

Overvåking av  
Espelandsvatnet,  
Hyllestad kommune  
i 1996



Geir Helge Johnsen  
og  
Steinar Kålås

Rådgivende Biologer AS  
INSTITUTT FOR MILJØFORSKNING

Rapport nr. 261, januar 1997.



# Rådgivende Biologer AS

## INSTITUTT FOR MILJØFORSKNING

### RAPPORTENS TITTEL:

Overvåking av Espelandsvatnet, Hyllestad kommune i 1996

### FORFATTERE:

Dr.philos. Geir Helge Johnsen & Cand.scient. Steinar Kålas

### OPPDRAUGSGIVER:

Afjorddal Smoltoppdrett as., ved Steinar Gjersdal, 5940 Leivik i Sogn

### OPPDRAGET GITT:

Mai 1996

### ARBEIDET UTFØRT:

1996

### RAPPORT DATO:

14. januar 1997

### RAPPORT NR:

261

### ANTALL SIDER:

20

### ISBN NR:

ISBN 82-7658-129-3

### RAPPORT SAMMENDRAG:

Vannkvaliteten i Espelandsvatnet var i 1996 preget av tilførsler av humus og næringsstoffer fra nedslagsfeltet. Dette medførte at innsjøen var næringsrik, men ikke overbelastet med tilførsler av organisk materiale. Tilstanden tilsvarte tilstandsklasse III-IV i SFTs klassifiseringssystem for ferskvann (SFT 1992) som går fra tilstand I = god til tilstand V = meget dårlig. Resultatene tyder imidlertid på at algeproduksjonen er begrenset av lystilgang heller enn av tilgangen på næring.

Den næringsrike tilstanden i Espelandsvatnet sommeren 1996 er i hovedsak begrunnet i liten vannutskifting i denne perioden. Dette skyldes nedbørmengder på ned mot 50% av normalen, samtidig som reguleringen av vassdraget sannsynligvis fører til ytterligere en reduksjon av dette.

Dagens drift ved Afjorddal smoltoppdretts fiskeanlegg utgjør kun en syvdel av de teoretisk beregnede fosfortilførslerne og en stenging av driften ved fiskeanlegget vil bety svært lite for tilstanden i innsjøen i forhold til dagens variasjon i vannutskifting og reguleringsregime.

Til tross for at Espelandsvatnet sommeren 1996 var næringsrikt, viser teoretiske betraktninger at tilstanden ved normal nedbør vil ligge innenfor SFT-klasse II med tilfredsstillende vannkvalitet. En videre overvåking bør derfor være tilstrekkelig for å følge tilstanden i innsjøen.

### EMNEORD:

- Innsjøundersøkelse  
- Smoltproduksjon i merder  
- Tiltaksorientering

### SUBJECT ITEMS:

RÅDGIVENDE BIOLOGER AS  
Bredsgården, Bryggen, N-5003 Bergen  
Foretaksnummer 843667082  
Telefon: 55 31 02 78 Telefax: 55 31 62 75



## FORORD

I forbindelse med Åfjorddal smoltoppdrett sitt merdanlegg i Espelandsvatnet har Rådgivende Biologer as. vært ansvarlig for gjennomføring av en overvåking av miljøkvaliteten i innsjøen i 1996. Det gjennomførte opplegg baserer seg på en befaring til innsjøen 3.september 1996, samt også i stor grad på innsamlete prøver foretatt av oppdretter etter vår anvisning.

Opplegget og innholdet i overvåkingen ble delvis endret etter pålegg fra Fylkesmannens miljøvernavdeling datert 26.august 1996. Da hadde overvåkingen allerede pågått i tre måneder etter at oppdretter på eget initiativ hadde satt dette i gang. Denne endringer består for det vesentligste i et krav om en vesentlig mer detaljert gjennomgang av forholdene i nedslagsfeltet, samt nærmere spesifiserte krav til prøvetaking og parametervalg.

Åfjorddal smoltoppdrett as. har gjennom de siste årene lagt ned mye innsats i overvåking og forbedring av vannkvaliteten i Espelandsvatnet. Det har vært foretatt omfattende kalking av vassdraget årlig siden 1993, og denne rapporten over tilstanden i innsjøen i 1996 føyer seg inn i rekken av undersøkelser som er foretatt i innsjøen (Erstad 1996; Hobæk mfl, 1996; Johnsen 1996).

De vannkjemiske analysene gjennomført i forbindelse med denne undersøkelsen er utført av Chemlab Services as, mens algeprøvene er analysert av cand.real. Nils Bernt Andersen.

Forfatterne vil få takke Ivar Systad, etat for næring, kultur og miljø i Hyllestad kommune, og Norvald Gjellesvik, næringsavdelingen i Høyanger kommune for deres innsats med fremskaffing av detaljerte opplysninger vedrørende både arealbruk, landbruksforhold, husdyrhold og bosetting med kloakkeringsforhold i de forskjellige delene av nedslagsfeltet til Espelandsvatnet.

Rådgivende Biologer as. takker Åfjorddal Smoltoppdrett as. ved Steinar Gjersdal for oppdraget.

Bergen, 14.januar 1997



## INNHOLDSFORTEGNELSE

FORORD .....	3
INNHOLDSFORTEGNELSE .....	4
SAMMENDRAG OG KONKLUSJON .....	5
NEDSLAGSFELTET TIL ESPELANDSVATNET .....	7
BEREGNETE TILFØRSLER TIL INNSJØEN .....	11
Fra nedslagsfeltet .....	11
Fra nedbør direkte på innsjøen .....	11
Tilførsler fra fiskeanlegget .....	12
Samlete tilførsler .....	12
TEORETISK TÅLEGRENSE FOR NÆRINGSTILFØRSEL .....	13
TILSTANDEN I ESPELANDSVATNET I 1996 .....	15
Sjiktforhold .....	15
Virkning av tilførsel av organisk materiale .....	15
Virkning av næringsstofftilførsler .....	16
LITTERATUR .....	19
VEDLEGGSTABELL .....	20

## LISTE OVER FIGURER

FIGUR 1: Oversiktskart over Bøfjordvassdraget med Espelandsvatnet .....	7
FIGUR 2: Oversiktskart over de omtalte delfeltene til Espelandsvatnet .....	8
FIGUR 3: Tålegrensedigram (Vollenweider) for Espelandsvatnet .....	13
FIGUR 4: Sammenheng mellom tilrenning og innhold av fosfor i Espelandsvatnet .....	14
FIGUR 5: Temperatur- og oksygenprofil i Espelandsvatnet 3.september 1996 .....	15
FIGUR 6: Månedlige målinger av farge og kjemisk oksygenforbruk fra mai til oktober 1996 .....	16
FIGUR 7: Månedlige målinger av fosfor og nitrogen i Espelandsvatnet fra mai til oktober 1996 .....	17
FIGUR 8: Månedlige algemengder i Espelandsvatnet fra mai til september 1996 .....	18

