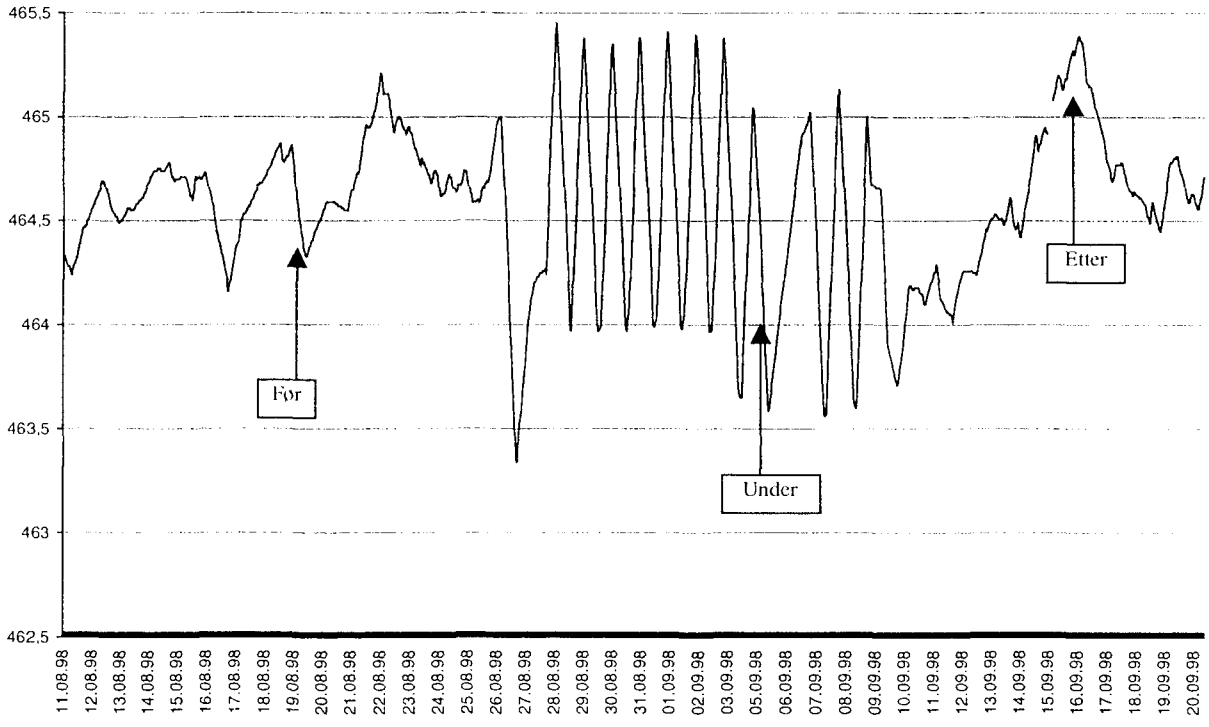


Figur 3 Effektreguleringsmønster og prøvetakingstidspunkt for bunndyr i 1997

3.2 Plankton

Planktonprøver ble samlet inn før, under og etter effektreguleringsforsøket i 1998 (figur 4). Effektregulerings-perioden startet 27 august og ble avsluttet 9 september. Prøvetakingen ble foretatt 20 august, 4-5 september og 16 september. For å få et så riktig bilde av førsituasjonen som mulig var det ønskelig at den første prøvetakingen ble foretatt så nær opptil effektreguleringen som mulig. Selv om den planlagte starten på effektreguleringen ble forskjøvet fra 24 til 27 august, vurderes likevel prøvetaking 6 dager før start å være en akseptabel beskrivelse av en førsituasjon.

Stasjonene ble valgt ut på bakgrunn av tidligere biologiske undersøkelser i innsjøen. I tillegg ble det under effektreguleringsperioden tatt prøver ved inntaket oppstrøms (Våmarvatn) og ved utløpet fra Vinje kraftstasjon. De forskjellige prøvetakings-stasjonene i Vinjevatn er vist i figur 2.



Figur 4 Vannstand Vinjevatn – timesverdier – 11. august til 20. september 1998. Prøvetakingstidspunkt for plankton er vist.

Det ble foretatt både kvantitative og kvalitative prøveinnsamlinger av plankton ved hver av prøvetakingstasjonene. Totalt ble det samlet inn 14 kvalitative- og 52 kvantitative prøver fordelt på de 7 prøvetakingstasjonene (se tabell 1). Kvalitative innsamlinger ble gjort med håvtrekk med forskjellig nettstørrelse. Dyre- og planteplankton ble innsamlet med håv, henholdsvis med 90 og 20 µm maskevidder (Larsson 1984). De to håvene ble trukket rolig fra

bunnen og opp til overflaten ved hver av prøvestasjonene. Deretter ble prøvene overført til 250 ml brune glassprøveflasker og tilsatt 2% lugol.

Kvantitative innsamlinger av dyreplankton ble gjort med en vannhenter (Friedingerhenter 2,6 liter). Det ble tatt prøver for hver meter ved hver av prøvestasjonene. Fem eller seks prøvedyp (1-5 m og 6-10 m ved stasjon 4 og 5, 1-6 m, 7-12 m, osv. ved stasjon 1, 2 og 3) ble blandet i et 20 l kar og filtrert gjennom en trakt med 90 µm nett. Dyreplanktonprøver ble fiksert med ca 2% lugol. Alle dyreplanktonprøvene, kvalitative og kvantitative, ble artsbestemt og talt opp (hele prøven) i en Leica MZ 8 lupe med 40 gangers forstørrelse. Kvalitative planteplanktonprøvene ble artsbestemt og talt i et Zeiss omvendt mikroskop etter at prøvene var sedimentert i tellkammer (Brettum 1984).

Tabell 1 Vinjevatn 1998. Antall kvantitative dyreplanktonprøver i de forskjellige dybdeintervallene (blandprøver) før, under og etter prøvekjøringen ved stasjon 1, 2, 3, 4, 5, 7 og 8. (*Både stigende- og synkende vannst.)

Intervall	**Ant. prøver**	**Ant. prøver**	**Ant. prøver**	**Intervall**	**Ant. prøver**	**Ant. prøver**	**Ant. prøver**
Stasjon 1	**Før**	**Under**	**Etter**	**Stasjon 2**	**Før**	**Under**	**Etter**
1 - 6 m	-	6	6	1 - 6 m	6	6	6
7 - 12 m	-	6	6	7 - 12 m	6	6	6
13 - 18 m	-	6	6	13 - 18 m	6	6	6
19 - 24 m	-	6	6	19 - 24 m	6	6	6
25 - 27 m	-	3	3	25 - 28 m	4	4	4
Stasjon 3				**Stasjon 4**			
1 - 6 m	6	6	6	1 - 5 m	5	5*	5
7 - 12 m	6	6	6	6 - 10 m	5	5*	5
13 - 18 m	6	6	6				
19 - 23 m	5	5	5	**Stasjon 7**			
				1 m	-	1	-
Stasjon 5							
1 - 5 m	-	5	5	**Stasjon 8**			
6 - 10 m	-	5	5	1 m	-	1	-
				14, 16 og 18 m	-	3	-

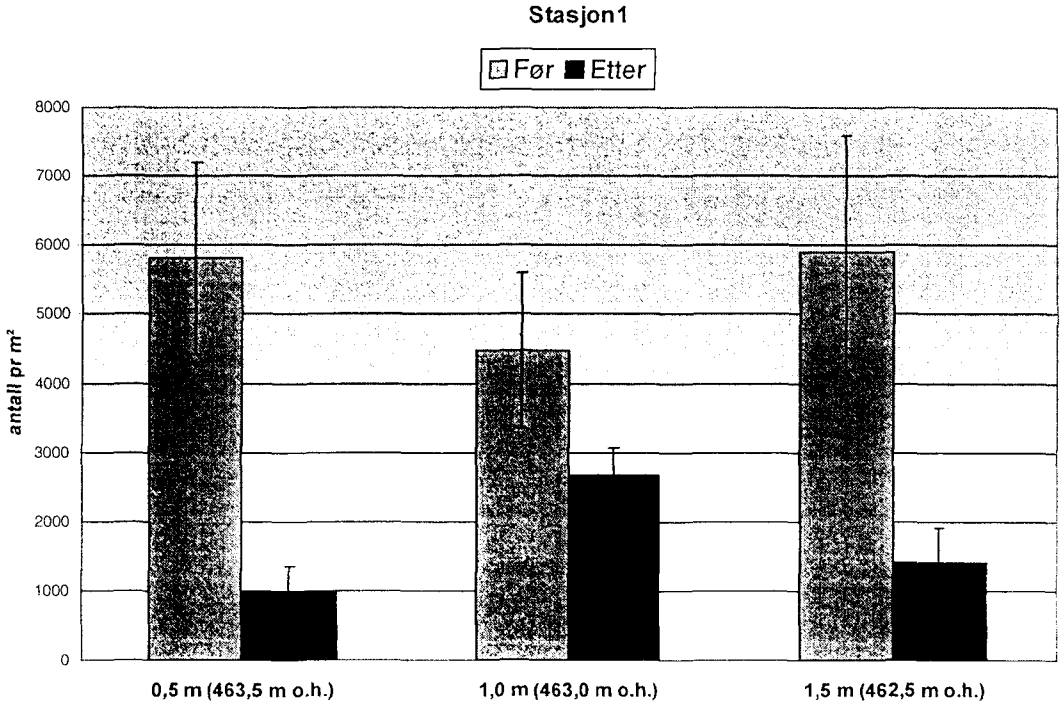
Vanntemperaturen ble målt direkte i vannhenteren for de respektive dyp med et Laboterm-N termometer. Tilsvarende ble pH og ledningsevne målt med henholdsvis et Radiometer PHM 210 og et Radiometer CDM 80. Siktedypet ble målt i felt med secchi skive (13 x 18 cm) med kalibrert line. Oksygen (løst molekylært oksygen) ble målt etter den umodifiserte Winklermetoden. Prøver til analyse av det totalte fosforinnholdet ble konservert i felt ved å tilsette 1 ml 4 M H_2SO_4 til 100 ml prøve. Disse ble senere analysert og målt spektrofotometrisk i laboratorium etter Norsk standard (NS 4725).

Prøver til måling av klorofyll a innholdet ble oppbevart mørkt i 5 l plastkanner og så raskt som mulig filtrert med 25 mm GF/C Watman filter i laboratorium og frosset ned for senere analyse. Ved analyse ble filterene ekstrahert i 100% metanol (NS 4767) i polypropylenrør med plastpropp og målt fluorometrisk med et Turner Design Fluorometer mot klf. a standard. Prøvene ble korrigert for pheopigment ved å tilsette en dråpe 1 M HCl og målt på nytt. Beregning av klf. a ble gjort etter metoden til Parsons et al. (1974).