## LISTE OVER TABELLER

TABELL 1: Arealbruk i delfeltene til Espelandsvatnet .....	9
TABELL 2: Antall gårdsbruk, melkerom og gjødselkjellere i delfeltene til Espelandsvatnet .....	9
TABELL 3: Husdyrhold i nedslagsfeltet til Espelandsvatnet .....	10
TABELL 4: Bosetting og kloakkeringsforhold i delfeltene til Espelandsvatnet .....	10
TABELL 5: Teoretisk beregnede tilførsler av fosfor fra nedslagsfeltet til Espelandsvatnet .....	11
TABELL 6: Samlete teoretisk beregnede årlige næringstilførsler til Espelandsvatnet .....	12
TABELL 7: Analyseresultat fra Espelandsvatnet sommeren 1996 .....	17
TABELL 8: Dyreplankton i Espelandsvatnet 3.september 1996 .....	18
TABELL 9: Algeresultater fra Espelandsvatnet sommeren 1996 .....	20



## SAMMENDRAG OG KONKLUSJON

Rådgivende Biologer as. har, på oppdrag fra Åfjorddal Smoltoppdrett as, gjennomført en overvåking av Espelandsvatnet i 1996, samt foretatt en detaljert beskrivelse av forholdene i nedslagsfeltet for å vurdere innsjøens resipientkapasitet.

### TILSTAND 1996

Vannkvaliteten i Espelandsvatnet var sommeren 1996 preget av ekstremt lav tilrenning og dermed liten vannutskifting, grunnet lite nedbør og sannsynligvis vannkraftregulering i forbindelse med Svultingen kraftverkene. Samme med tilførsler av humus og næringsstoffer fra nedslagsfeltet, medfører dette at innsjøen var næringsrik, med gjennomsnittlig fosforkonsentrasjon på oppunder 40 µg P/liter og en nitrogenkonsentrasjon på rundt 500 µg N/liter i gjennomsnitt. Dette tilsvarer tilstandsklasse III-IV i SFTs klassifiseringssystem for ferskvatn (SFT 1992) som går fra tilstand I = god til tilstand V = meget dårlig.

Ut fra nedslagsfeltets størrelse og sammensetning, skulle en vente at Espelandsvatnet var middels næringsrik tilhørende SFT klasse II-III. Det kan likevel synes som om algeproduksjonen sommeren 1996 var begrenset av lystilgang heller enn av tilgangen på næring. Det ble nemlig ikke observert så store algemengder som den generelle næringsrikheten skulle tilsi. Det samlede algevolumet i vannprøver fra innsjøens overflate lag oversteg ikke 0,3 mg/liter i noen av prøvene fra sommeren 1996.

Det relativt høye innholdet av organisk materiale gir vannet et relativt høyt fargetall (maksimum 36 mg Pt/liter) og et middels høyt kjemisk oksygenforbruk (maksimum 6,45 mg O/liter). Dette tilsvarer tilstandsklasse III = nokså dårlig i SFTs klassifiseringssystem for ferskvatn (SFT 1992). Det ble likevel ikke observert oksygensvikt i dypvannet ved befaringen i begynnelsen av september. Det betyr at tilførslene av organisk materiale fra nedslagsfeltet og fra fiskeanlegget ikke medfører at innsjøens tålegrense for slike tilførsler er overskredet.

### TEORETISK BEREGNET NÆRINGSBELASTNING

Espelandsvatnet har et nedslagsfelt på omtrent 90 km<sup>2</sup>, der omtrent halvparten drenerer til Nordstrandsvatnet og resten noenlunde direkte til Espelandsvatnet. For den delen av feltet som drenerer direkte til innsjøen, er det foretatt en grundig gjennomgang av arealbruk, bosetting, kloakkeringsforhold, landbruksaktivitet og husdyrhold. Omfanget av disse forhold er sammenstilt og det er foretatt en teoretisk beregning av hva dette medfører av næringstilførsler til innsjøen, basert på erfaringstall for Vestlandet gjengitt i Holtan og Åstebøl (1990).

Samlet sett mottar innsjøen, i henhold til disse teoretiske beregningene, en årlig tilførsel av næringsstoffet fosfor på 2.746 kg. Omtrent halvparten av dette stammer fra landbruksaktivitet, med både arealbruk og husdyrhold, mens omtrent en syvdel kommer fra fiskeoppdrettsanlegget. Resten kommer fra avrenning fra naturområder (med nesten en tredel) og kloakk fra bosetting (med omtrent 7%).



## TÅLEGRENSEVURDERING

Espelandsvatnet har tilførsler av næringsstoff fra nedslagsfelt og aktivitet i innsjøen, som til sammen overskrider innsjøens grense for akseptable tilførsler. Resultatet er at innsjøen vanligvis vil være middels næringsrik, tilhørende SFT klasse II-III. Tilstanden i Espelandsvatnet er imidlertid følsom for reduksjoner i innsjøens vannutskifting, og en reduksjon i nedbør slik en observerte sommeren 1996 vil i seg selv medføre at innsjøen blir næringsrik med over 20 µg fosfor/liter. Av næringsstoffbelastningen på Espelandsvatnet utgjør tilførslene fra fiskeanlegget omtrent en syvdel. Dersom en ser bort fra disse tilførslene, vil belastningen på innsjøen fremdeles være rundt nivået for innsjøens akseptable tilførsler, og variasjon i vanntilførsel betyr vesentlig mer for tilstanden.

## KONKLUSJON

Tilstanden i Espelandsvatnet ved dagens tilførsler av stoff, vil teoretisk sett gi en tilstand innen SFT-klasse II. For fosfor ligger en teoretisk på grensen mellom SFT-tilstandsklasse II og III, mens tilstanden tilsvarer klasse II for de øvrige forhold. Dette forhold, sammen med at innsjøen i 1996 ikke var overbelastet med organisk materiale, gjør at det ikke synes å være et umiddelbart behov for å sette i verk omfattende miljøforbedrende tiltak.

Dagens vanlige tilstand i Espelandsvatnet er i hovedsak avgjort av forhold i nedslagsfeltet, og landbruket bidrar med omtrent halvparten av fosformengden som blir tilført innsjøen. Dagens drift ved Åfjorddal smoltoppdretts fiskeanlegg med et årlig fôrbruk på rundt 90 tonn, utgjør en syvdel av de samlede fosfortilførslene til innsjøen. Espelandsvatnet var sommeren 1996 næringsrikt, hvilket i hovedsak er forklart ved begrenset vannutskifting. Algeproduksjonen var likevel lav, noe som trolig skyldes at lite lys trenger ned i vannet siden innsjøen er svært humøs.

Det foreslås derfor at tilstanden i innsjøen overvåkes videre, slik som Åfjorddal smoltoppdrett allerede har satt i gang fra 1995 av, slik at en eventuelt kan sette i verk miljøforbedrende tiltak dersom det viser seg nødvendig. Videre vil det være nyttig å få klarhet i hvordan reguleringen av de to kraftverkene i vassdraget eventuelt påvirker vannutskiftingsforholdene,- og dermed næringsrikheten, i Espelandsvatnet.