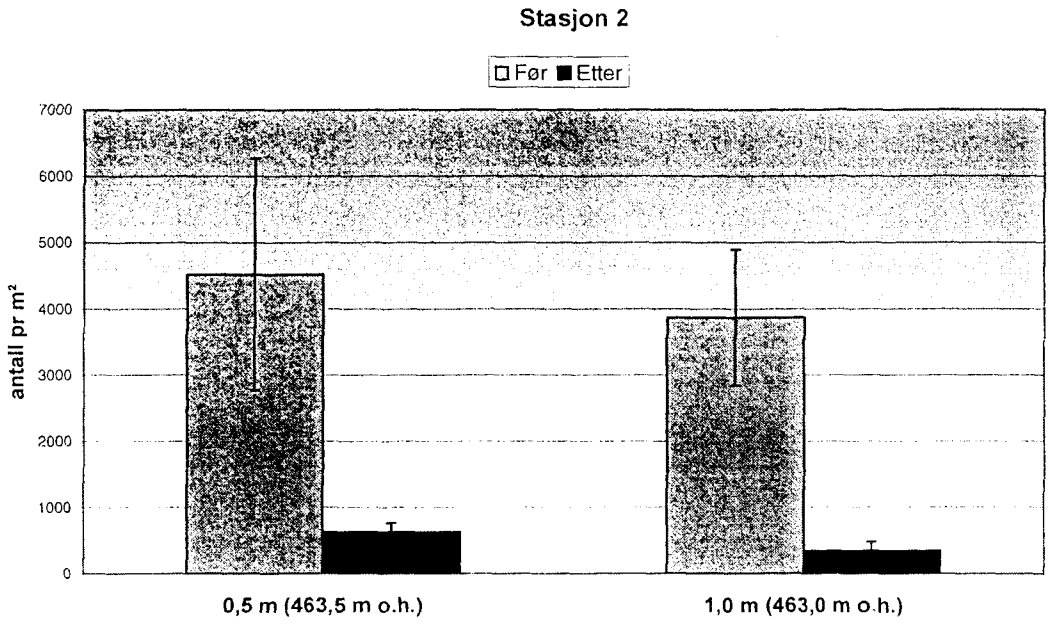
4 RESULTATER OG DISKUSJON

4.1 Bunndyr

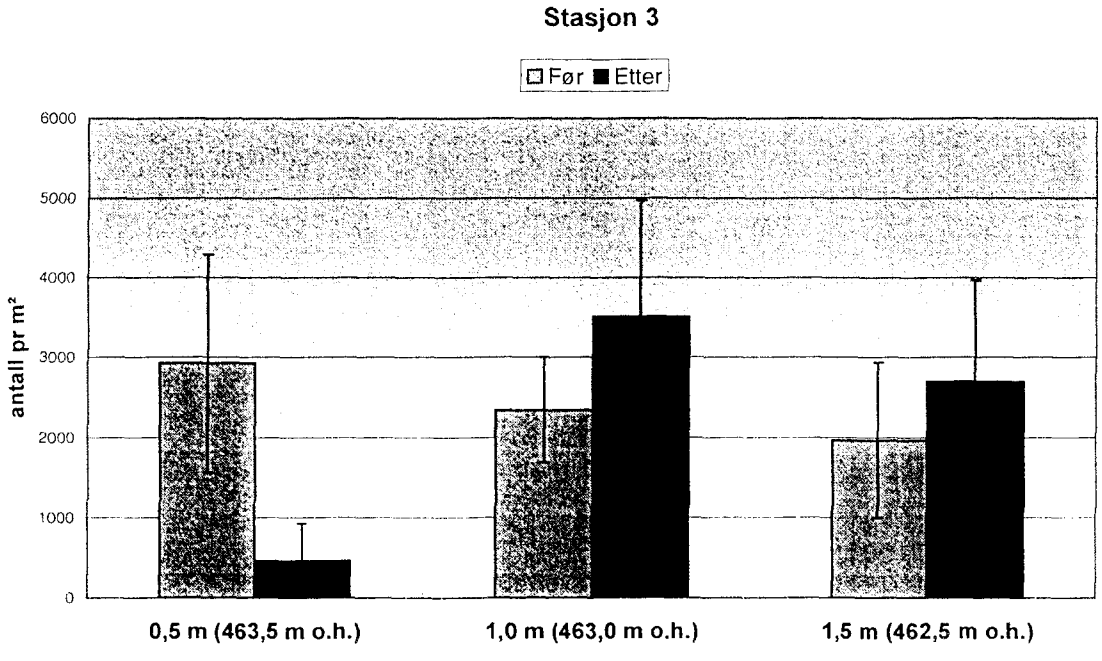
På de to stasjonene ovenfor kraftverksutløpet (stasjon 1 og stasjon 2) var det en markant reduksjon i bunndyrtetthetene (fig 5 og 6). Nedgangen var ikke like markant for alle grupper, blant annet var det en tetthetsøkning på nivå 463 m o.h.. og 462,5 m o.h.. for rundmark etter manøvreringen (Vedlegg. 1). Totalt sett er det likevel en signifikant reduksjon i totaltettheter på disse to stasjonene. På de to stasjonene som er lokalisert nedenfor kraftverksutløpet er bildet et annet. På stasjon 3 er det en, signifikant nedgang på nivå 463,5 m o.h., mens nivå 463 m o.h.. og 462,5 m o.h.. viser en tetthetsøkning, som imidlertid ikke er signifikant (figur 7) (Vedlegg. 2). På stasjon 4 er det en ikke signifikant tetthetsøkning både på nivå 463,5 m o.h.. og nivå 463 m o.h. (figur 8).



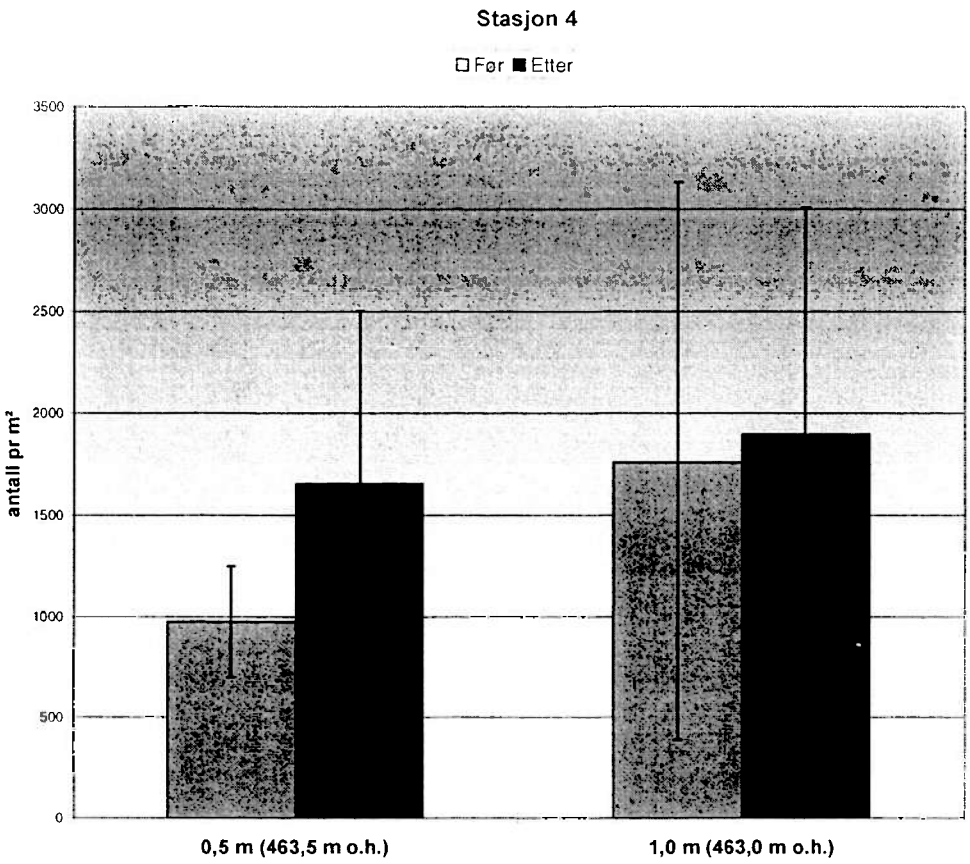
Figur 5 Bunndyrtettheter på stasjon 1 før og etter prøvekjøringen med 95% konfidensintervall.



Figur 6 Bunndyrtettheter på stasjon 2 før og etter prøvekjøringen med 95% konfidensintervall.



Figur 7 Bunndyrtettheter på stasjon 3 før og etter prøvekjøringen med 95% konfidensintervall.



Figur 8 Bunndyrtettheter på stasjon 4 før og etter prøvekjøringen med 95% konfidensintervall.

Bunndyrfaunaen i Vinjevann ser ut til å domineres av noen få grupper, men heller ikke disse opptrer i store tettheter. Det er imidlertid mulig at både antall dyregrupper og antall dyr innen hver gruppe ville vært høyere dersom prøvetakingen hadde foregått tidligere på året. Blant annet er det påfallende at det ikke er registrert en eneste døgnflue i materialet.

De grupper som opptrer i størst antall er fåbørstemark, fjærmygg og rundmarker. Både fåbørstemark og fjærmygg er grupper som, generelt sett, kan knyttes til mudderbunn, og som dermed indikerer at uttørking forekommer forholdsvis sjelden på de undersøkte dyp ved eksisterende manøvreringsreglement. Denne antakelsen støttes av NIVA's observasjoner av vannvegetasjonen, som viste at vegetasjonen var intakt på de undersøkte dyp (Johansen & Rørslett, evalueringsnotat fra prøvekjøringen i 1997).