## NEDSLAGSFELTET TIL ESPELANDSVATNET

Espelandsvatnet ligger i Bøfjordvassdraget, som er et lavlandsvassdrag med et nedbørsfelt på nesten 90 km<sup>2</sup>. Nordstrandvatnet er det største av de høytliggende innsjøene (overflateareal på 2,30 km<sup>2</sup>) med en reguleringshøyde på 30 meter. Espelandsvatnet er den nederste av de store innsjøene med en reguleringshøyde på 10 meter mellom kotene 86,5 og 76,5 meter over havet (figur 1).



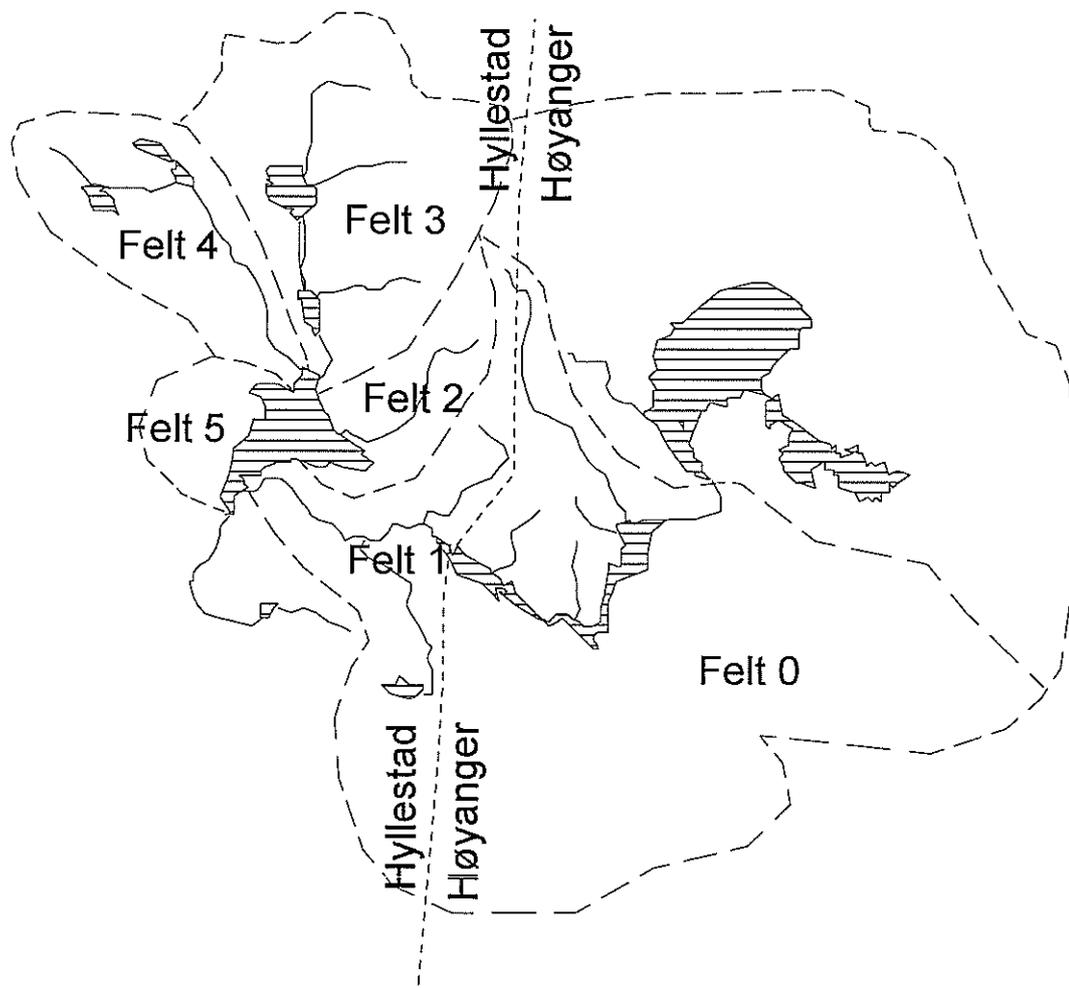
FIGUR 1: Oversiktskart over Bøfjordvassdraget med Espelandsvatnet.

### REGULERINGER

Vassdraget er sterkt regulert. Øvre Svultingen kraftverk tar vann fra magasinet i Nordstrandvatnet og slipper utløpsvannet til Bogsvatnet. Også Espelandsvatnet er regulert og Nedre Svultingen kraftverk slipper vannet fra Espelandsvatnet ut i øvre del av Staurdalsvatnet. Det er ikke lenger noe naturlig utløp fra Espelandsvatnet. I forbindelse med arbeidet med denne rapporten lyktes det ikke å skaffe til veie opplysninger om vannforbruk og årsrytme i kjøringen av de to kraftverkene. Direkte henvendelse til Stubbhaug ved Svultingen kraftverk ble avvist, siden opplysninger om driften ble hevdet å ikke være offentlig tilgjengelige.



Nedslagsfeltet til Espelandsvatnet ligger i Hyllestad og Høyanger kommuner. Området er delt inn i syv deler, der de fem delfeltene som ligger i Hyllestad kommune er vist med tallene 1-5. Det er to områder som ligger i Høyanger. Det nederste er omtalt som delfelt 0 og ligger oppstrøms delfelt 1, mens det øvrige feltet drenerer til Nordstrandvatnet. Alle de seks nummererte feltene på kartet nedenfor (figur 2) er omtalt i teksten, mens feltet som drenerer til Nordstrandvatnet ikke er nærmere beskrevet.



FIGUR 2: Oversiktskart over de omtalte seks delfeltene til Espelandsvatnet.

For alle de fem delfeltene som ligger i Hyllestad kommune og drenerer direkte til Espelandsvatnet, har en innhente detaljerte opplysninger vedrørende både arealbruk, landbruksforhold og bosetting fra fagkonsulent Ivar Systad, Hyllestad kommune. For delfelt 0, som ligger i Høyanger kommune, og renner til delfelt 1 i Hyllestad, er tilsvarende informasjonen hentet fra Norvald Gjellesvik, Høyanger kommune, Næringsavdelinga.



Det er i det følgende gitt en nærmere beskrivelse av forholdene i det 45,5 km<sup>2</sup> store nedslagsfeltet som drenerer direkte til Espelandsvatnet. Resten av nedslagsfeltet drenerer til større ovenforliggende innsjøer, og drenerer derfor primært sett ikke til Espelandsvatnet.

Av disse 45,5 km<sup>2</sup> utgjør fulldyrket og gjødslet jord vel 6,2%, mens gjødslet husdyrbeite utgjør rundt 2,3%. Samlet sett utgjør landbruksareal i bruk omtrent 9% av hele dette nedslagsfeltet. Resten består i hovedsak av naturlige arealtyper som fjell, myr og skog (tabell 1).