På stasjon 1 og 2, samt på 0,5 meters dyp på stasjon 3, ble det registrert en signifikant reduksjon i bunndyrtettheter etter effektreguleringsperioden, mens dette ikke var tilfelle for 1 og 1,5 meters dyp (463 m o.h. og 462,5 m o.h.) på stasjon 3, og begge dyp på stasjon 4.

Tetthetsreduksjonene kan komme som følge av :
a: utvasking på grunn av de raske vannstandsvariasjonene
b: dødelighet på grunn av uttørking
c: en kombinasjon av disse

Stasjon 4 er den minst eksponerte av alle stasjonene. Siden det ikke forekommer en tetthets reduksjon på denne stasjonen, indikerer dette at reduksjonene på stasjon 1 og 2 for det meste skyldes utvasking. Bunnen på stasjon 1 og 2 hadde større helning enn på stasjon 4, hvilket trolig bidrar til en større utvasking på disse. Det er imidlertid noe vanskeligere å forklare fraværet av tetthetsreduksjon på 1 og 1,5 meters dyp på stasjon 3, men siden det er en markant reduksjon på 0,5 meters dyp er det mulig at topografien/bunnforholdene på stasjon 3 er av en slik art at dyr, som på stasjon 1 og 2 blir vasket ut på dypt vann, akkumuleres på de to lavere nivåene på denne stasjonen. På stasjon 4 er det derimot ikke vanskelig å forstå at en eventuell utvasking minskes på grunn av beliggenheten.

En annen faktor som indikerer at utvasking var hovedårsaken til reduserte bunndyrtettheter, er at selve tørrleggingene under prøvekjøringen var av så kort varighet at bunnsubstratet ikke tørket ut. Mudderboende bunndyr som fåbørstemark og fjærmygg har trolig overlevd disse periodene. Det er også verdt å merke seg at snegl og ertemusling, grupper som man skulle tro var tolerante overfor korte tørrleggingsperioder, ikke ble registrert etter prøvekjøringen på 0,5 meters dyp på stasjon 1, der de ble funnet i tettheter på hhv. 320 og 88 dyr pr m^2 før prøvekjøringen.

Det er liten tvil om at effektmanøvrering av Vinjevann førte til stedvis kraftige reduksjoner i bunndyrtettheter. Det ser likevel ut til at de fysiske forhold ved stasjonene har stor innvirkning på bunndyrfaunaens evne til å tåle hurtige vannstandendringer, slik at ikke alle områder vil rammes like hardt av en slik manøvrering. Hvilke konsekvenser jevnlig effektregulering vil ha på bunndyrfaunaen, og dermed på fiskens næringstilgang er avhengig av mange faktorer. Den viktigste er sannsynligvis hyppighet og varighet av tørrleggingsperiodene. Det er også høyst sannsynlig, at hvis effektreguleringen over tid påvirker vannvegetasjonen i Vinjevann, så vil effekten på bunndyrsamfunnet øke betraktelig.

4.2 Plankton

Vinjevatn er en næringsfattig innsjø. Tot-P konsentrasjon varierte fra 1 til 15 µg/l (vedlegg 2). Typiske total-fosfor verdier i ferskvann varierer fra < 5 µg/l i uproduktive innsjøer til > 100 µg/l i svært produktive innsjøer. De relativt høye verdiene i Vinjevatn ved enkelte av prøvedypene, spesielt i effektreguleringsperioden, må tilskrives partikkelbundet fosfor (Hessen 1992) og trolig en viss oppvirvling av innsjøsedimenter i forbindelse med tilførsel av store vannmasser til innsjøen. Middelverdien av tot-P i førsituasjonen var 3 µg/l. Klorofyllinnholdet i Vinjevatn varierte fra 0,7 til 1,2 µg klf.a/l (vedlegg 2). Både tot-P og klorofyll resultatene er i god overenstemmelse med tidligere undersøkelse av Vinjevatn i 1988 (Faafeng NIVA, upubl. data). I den undersøkelsen varierte Tot-P og klorofyll a i de øverste 10 m henholdsvis 3 til 5 µg/l og 0,7 til 1,2 µg klf.a/l. I næringsfattige "naturlige" innsjøer er gjennomsnittlig klorofyllmengde i produksjonssesongen < 2 µg/l (Klaveness 1984). Klorofyllinnholdet, som er et mål på planteplanktonbiomassen, viser god overensstemmelse med det som ble observert i planteplanktonprøvene hvor det gjennomgående var lite materiale i prøvene. Gruppen Gullalger (*Chrysophyceae*) var dominerende i materialet som ble samlet inn. Dette er i god overensstemmelse med resultater fra tidligere undersøkelse i Totak (Brettum 1990). Denne undersøkelsen konkluderte med at dominans av Gullalger og "µ-alger" sammen med lavt totalvolum av planteplankton er typisk for svært næringsfattige innsjøer. Sammensetningen av planteplankton i Vinjevatn er vist i vedlegg 3.

Dyreplanktonsamfunnet var under hele undersøkelsesperioden dominert av vannloppen *Bosmina longispina* (se tabell 2, 3 og 4). Denne utgjorde ca 70 - 80% av alle voksne individer.

Tilsvarende artsdominans ble funnet i Grungevatn (Smørkleppåi begynner i Grungevatn) og Tveitevatn (Kulsvehagen og Sivertsen 1987) hvor *Bosmina longispina* utgjorde 60 - 90% av total antall krepsdyr.

Tilsvarende artsdominans ble også funnet foran inntaket i Våmarvatn (stasjon 7) og i utløpet i Vinjevatn (stasjon 6) under prøvekjøringen. Dyreplankton kan vise svært store tetthetsforskjeller både vertikalt og horisontalt i en innsjø. *Bosmina* kan ha vesentlig større tetthet nær littoralen og bunnen enn midt ute i vannet, mens *Daphnia* og *Eudiaptomus* derimot søker midten av innsjøen (Larsson 1978, 1984). I en innsjø som Vinjevatn med relativt stor vanngjennomstrømning vil dette ha stor betydning for artsfordelingen av dyreplankton. *Bosmina longispina* er liten (0,3-0,5 mm som adulte), og det er sannsynlig at såpass små dyreplankton er mindre utsatt for predasjon i de pelagiske deler av innsjøen enn de større artene.

Med unntak av *Bosmina longispina* var det lite dyreplankton i Vinjevatn sammenlignet med maksimalverdier i andre sammenlignbare innsjøer i Kjelavassdraget i Vinje kommune (Kulsvehagen og Sivertsen 1987). Kun sporadiske forekomster av arter som *Daphnia cristata* og *Hetrocope saliens* (bare observert i håvtrekk) kan tyde på stort predasjonstrykk fra fisk. Høy gjennomstrømninghastighet gir generelt dårlige vilkår for produksjon i innsjøsystemer. Basert på beregninger fra vannstandsdiagram samt arealberegninger og middeldyp, ble Vinjevatn tilført ca. 7,3 mill m^3/d i effektreguleringsperioden. Av dette går 4,5 mill m^3 i løpet av ca 8 timer via Vinje kraftstasjon. Dette ga en vannstandsendring på 1,5 m i perioden. Med et magasinvolum på 11,2 mill m^3 ved middelvannstand (Førde et al. 1997) er vannets oppholdstid i innsjøen derfor svært kort. Når både Vinje og Tokke kraftverk går for fullt er teoretisk oppholdstid i Vinjevatn 5 døgn.