*TABELL 1. Arealbruk i nedslagsfeltet til Espelandsvatnet. Opplysningene for Hyllestad er skaffet til veie av etat for næring, kultur og miljø, Hyllestad kommune, ved fagkonsulent Ivar Systad. \* For Høyanger (delfelt 0) er opplysningene skaffet til veie av Næringsavdelingen, Høyanger kommune, ved Norvald Gjellesvik.*

DEL-FELT	DEL-FELT	FULLDYRKET GJØDSLET	GJØDSLET HUSDYRBEITE	DYRKET UGJØDSLET JORD	KULTURSKOG	FJELL, MYR OG SKOG
0 *	21,0 km <sup>2</sup>	1100 da	530 da	0 da	0 da	19,4 km <sup>2</sup>
1	6,5 km <sup>2</sup>	240 da	0 da	100 da	0 da	6,2 km <sup>2</sup>
2	2,7 km <sup>2</sup>	210 da	120 da	65 da	0 da	2,3 km <sup>2</sup>
3	11,0 km <sup>2</sup>	720 da	300 da	0 da	0 da	10,0 km <sup>2</sup>
4	3,5 km <sup>2</sup>	490 da	80 da	0 da	0 da	2,9 km <sup>2</sup>
5	0,8 km <sup>2</sup>	80 da	0 da	10 da	0 da	0,7 km <sup>2</sup>
TOTAL	45,5 km <sup>2</sup>	2840 da	1030 da	175 da	0 da	41,5 km <sup>2</sup>

Nedslagsfeltet til Espelandsvatnet består for det meste av spredt landbruksbebyggelsen med 42 bruk der gressproduksjon og husdyrhold er viktigste driftsform (tabell 2 og 3)

*TABELL 2. Antall gårdsbruk, melkerom og gjødselkjellere i nedslagsfeltet til Espelandsvatnet. Samlet silovolum i m<sup>3</sup> er også oppgitt. Opplysningene for Hyllestad er skaffet til veie av etat for næring, kultur og miljø, Hyllestad kommune, ved fagkonsulent Ivar Systad. \* For Høyanger (delfelt 0) er opplysningene skaffet til veie av Næringsavdelingen, Høyanger kommune, ved Norvald Gjellesvik.*

DEL-FELT	ANTALL MELKEROM	GJØDSELKJELLERE	SAMLET SILOVOLUM	KUNSTGJØDSEL
0 *	12 stk	19 stk	3.400 m <sup>3</sup>	N=10 kg P=1 kg pr. da.
1	2 stk	2 stk	350 m <sup>3</sup>	N=10 kg P=3 kg pr. da.
2	3 stk	3 stk	500 m <sup>3</sup>	N=9 kg P=1 kg pr. da.
3	1 stk	10 stk	1400 m <sup>3</sup>	N=8 kg P=1 kg pr. da.
4	4 stk	6 stk	1200 m <sup>3</sup>	N=13 kg P=1,2 kg pr. da.
5	1 stk	1 stk	150 m <sup>3</sup>	N=9 kg P=1,5 kg pr. da.
TOTALT	23 stk	41 stk	7.000 m <sup>3</sup>	



TABELL 3. Husdyrhold i nedslagsfeltet til Espelandsvatnet pr. 1.12.96, oppgitt som antall dyr. Opplysningene for Hyllestad er skaffet til veie av etat for næring, kultur og miljø, Hyllestad kommune, ved fagkonsulent Ivar Systad. \* For Høyanger (delfelt 0) er opplysningene skaffet til veie av Næringsavdelingen, Høyanger kommune, ved Norvald Gjellesvik.

DEL-FELT	AVLS-HEST	ANDRE HEST	MELKEKYR	UNGDYR STORFE	VINT FOREDE SAUER	VERPEHØNER <20 uker
0 *	0	0	90	135	360	10
1	1	0	16	19	0	0
2	0	0	25	35	10	0
3	1	0	11	92	211	0
4	0	1	43	59	20	1330
5	0	0	8	5	0	0
TOTALT	2	1	193	345	601	1340

Nedslagsfeltet er relativt tynt befolket, og det er ingen tettsteder i området oppstrøms Espelandsvatnet. Det bor i gjennomsnitt 7 mennesker pr. kvadratkilometer i området, omtrent halvparten knyttet til de registrerte gårdsbrukene. Kloakkeringsforholdene er for 73% vedkommende basert på slamavskillere med etterfølgende sandfilter, mens 10% lar avløpsvannet fra slamavskilleren gå til naturlig infiltrasjon. Resten har i hovedsak slamavskillere med direkte utslipp til vassdraget (tabell 4)

TABELL 4: Bosetting og kloakkeringsforhold i nedslagsfeltet til Espelandsvatnett , oppgitt som antall personekvivalenter (PE). Opplysningene for Hyllestad er skaffet til veie av etat for næring, kultur og miljø, Hyllestad kommune, ved fagkonsulent Ivar Systad. \* For Høyanger (delfelt 0) er opplysningene skaffet til veie av Næringsavdelingen, Høyanger kommune, ved Norvald Gjellesvik .

DEL-FELT	ANTALL PE	SLAMAVSK OG INFILTRASJON	SLAMAVSK OG SANDFILTER	SLAMAVSK OG DIREKTE UT	ANDRE ANLEGG	OFFENTLIG KLOAKK
0 *	140	19	17	2	0	0
1	21	10	11	0	0	0
2	28	6	18	4	0	0
3	68	0	52	16	0	0
4	27	0	21	6	0	0
5	53	0	44	9	0	30
TOTALT	357	35	163	37	0	30



## BEREGNETE TILFØRSLER TIL INNSJØEN

Den naturlige produksjonen i en innsjø er vanligvis begrenset av tilgang på næringsstoffet fosfor. Kun i ekstremt humøse innsjøer vil det være tilgangen på lys nedover i vannsøylen som begrenser den naturlige produksjonen. I det følgende er det satt opp en teoretisk beregning av de samlede tilførsler av næringsstoffet fosfor til Espelandsvatnet, basert på tilførsler fra nedslagsfeltet, tilførsler direkte på innsjøen fra nedbør og beregnet fra settefiskanlegget til Åfjorddal smoltoppdrett. Det er viktig å være oppmerksom på at disse beregningene er basert på erfaringstall, og ikke bygger på konkrete målinger av tilførsler i dette nedslagsfeltet.

### FRA NEDSLAGSFELTET

Fra naturens side vil et nedslagsfelt tilføre nedenforliggende innsjøer stoffer av forskjellig slag ved arealavrenning. Det kommer med andre ord tilførsler av næringsstoff og organisk stoff i varierende grad til og med fra ubebodde og øde områder. Fra landbruksområder der jorden dyrkes og tilføres både naturlig gjødsel og kunstgjødsel vil tilførslene ventelig være vesentlig større enn fra de øvrige delene av nedslagsfeltet. Fra bosetting kommer det også tilførsler av kloakk i varierende grad, avhengig av hvordan avløpet fra bebyggelsen renses eller føres ut av området i lukket ledningsnett. Alle disse tilførslene er beregnet og vist i tabell 5.

*TABELL 5: Teoretisk beregnede tilførsler fra nedslagsfeltet av næringsstoffet fosfor (i kg), basert på opplysningene i tabellene 1-4, med standard faktorer for beregning av alle slike tilførsler for Vestlandet hentet fra Holtan og Åstebøl (1990).*

KILDE	SONE 0	SONE 1	SONE 2	SONE 3	SONE 4	SONE 5	SAMLET
Husdyr	323 kg P	41 kg P	68 kg P	117 kg P	138 kg P	18 kg P	705 kg P
Landbruksareal	264 kg P	57 kg P	56 kg P	168 kg P	102 kg P	16 kg P	663 kg P
LANDBRUK SAMLET	587 kg P	98 kg P	124 kg P	285 kg P	240 kg P	34 kg P	1368 kg P
Fra Nordstrandvatnet *	500 kg P	0	0	0	0	0	500 kg P
Naturareal	116 kg P	37 kg P	14 kg P	60 kg P	17 kg P	4 kg P	248 kg P
Bosetting	95 kg P	11 kg P	15 kg P	37 kg P	15 kg P	29 kg P	202 kg P
SAMLET	1298 kg P	146 kg P	153 kg P	382 kg P	272 kg P	67 kg P	2318 kg P

\*) Fra feltet som drenerer til Nordstrandvatnet, er det ikke foretatt konkrete beregninger av tilførsler. Med en spesifikk avrenning på 80 l/s/km<sup>2</sup>, og vel 41 km<sup>2</sup>, får en et årlig antatt avløp på omtrent 100 millioner m<sup>3</sup>. Med en antatt gjennomsnittskonsentrasjon i dette vannet på 5 µg fosfor/liter, utgjør dette vannet en samlet tilførsel på 500 kg fosfor årlig.

### FRA NEDBØR DIREKTE PÅ INNSJØEN

En regner vanligvis med at det i de regnrrike områdene på Vestlandet tilføres omtrent 20 kg fosfor/km<sup>2</sup> med nedbøren årlig. For nedslagsfeltets del inngår dette i de ovenfor omtalte beregningene for avrenning derfra, mens for innsjøens areal må dette beregnes separat. For Espelandsvatnet utgjør dette 25 kg fosfor årlig.



## TILFØRSLER FRA FISKEANLEGGET

På bakgrunn av opplysninger om fôrbruk ved merdanlegget i Espelandsvatnet, produksjon av fisk og forholdet mellom tilvekst og fôrmengde (fôrfaktor), har vi beregnet at anlegget har hatt samlede årlige utslipp til Espelandsvatnet på 26,6 tonn tørrstoff, 400 kg fosfor og 2.660 kg nitrogen.

Dette baserer seg på en detaljert gjennomgang av driftstallene fra 1995, som i følge oppdretter tilsvarer driften ved anlegget i 1996. De teoretisk beregnede tilførslene bygger på disse tallene og erfaringstall fra tilsvarende anlegg (Håkanson mfl. 1988).

## SAMLETE TILFØRSLER

Av de omtrent 2.746 kg fosfor som årlig teoretisk sett tilføres Espelandsvatnet, står altså landbruksaktivitetene for omtrent halvparten, mens fiskeoppdrettsanlegget bidrar med omtrent en syvdel av det hele. De naturlige tilførslene fra resten av nedslagsfeltet utgjør oppunder en tredel av de samlede tilførslene (tabell 6).

*TABELL 6. Samlete teoretisk beregnede årlige tilførsler av næringsstoffet fosfor til Espelandsvatnet, basert på detaljopplysninger om bruk av nedslagsfeltet og faktorer angitt i Holtan og Åstebøl (1990).*

KILDE	ÅRLIG MENGDE	ANDEL AV TOTAL
Landbruk	1.368 kg fosfor	49,8 %
Naturlig arealavrenning	750 kg fosfor	27,3 %
Kloakk fra bosetting	203 kg fosfor	7,4 %
Nedbør på innsjøen	25 kg fosfor	0,9 %
Fiskeanlegget	400 kg fosfor	14,6 %
<b>SAMLET:</b>	<b>2.746 kg fosfor</b>	<b>100 %</b>

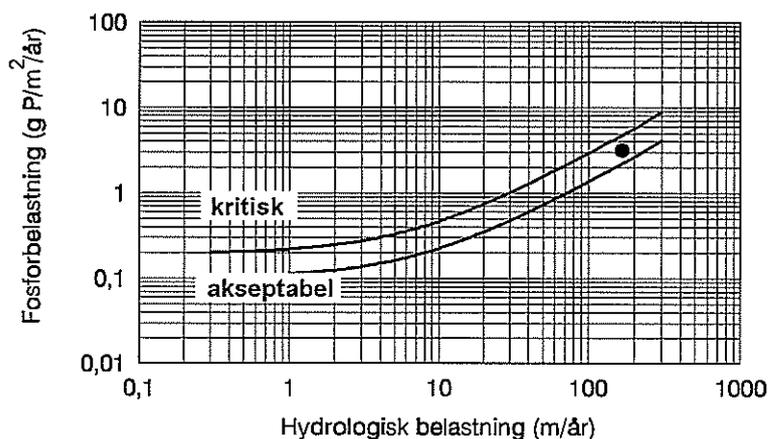


## TEORETISK TÅLEGRENSE FOR NÆRINGSTILFØRSEL

Espelandsvatnet har et samlet areal på 1,26 km<sup>2</sup>, et volum ved høyeste vannstand på 22 millioner m<sup>3</sup> og en årlig vanntilførsel på 225 millioner m<sup>3</sup>. Det gir gjennomsnittlig 10 vannutskiftninger i året. I de foreliggende rapporter er det oppgitt høyst forskjellige tall for nedslagsfeltets og tilrenningens størrelse. I denne forbindelse er det benyttet et nedslagsfeltareal på ca 90 km<sup>2</sup> (fra vassdragsregisteret) og en spesifikk avrenning på i underkant av 80 liter/sekund/km<sup>2</sup>. Innsjøen er nærmere beskrevet med hensyn på dybder og volumforhold i Johnsen (1996).

Innsjøer tåler en viss tilførsel av næringsstoffer før tilstanden blir det vi kaller næringsrik. Fra naturens side vil de fleste innsjøer på Vestlandet være næringsfattige, og det er utarbeidet en modell der en tar utgangspunkt i at tilførsler ut over en viss grense fører til næringsrike forhold i slike innsjøer. Denne modellen er benyttet for de presenterte opplysningene for Espelandsvatnet, og presentert i figur 3. Figuren viser om sammenhengen mellom vannutskifting/innsjøareal (hydrologisk belastning) og næringstilførsel/innsjøareal ligger over eller under akseptable (gjennomsnittsverdi på 10 µg P/l i innsjøen) eller kritiske (gjennomsnittsverdi på 20 µg P/l) grenser for hva innsjøen teoretisk kan tåle,

FIGUR 3: Vollenweider-diagram for Espelandsvatnet basert på de presenterte teoretisk beregnede tilførslene av næringsstoffet fosfor.



For Espelandsvatnet utgjør de årlige tilførslene av fosfor 2,2 gram P / kvadratmeter innsjøoverflate og den hydrologiske belastningen er på 180 m<sup>3</sup> tilrenning / m<sup>2</sup> innsjøoverflate / år (m<sup>3</sup>/år). Dette er i overkant av akseptabel næringstilførsel som innsjøen tåler, og resultatet er at innsjøen teoretisk sett skal være middels næringsrik med rundt 12 µg fosfor/liter i gjennomsnitt i sommerhalvåret.