Under hele undersøkelsesperioden var vannmassene i Vinjevatn godt blandet og temperaturen tilnærmet den samme i alle dyp (vedlegg 2). De betydelige vannmassene som tilføres innsjøen spesielt via Vinje kraftstasjon, skaper kraftig turbulens og hindrer dermed termisk sjiktning av innsjøen. Prøver tatt foran inntaket og i utløpet fra kraftstasjonen i henholdsvis Våmarvatn og Vinjevatn kan tyde på at størsteparten av dyreplanktonet overlever turen gjennom kraftstasjonen (se tabell 2). Hvorvidt dyreplanktonet overlever turen gjennom kraftstasjonen vil i hovedsak være bestemt av kraftverkstype og manøvreringen av kraftverket. Påkjenninger fra trykkforskjeller, kontakt med turbinblader samt turbulens er faktorer som påvirker overlevelsen (Cada 1990).

Mengden klorofyll a avtok i effektreguleringsperioden (figur 9). Dette skyldes hovedsakelig en utspylingseffekt på grunn av de store tilførslene av vann fra Vinje kraftstasjon. Produksjonsvannføringsdiagrammer fra Tokke og Vinje kraftstasjon (vedlegg 3) viser den relativt betydelige vannmengden som i perioder passerer via Vinjevatn. En utspylingseffekt reduserer ytterligere primærprodusentenes oppholdstid i innsjøen. Planteplanktonet har en relativt lav maksimal vekstrate og resultatet av raske vannstandsendringer og økt gjennomstrømning vil derfor føre til et betydelig biomassetap. Økt turbulens og partikkelinnhold som følge av kjøringen kan også føre til redusert primærproduksjon. En redusert biomasse av planteplankton vil ha konsekvenser for næringskjeden i Vinjevatn.

Tabell 2 Vinjevatn 1998. Artsammensetningen kvantitativt (total ant. ind./m^3) av dyreplankton ved stasjon 2, 3, 4 før prøvekjøringen.

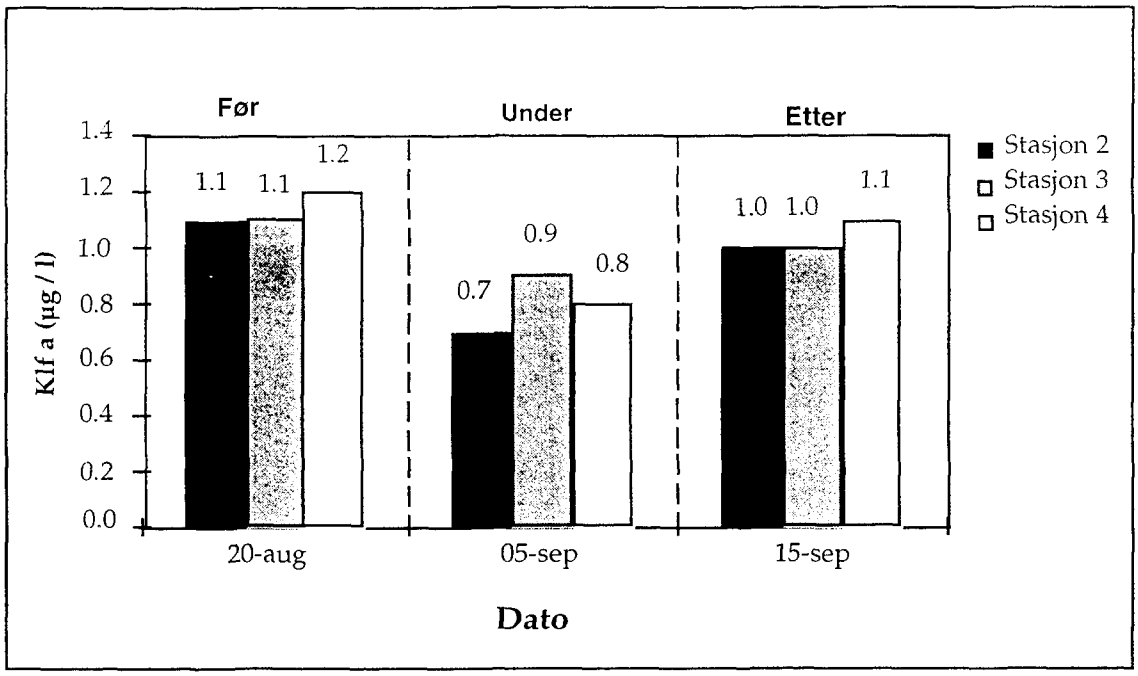
ART	St. 2	St. 3	St. 4
Cladoceér (Vannlopper):			
Holopedium gibberum	527	339	192
Bosmina longispina	18960	6787	38
Daphnia cristata	0	0	0
Cyclopoide copepoder (Hoppekreps):			
Cyclops scutifer	1481	452	385
copepoditter	983	452	154
Calanoide copepoder (Hoppekreps):			
Eudiaptomus gracilis	58	0	0
copepoditter	28	0	0
Nauplier: larvestadie	1538	3959	1385
Sum:	23575	11989	2154

Tabell 3 Vinjevatn 1998. Artsammensetningen kvantitativt (total ant. ind./m^3) av dyreplankton ved stasjon 1, 2, 3, 4, 5, 6 og 7 under prøvekjøringen. Sv = Stigende vannstand, Mv = Minkende vannstand.

ART	St. 1	St. 2	St. 3	St. 4	St. 4	St. 5	St. 6	St. 7
Cladoceér (Vannlopper):				**Sv**	**Mv**			
Holopedium gibberum	337	698	251	1154	346	500	769	1154
Bosmina longispina	1410	4402	10786	10538	6500	5077	21538	5897
Daphnia cristata	32	142	167	423	38	192	0	0
Cyclopoide copepoder (Hoppekreps):								
Cyclops scutifer	401	1197	836	1077	808	615	1923	641
copepoditter	1186	445	502	885	615	615	0	513
Calanoide copepoder (Hoppekreps):								
Eudiaptomus gracilis	16	85	84	38	38	192	385	385
copepoditter	0	28	167	38	115	0	0	0
Nauplier: larvestadie	12163	5983	4348	6692	4423	6385	7692	3462
Sum:	15545	12980	17141	20845	12883	13576	32307	12052

Tabell 4. Vinjevatn 1998. Artsammensetningen kvantitativt (total ant. ind./m^3) av dyreplankton ved stasjon 1, 2, 3, 4 og 5 etter prøvekjøringen.