Av denne næringsstoffbelastningen på innsjøen utgjør tilførslene fra fiskeanlegget med dagens drift omtrent 15%. Dersom en ser bort fra disse tilførslene, vil belastningen på innsjøen teoretisk bli 1,9 gram P/m<sup>2</sup>, hvilket fremdeles gir en belastning på grensen til det akseptable.

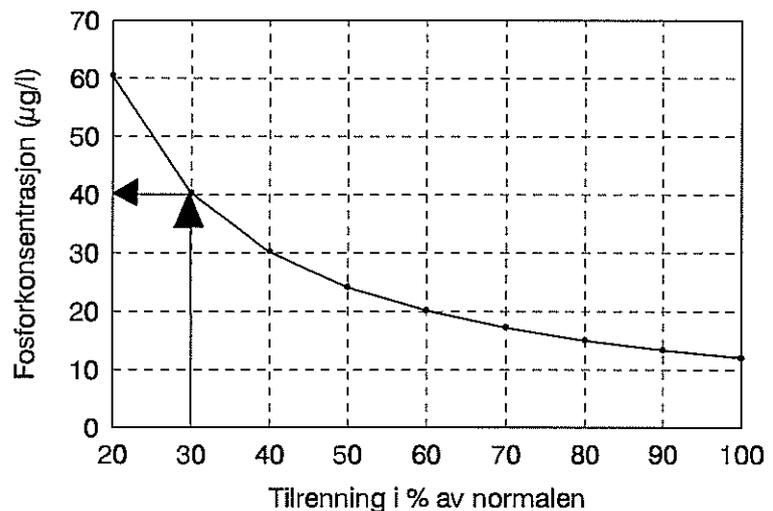
Alle disse tålegrensebetraktningene er følsomme for endringer i innsjøens vannutskifting i den biologisk aktive perioden mellom mai og september. Dersom en opplever situasjoner med lite nedbør, eller vanntilførselen til innsjøen av andre grunner uteblir i denne perioden, vil dette kunne påvirke tilstanden i innsjøen nokså dramatisk.



De fire første månedene av 1996 var nedbørsmengdene på Vestlandet rundt 50% av normalen for årstiden. Dette gav lite snø i fjellet, og dermed liten vårflokk i vassdragene utover i mai. I den aktuelle perioden fra mai til september var nedbøren på 63 % av normalen. Det var bare juni og juli som dro opp med nedbør såvidt over normalen (111%) mens september var nede i kun 27% av normalnedbøren. Dette gir en lavere grad av fortykning av tilførselene til innsjøene, slik at de observerte forholdene generelt blir mer næringsrike.

I tillegg er en stor del (omtrent 50%) av nedslagsfeltet til Espelandsvatnet regulert. Dersom avrenningen fra dette området i hovedsak benyttes til kraftproduksjon vinterstid, og i mindre grad benyttes til å kjøre kraftverket sommerstid, vil den samlede tilrenning til Espelandsvatnet sommeren 1996 i "verst tenkelig tilfelle" kunne være nede i bare 30% av det som ville være gjennomsnittlig tilrenning i denne perioden. Dersom dette skjedde sommeren 1996, ville det medført at innsjøens næringsinnhold med hensyn på fosfor teoretisk sett ville kunne være på rundt 40  $\mu\text{g}$ /liter (figur 4).

*FIGUR 4: Teoretisk sammenheng mellom innhold av næringsstoffet fosfor i Espelandsvatnet og tilrenning til innsjøen. Figuren tar utgangspunkt i hele nedslagsfeltet til Espelandsvatnet, og det er også vist en "verst tenkelig" situasjon for hvordan forholdene sommeren 1996 kan ha påvirket de foretatte observasjonene.*





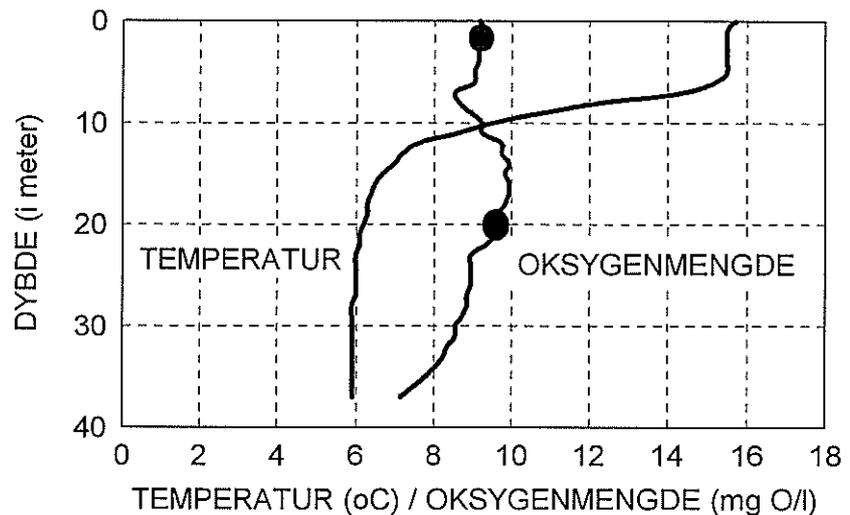
## TILSTANDEN I ESPELANDSVATNET 1996

I 1996 ble det gjennomført månedlig prøvetaking i perioden mai til oktober av overflatevannet ved det dypeste punktet i Espelandsvatnet. Prøvene er i hovedsak samlet inn av oppdretter etter anvisning av Rådgivende Biologer as. Det ble også foretatt en befaring til Espelandsvatnet den 3. september 1996 der det i tillegg til vannprøvetaking også ble målt temperatur- og oksygenprofiler ved det dypeste punktet.

### SJIKTNINGSFORHOLD

Temperatur- og oksygenprofilene i Espelandsvatnet 3. september viste at det på denne tiden fremdeles var stabil sjiktning i vannsøylen (figur 5). Overflatetemperaturen lå da på vel 15 °C, temperatursprangskiktet lå på rundt 8-10 meters dyp, og i dypvannet var temperaturen rundt 6 °C. Dette er en helt normal situasjon i en innsjø på Vestlandet.

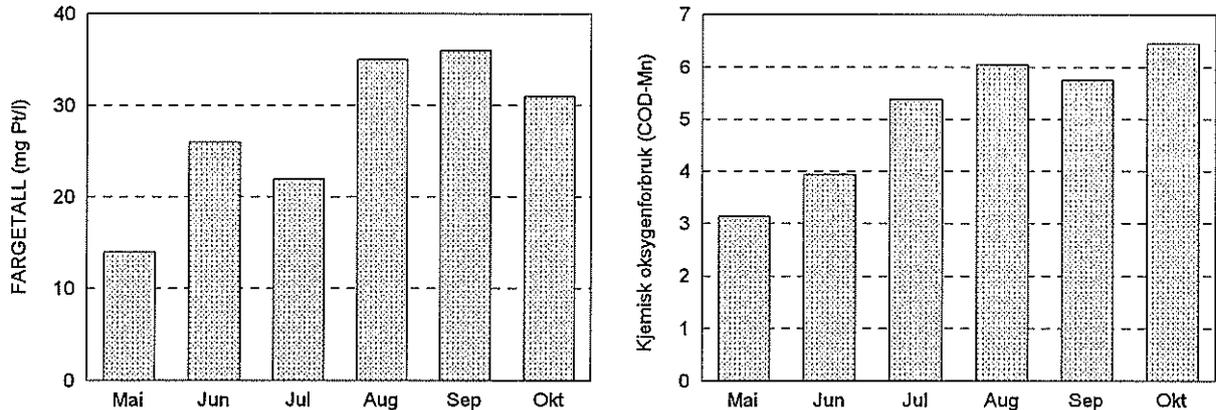
*FIGUR 5: Temperatur- og oksygenprofiler i Espelandsvatnet ved befaringen 3. september 1996. Målingene er gjort med et YSI-instrument med nedsenkbar sonde over innsjøens dypeste punkt. Prøvene er kalibrert mot vannprøver fra 2 og 20 m dyp som ble Winkler-titrert med hensyn på oksygeninnhold (vist med sirkler).*



### VIRKNING AV TILFØRSLER AV ORGANISK MATERIALE

Oksygenivået i vannsøylen var ikke preget av stort oksygenvinn i dypvannet. I overflaten ble det ved befaringen målt vel 9 mg O/l, mens det like under temperatursprangskiktet var 10 mg O/l. Dette avtok så jevnt til 7,15 mg O/l på 37 meters dyp (figur 5). Det ble foretatt to kontrollmålinger av oksygeninnholdet, på henholdsvis 2 og 20 meters dyp, der det ble benyttet Winkler-titrering på korrekt innhentede vannprøver. Disse målingene viste henholdsvis 9,27 og 9,5 mg O/l, mens de tilsvarende målingene med nedsenkbar YSI-sonde viste henholdsvis 8,7 og 9,0 mg O/l (figur 5). Disse kontrollmålingene viser et avvik på vel 5% mellom målemetodene, hvilket er et akseptabelt resultat.

Det kjemiske oksygenforbruket i vannmassene var heller ikke særlig høyt. Klassifisert i henhold til SFTs vurdering av miljøkvalitet i ferskvann, tilsvarer en høyeste måling på 6,45 mg O/l (figur 6) i tilstandsklasse III eller "nokså dårlig". Dette kan imidlertid være typiske verdier for innsjøer som drenerer myr- og skogområder der den naturlige tilførsel av humus ofte også kan gi vesentlig høyere verdier enn som så. fargetallet i Espelandsvatnet er høyt (klasse III = nokså dårlig), hvilket viser at innsjøen mottar en del humusstoffer fra nedslagsfeltet. En kan derfor ikke uten videre slå fast at Espelandsvatnet er belastet med organisk materiale ut fra disse målingene, tilstanden ligger innefor det som kan ventes i innsjøen (figur 6).



*FIGUR 6: Månedlige målinger av fargetall (til venstre) og kjemisk oksygenforbruk (til høyre) i overflatevannprøver fra Espelandsvatnet 1996. Analysene er utført av det akkrediterte laboratoriet Chemlab Services as. I Bergen.*

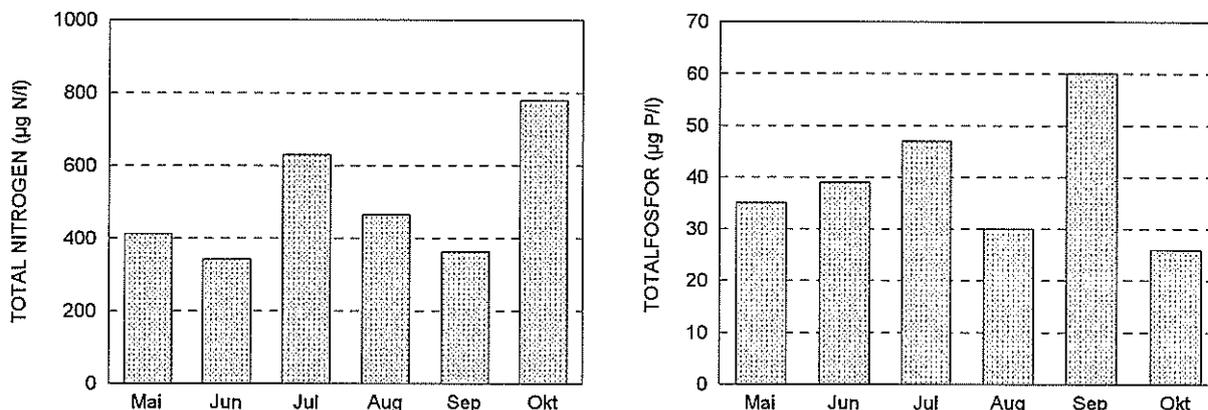
Oksygenforbruket i dypvannet er et annet mål på hvordan tilførsel av organisk materiale virker på innsjøen. Store tilførsler vil føre til et høyt oksygenforbruk i dypvannet, og påfølgende oksygenfrie forhold i disse vannmassene utover seinsommeren og høsten. Slike tilførsler kan komme fra flere kilder, fra både eksterne kilder i nedslagsfeltet (humus, silosaft, avrenning fra gjødslete områder, kloakk) eller fra interne kilder i innsjøen (fiskeanlegg, algeproduksjon).

Basert på det faktum at det er oksygenmetning i hele vannsøylen ved våromrøringen en gang i månedsskiftet april/mai, og den foretatte måling i hele vannsøylen 3. september, er det gjennomsnittlige vektete oksygenforbruket i dypvannet i 1996 beregnet til å ha vært rundt 0,8 mg O<sub>2</sub> / l / mnd. Erfaringsmessig er dette forbruket helt jevnt gjennom sommeren, og det er generelt sett høyest nær bunnen og lavest opp mot temperatursprangskiktet. Det presenterte tall er et volumvektet middel for hele dypvannet under 15 meters dyp. Dette tallet er ikke høyt, og det viser at dypvannet ikke ville blitt oksygenfritt høsten 1996 slik en kan observere i svært belastede innsjøer. Videre vil oksygen-konsentrasjonen i dypvannet like ved det dypeste sannsynligvis heller ikke komme særlig under 2 mg O<sub>2</sub>/l før høstomrøringen en gang i første halvdel av november.

Ut fra disse betraktningene kan en slå fast at Espelandsvatnet ikke er sterkt belastet med store tilførsler av organisk materiale, og at det i utgangspunktet noe forhøyede kjemiske oksygenforbruket i vannmassene i hovedsak kan tilskrives naturlige tilførsler av humusstoffer. Dette gir vannet en relativt høyt fargetall.

#### **VIRKNING AV NÆRINGSSTOFF TILFØRSLER**

De seks foretatte målingene av næringsstoffene fosfor og nitrogen i 1996 i Espelandsvatnet viser høye verdier av fosfor med et gjennomsnitt på 40 µg/l. Dette tilsvarer tilstandsklasse IV i SFTs klassifiseringssystem, mens nitrogenkonsentrasjonene var relativt sett noe lavere. Disse hadde et gjennomsnitt på 499 µg N/l, hvilket tilsvarer tilstandsklasse III (figur 7, tabell 7).