ART	St. 1	St. 2	St. 3	St. 4	St. 5
Cladoceér (Vannlopper):					
Holopedium gibberum	28	313	293	115	192
Bosmina longispina	285	1581	3114	3154	2346
Daphnia cristata	0	57	55	77	0
Cyclopoide copepoder (Hoppekreps):					
Cyclops scutifer	1353	299	256	154	154
copepoditter	0	328	293	231	38
Calanoide copepoder (Hoppekreps):					
Eudiaptomus gracilis	0	71	55	115	38
copepoditter	0	0	18	0	0
Nauplier:	6097	3504	513	3115	1538
Sum:	7763	6153	4597	6961	4306

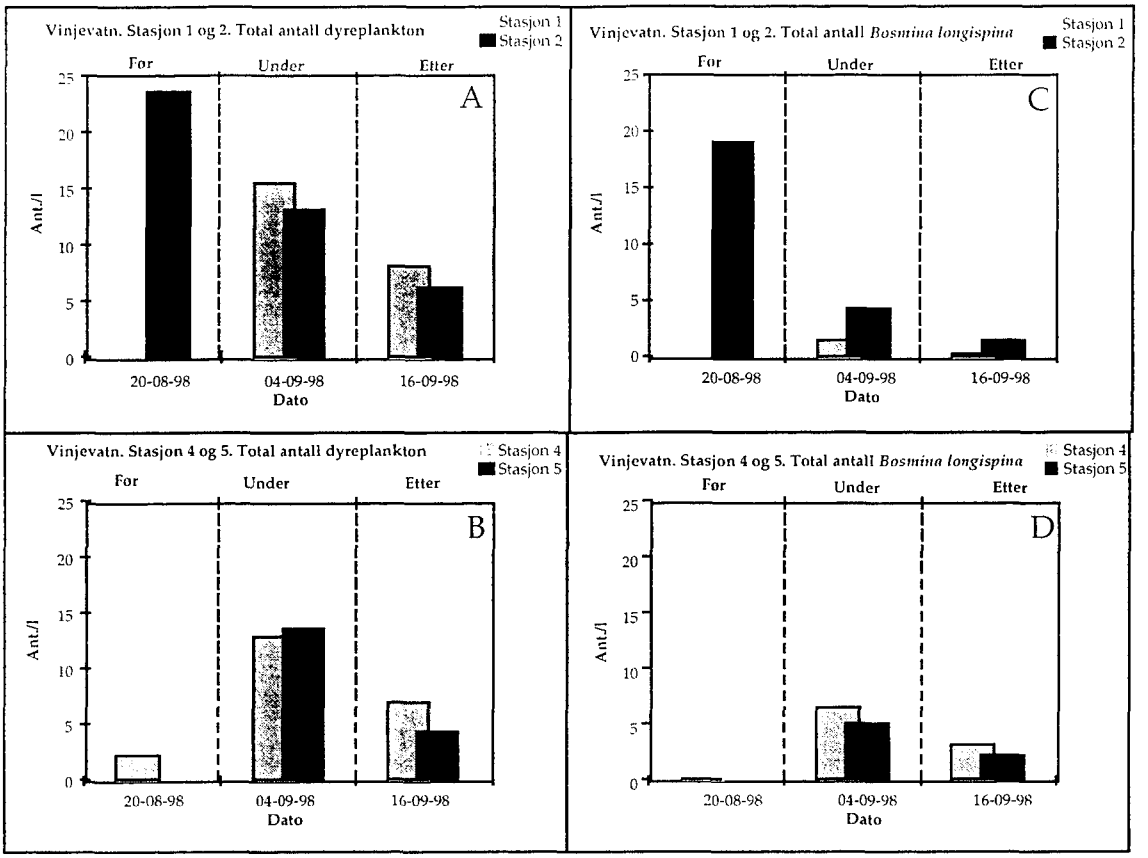


Figur 9 Vinjevatn 1998. Klorofyll a (µg/l) på 3 meters dyp ved stasjon 2, 3 og 4 før, under og etter effektreguleringsperioden.

Som det fremgår av figur 9 synes imidlertid mengden klorofyll å nærme seg sitt opprinnelige nivå etter at prøvekjøringsperioden var avsluttet. Vannstanden i denne perioden var svakt stigende og gjennomstrømningen kraftig redusert. Dette synes å ha gitt brukbare produksjonsforhold for plantplanktonet.

Dyreplanktonbiomassen ble redusert som følge av prøvekjøringsperioden (figur 10). Utviklingen var imidlertid noe annerledes enn for planteplanktonet. Dyreplanktonet syntes ikke å komme tilbake til sitt opprinnelige tetthetsnivå i løpet av undersøkelsesperioden. Tettheten var lavere etter enn under prøvekjøringen. Dette skyldes trolig at tettheten av dyreplankton ble ytterligere redusert i de fem prøvekjøringsdagene som gjenstod etter at vi hadde tatt våre prøver. Perioden fra forsøksslutt til siste prøvetaking var for kort til at dyreplanktonet kunne nå det opprinnelige tetthetsnivå. På litt lengre sikt, med normal regulering av Vinjevatnet, vil vi imidlertid forvente at dyreplanktonbiomassen når sitt opprinnelig tetthetsnivå.

Før prøvekjøringsperioden var tettheten av dyreplankton relativt høy ved stasjon 2 (ved utløpet kraftstasjonen) mens den i utløpet av innsjøen (stasjon 4) var lav. Dette var som forventet da de mest produktive områdene i Vinjevatn ligger i nord-vest enden av vannet. I områdene rundt stasjon 4 er vannet smalt og det er tidvis høy gjennomstrømning i forbindelse med normal kjøring av kraftstasjonene. Under prøvekjøringsperioden ble tettheten ved stasjon 2 redusert, mens tettheten ved stasjon 4 økte. Dette kan tyde på at en større del av dyreplanktonbiomassen holdes tilbake i innsjøens produktive deler ved normalkjøringen enn ved effektregulering med hyppige vannstandsendringer.



Figur 10 Vinjevatn 1998. Total antall dyreplankton ved øvre (A) og nedre (B) del av innsjøen. Totalt antall Bosmina longispina ved øvre (C) og nedre D) del av innsjøen.

Tettheten av dyreplankton var størst i utløpet av innsjøen (st. 4) ved stigende vannstand. Dette kan tyde på at utstrømming av dyreplankton fra Vinjevatn er størst ved stigende vannstand (se tabell 3).

Tatt i betraktning naturlige variasjoner og et begrenset prøvemateriale, er det allikevel rimelig å anta at hyppige vannstandsendringer gir reduserte vekstbetingelser for plante- og dyreplankton i Vinjevatn. Denne effekten vil sannsynligvis kunne forplante seg videre oppover i næringskjeden og påvirke fiskeproduksjon.

5 KONKLUSJON

Bunndyr

Det er liten tvil om at effektmanøvrering av Vinjevann førte til stedvis kraftige reduksjoner i bunndyrtettheter. Det ser imidlertid ut til at de fysiske forhold ved stasjonene har stor innvirkning på bunndyrfaunaens evne til å tåle hurtige vannstandendringer, slik at ikke alle områder vil rammes like hardt av en slik manøvrering. Hvilke konsekvenser jevnlig effektregulering vil ha på bunndyrfaunaen, og dermed på fiskens næringstilgang er avhengig av mange faktorer. Den viktigste er sannsynligvis hyppighet og varighet av tørrleggingsperiodene. Hvis effektreguleringen over tid også påvirker vegetasjonen i Vinjevann, så vil effekten på bunndyrsamfunnet sannsynligvis øke betraktelig.

Plankton

Hyppige vannstandsendringer påvirket planktonsamfunnet i Vinjevatn. Under effektreguleringen ble tettheten av planteplankton redusert på alle stasjoner. En slik reduksjon kan i hovedsak tilskrives en utspylingseffekt. Tettheten av dyreplankton ble redusert i de produktive områdene av Vinjevatn, men økte i de mindre produktive områdene syd i vannet. Økningen skyldes tilførsel av dyreplankton fra de øvre deler av vannet. Nedgang i plankton kan ha en næringskjedeeffekt. Virkningen av hyppige vannstandsendringer kan derfor på sikt føre til redusert fiskeproduksjon og avkastning av fisk.

6 LITTERATUR

Aas, P & Borgstrøm 1987. Vassdragsreguleringer. I: Fisk i ferskvann. Økologi og ressursforvaltning. (Borgstrøm, R & Hansen, L. P. red.) s. 244-266. Landbruksforlaget.

Brettum, P. 1984. Planteplankton, telling. I: Vassdragsundersøkelser. (Vennrød, K. red.) s.146-154. Norsk Limnologforening/Universitetetsforlaget, Oslo. ISBN 82-00-06877-3. 283 s.

Brettum, P. 1990. Vannkvalitetsvurderinger av innsjøer i Vinje kommune. NIVA-rapport O-89168. 5 s.

Brodtkorb, E. & Lillehammer, L. 1997. Effektregulering - Virkninger på laksefisk og bunndyr i elv, og bruk av vassdragsimulatorens habitatsmodell. Rapport nr. 5: Effektregulering - Miljøvirkninger og konflikreduserende tiltak. Statkraft Engineering as. 18 s.

Cada, G. F. 1990, A review of Studies Relating to the Effects of Propeller-Type Turbin Passage on Fish Early Life Stages. N.-Am. J.-Fish.-Manage., vol. 10, no. 4, pp. 418-426.

Førde, E., Magnell, J. P., Kvambekk, Å., Bogen, J., Brodtkorb, E., Johansen, S., Nordli, P. Ø. & Pettersen, S. 1997. Forsøkskjøring i Vinjevatn september 1997 - virkninger på fysiske og biologiske forhold - foreløpige resultater. Rapport nr. 2: Effektregulering - Miljøvirkninger og konflikreduserende tiltak. Statkraft Engineering as. 40 s.

Hessen, D. O. 1992. Uorganiske partikler i vann; Effekter på fisk og zooplankton. NIVA-rapport O-89179. 39 s.

Hunter, M. A. 1992. Hydropower flow fluctuations and salmonids: a review of the biological effects, mechanical causes, and options for mitigation. State of Washington, *Dept. of Fisheries Technical Report No* 119.

Klaveness, D. 1984. Klorofyll a. I: Vassdragsundersøkelser. (Vennrød, K. red.) s.127-131. Norsk Limnologforening/Universitetetsforlaget, Oslo. ISBN 82-00-06877-3. 283 s.

Kulsvehagen, E. og Sivertsen, I. 1987. Konsekvensanalyser i forbindelse med reguleringsvirkninger i Kjelavassdraget 1984-1987. Kjemisk og biologisk

vannkvalitet. Sluttrapport. Rapport fra Institutt for naturanalyse (INA). prosj. nr. 343. 189 s.

Larsson, P. 1978. The life cycle dynamics and production of zooplankton in Øvre Heimdalsvatn. Holarct. Ecol. 1. pp. 162-218.

Larsson, P. 1984. Dyreplankton. I: Vassdragsundersøkelser. (Vennrød, K. red.) s.179-190. Norsk Limnologforening/Universitetetsforlaget, Oslo. ISBN 82-00-06877-3. 283 s.

NSF 1984, Norsk standard NS 4725. Vannundersøkelse. Bestemmelse av totalfosfor. Oppslutning med peroksidisulfat. Norsk Standardiseringsforbund. 11s.

NSF 1983, Norsk standard NS 4767. Vannundersøkelse. Bestemmelse av klorofyll a, spektrofotometrisk måling i metanolekstrakt. Norsk Standardiseringsforbund. 7s.

Parsons, T.R., Maita, Y. & Lalli, C. M. 1974. A manual of chemical and biological methods for seawater analysis. Pergamon Press, Oxford. 173 pp.

Vedlegg 1. Oversikt over ulike dyregruppers tettheter pr m² i Vinjevann før og etter prøvekjøringen

FØR

Dato	15.09.97	15.09.97	15.09.97	16.09.97	16.09.97	16.09.97	16.09.97	16.09.97	16.09.97	16.09.97
Stasjon	1	1	1	2	2	5	5	5	6	6
Dyp	0,5m	1,0m	1,5m	0,5m	1,0m	0,5m	1,0m	1,5m	0,5m	1,0m
Fåbørstemark	4424	1320	696	1352	800	1984	968	448	384	632
Fjærmygg	712	1712	3952	2576	2080	376	192	296	424	312
Vårfluer	0	8	32	40	56	48	0	8	8	0
Rundmark	240	760	848	496	880	360	984	1120	144	776
Ertemusling	88	288	160	8	32	120	120	40	0	0
Snegl	320	272	96	0	0	8	32	24	0	8
Sviknott	0	48	0	8	0	0	8	8	0	0
Igler	0	0	0	0	16	0	0	0	0	16
Hoppekreps	0	64	104	16	8	0	0	8	8	8
Vannmidd	0	0	8	16	0	0	0	0	0	0
Andre tovinger	24	0	0	0	0	32	40	16	0	8
Terrestre insekter	0	0	0	8	0	0	0	0	8	0
Sum	5808	4472	5896	4520	3872	2928	2344	1968	976	1760

ETTER

Dato	15.09.97	15.09.97	15.09.97	16.09.97	16.09.97	16.09.97	16.09.97	16.09.97	16.09.97	16.09.97
Stasjon	1	1	1	2	2	5	5	5	6	6
Dyp	0,5m	1,0m	1,5m	0,5m	1,0m	0,5m	1,0m	1,5m	0,5m	1,0m
Fåbørstemark	660	472	240	64	16	296	1456	864	1264	1016
Fjærmygg	160	1008	640	472	256	104	224	352	304	40
Vårfluer	0	40	40	0	0	0	0	16	0	0
Rundmark	150	680	432	88	80	48	1808	1448	64	832
Ertemusling	0	392	16	0	0	16	16	8	16	0
Snegl	0	72	24	0	0	0	0	0	8	8
Sviknott	10	0	8	0	0	0	8	8	0	0
Igler	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Hoppekreps	0	8	0	0	0	0	0	0	0	0
Vannmidd	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Andre tovinger	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Terrestre insekter	0	0	0	8	0	0	0	0	0	0
Sum	980	2672	1400	632	352	464	3512	2696	1656	1896

Vedlegg 2. Prosentvis endring på de ulike stasjoner og nivå, med signifikansnivå (paired T-test)

Stasjon	1	1	1	2	2	5	5	5	6	6
Dyp	0,5m	1,0m	1,5m	0,5m	1,0m	0,5m	1,0m	1,5m	0,5m	1,0m
15-16/9-97	5808	4472	5896	4520	3872	2982	2344	1968	976	1760
02-03/10-97	980	2672	1400	632	352	464	3512	2696	1656	1896
endring %	-83%	-40%	-76%	-86%	-91 %	-84%	50%	37 %	70 %	8 %
p-verdi	0,004	0,031	0,009	0,01	0,003	0,023	0,249	0,215	0,185	0,886

Vedlegg 3. Vinjevatn 1998. Tabell over temperatur (°C), ledningsevne (k_{18}, µS/cm), pH, klorofyll a (µg/l) og totalt fosfor (µg/l) før, under og etter effektkjøringsperioden ved stasjon 1, 2, 3, 4, 5 ,7 og 8.

Dyp	Temp. (oC)			Led. e. (µS/cm)			pH			klf a (µg/l)			Tot-P (µg/l)		
(m)	Før	Under	Etter	Før	Under	Etter	Før	Under	Etter	Før	Under	Etter	Før	Under	Etter
Stasjon 1															
3	11.8	10.4	10.1	11.2	11.8	11.2	6.2	6.2	6.2	-	0.9	0.8	3	4	7
9	11.8	10.3	10.1	-	12.0	10.9	-	6.3	6.2	-	0.8	0.7	5	3	5
15	11.8	10.2	10.1	-	12.1	13.0	-	6.3	5.9	-	0.8	0.5	4	8	9
25	11.7	10.2		-	13.0	13.0	-	6.3	-	-			-	6	-
Stasjon 2															
3	11.8	10.4	10.1	12.1	12.4	11.8	6.2	6.3	6.3	1.1	0.7	1.0	3	3	1
9	11.8	10.3	10.1	12.2	11.8	12.0	6.2	6.3	6.4	1.1	0.7	1.0	5	1	2
15	11.8	10.2	10.1	12.2	12.8	11.9	6.2	6.3	6.3	-	0.6	0.9	4	14	3
25	11.7	10.2		12.5	35.0	13.0	6.3	6.3	-	-			-	15	-
Stasjon 3															
3	11.8	10.2	10.1	12.1	11.9	12.0	6.3	6.3	6.2	1.1	0.9	1.0	3	3	3
9	11.7	10.2	10.1	12.1	11.9	12.1	6.2	6.2	6.2	1.1	0.9	1.0	1	5	3
20	11.8	10.2	10.1	12.6	12.1	12.6	6.2	6.3	6.2	1.0	0.8	0.8	3	6	5
Stasjon 4															
3 M	11.8	10.4	10.1	12.1	13.2	11.8	6.3	6.1	6.2	1.2	0.9	1.1	2	7	4
9 M	11.8	10.3	10.1	12.2	13.9	12.0	6.3	6.4	6.2	1.2	0.7	1.1	1	13	4
3 S	11.8	10.2	10.1	12.2	12.2	11.9	-	-	-	-				14	-
9 S	11.7	10.2		12.5	12.3	13.0	-	-	-	-			-	15	-
Minkende vannst., Stigende vannst.															
Stasjon 5															
3	11.8	10.4	10.1	12.1	12.9	12.2	6.2	6.2	6.2	1.2	0.9	1.1	2	7	4
9	11.8	10.3	10.1	12.2	12.8	12.2	6.2	6.3	6.2	1.2	0.9	1.3	1	13	4
Stasjon 7, Våmarvatn															
3	-	-	-	-	11.9	-	-	6.3	-	-	-	-	-	-	-
9	-	-	-	-	11.9	-	-	6.3	-	-	-	-	-	10	-
20	-	-	-	-	12.1	-	-	6.3	-	-	0.8	-	-	15	-
Stasjon 6, Utlop Vinje kraftstasjon															
1	-	-	-	-	11.9	-	-	6.2	-	-	0.9	-	-	14	-

Vedlegg 4. Vinjevatn 1998. Hovtrekk 20 µm; Artsammensetningen av planteplankton ved stasjon 2, 3 og 4. + tilstede, ++middels, +++ tallrik.

ART	STASJON 2	STASJON 3	STASJON 4
Blågrønnalger :			
Oscillatoria cf agardhii	+	+	++
Svelgflagellater :			
Cryptomonas sp.	+	+	+
Fureflagellater :			
Ceratium hirundinella	+		
Peridinium cinctum/voltzii	+		
Peridinium cf umbonatum	+++	++	+
Peridinium cf willei		+	
Gullalger :			
Bitrichia chodatii			+
Dinobryon divergens	+++	+++	+++
Mallomonas cf crassisquama	+		
Mallomonas sp.	+		
Kiselalger :			
Aulacoseira sp.		+	+
Cyclotella sp.	++	+	+
Synedra cf ulna		+	
Surirella sp.		+	
Tabellaria fenestrata			+
Tabellaria flocculosa	+		
Grønnalger :			
Cosmarium cf phaseolus	+	+	+
Elakatothrix gelatinosa			+
Euastrum bidentatum		+	
Mougeotia sp.	+		
Oocystis sp.	+		
Scenedesmus cf quadricauda		+	
Sphaerocystis sp.	+	+	+
Staurastrum cf tetracerum	+		

Rapporter utgitt i serien Rapport fra Effektregulering – Miljøvirkninger og konfliktreduserende tiltak:

1. Analyse av frostrøykobservasjonar vinteren 1996/97
   over Bandak og Våmarvatnet i Tokkevassdraget.

2. Forsøkskjøring i Vinjevatn september 1997
   – virkninger på fysiske og biologiske forhold – foreløpige resultater

3. Innsamling og systematisering av erfaringsdata

4. Effektregulering – turbiditetsøkning og biologiske virkninger i sjø

5. Effektregulering – virkninger på laksefisk og bunndyr i elv,
   og bruk av vassdragssimulatorens habitatmodell

6. Effektkjøring og elveerosjon - analyser og tiltak

7. Prøvekjøring i Vinjevatn august/september 1998
   Virkninger på fysisk og biologiske forhold – foreløpige resultater

8. Effektregulering – virkninger på bunndyr og plankton i Vinjevatn

EnFO

NVE

DIREKTORATET FOR
NATURFORVALTNING

Statkraft