FIGUR 7: Månedlig måling av næringsstoffet og totalnitrogen (til venstre) og totalfosfor (til høyre) i overflatevannprøver fra Espelandsvatnet 1996. Analysene er utført av det akkrediterte laboratoriet Chemlab Services as i Bergen.

Det foreligger tre målinger av næringsstoffer i Espelandsvatnet fra 1995. Norsk Institutt for Vannforskning (NIVA) foretok en befaring til innsjøen i september 1995, og det ble foretatt innsamling av vannprøve fra både overflaten og dypvannet 22.november 1995 (Johnsen 1996). Innholdet av næringsstoffet fosfor i disse prøvene varierte sterkt, med 5 µg fosfor/liter i september og hele 25 µg fosfor/liter både i overflaten og dypvannet i november. Nitrogenkonsentrasjonene varierte ikke så mye, med 245 µg nitrogen/liter i september og rundt 325 µg nitrogen/liter i november. Prøvene fra 1996 samsvarer relativt godt med prøven vi tok i fjor høst, mens NIVA sin prøve fremdeles er sterkt avvikende.

Den store variasjonen mellom de foreliggende prøvene kan ikke uten videre forklares. Det kan skyldes en variasjon innen innsjøen, der våre prøver er tatt ikke så langt fra fiskeanlegget. Erfaring viser imidlertid at overflatelaget i innsjøer er relativt godt blandet, slik at dette ikke er særlig sannsynlig. Det er heller ikke sannsynlig at innholdet av næringsalter varierer så mye i løpet av så kort tid som det her er rapportert.

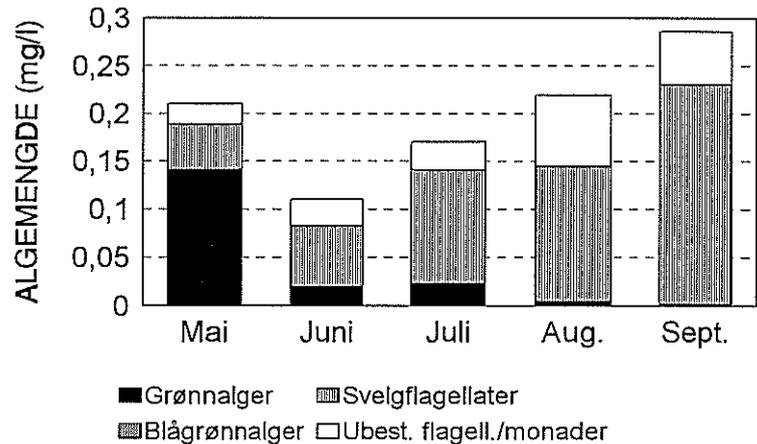
Klassifisert i henhold til SFTs "Vannkvalitetskriterier for ferskvann", tilhører Espelandsvatnet tilstandsklasse IV med hensyn på konsentrasjon av fosfor og klasse III med hensyn på nitrogen. Dette systemet går fra I=god til V=meget dårlig vannkvalitet.

TABELL 7: Analyseresultat fra overflatevannprøver fra Espelandsvatnet i 1996. Prøvene er tatt ved det dypeste punktet i innsjøen, og analysene er utført av Chemlab Services as. i Bergen

PARAMETER	ENHET	30.MAI	JUNI	20.JULI	19.AUG	3.SEPT	19.OKT	SNITT
Farge	mg Pt/l	14	26	22	35	36	31	-
Turbiditet	FAI	0,63	0,66	0,64	0,45	1,1	1,7	-
Total fosfor	µg P / l	35	39	47	30	60	26	39,5
Total nitrogen	µg N / l	412	343	630	465	363	779	498,7
Kjemisk O <sub>2</sub> -forbruk	mg O / l	3,14	3,94	5,38	6,04	5,75	6,45	-



FIGUR 8: Månedlige algemengder i Espelandsvatnet sommeren 1996. Prøvene er tatt som blandprøver de øverste fem metre ved det dypeste punktet i innsjøen. Analysene er utført av cand.real. Nils Bernt Andersen.



Både algemengdene og algetypene som finnes i en innsjø gjenspeiler innsjøens næringsforhold. I Espelandsvatnet var algemengdene små, og de reflekterer næringsfattige forhold. Også algetypene er representative for slike innsjøer. Bildet er likevel litt nyansert. Økende algemengder utover høsten tyder på næringstilførsel utover i vekstsesongen, slik at algene ikke synes å være næringsbegrenset. Dette er vanligst å finne under mer næringsrike forhold.

Årsaken til det manglende forhold mellom næringsmengde og algemengde kan være at algene tidvis kan være lysbegrenset i og med vannets relativt kraftige farge. Slike situasjoner kan forekomme i humuspåvirkede innsjøer på Vestlandet, der en ellers skulle vente at både temperatur og næringsforhold lå til rette for en vesentlig større produksjon av algeplankton.

Dyreplanktonet i Espelandsvatnet bærer preg av at innsjøen har en relativt bra bestand med planktonspisende småfisk. Dette understrekes av mangelen på store vannlopper og dominans av de små *Bosmina longispina* (tabell 8).

TABELL 8: Dyreplanktonsammensetning i Espelandsvatnet 3.september 1996. Prøvene er samlet inn ved et vertikalt hovtrekk gjennom 30 meter av vannsøylen ved innsjøenes dypeste punkt, og analysert ved LFI-Universitetet i Bergen.

VANNLOPPER	
<i>Bosmina longispina</i>	ca. 2.500
<i>Bythotrephes longimanus</i>	5
<i>Diaphanosoma brachyurum</i>	1
HOPPEKREPS	
Calanoide copepoder	ca. 300
<i>Cyclops scutifer</i> og <i>Cyclops abyssorum</i>	25
Nauplier	få
HJULDYR	
<i>Conochilus</i> sp. (enkle)	få
<i>Keratella cochlearis</i>	få
<i>Kellicotta longispina</i>	en god del
ANNET	
<i>Chaoborus</i> (svevemygg)	ingen



## LITTERATUR

ERSTAD, K.J. 1996.

Overvaking og kalking i Bøfjordvassdraget - Tauningsdelen og Nedre Lavikdal - 1993 - 1996.  
Statens Forskningsstasjonar i landbruk, Særheim Forskningsstasjon, Avdeling Fureneset, rapport  
2/96, ISSN 0803-973X, 50 sider.

HOBÆK, A., V.BJERKNES, T.E.BRANDRUD & T.BÆKKEN 1996.

Evaluering av fullkalkede innsjøer i Sogn og Fjordane: Fiskebestander, makrovegetasjon, bunndyr  
og dyreplankton.  
NIVA-rapport 3385, ISBN 82-577-2915-9, 81 sider.

HOLTAN, H. & S.O.ÅSTEBØL 1990

Håndbok i innsamling av data om forurensningstilførsler til vassdrag og fjorder.  
NIVA-rapport 2510, 53 sider, ISBN 82-577-1818-1

HÅKANSON, L., A.ERVIK, T.MÄKINEN & B.MÖLLER 1988.

Basic concepts concerning assessments of environmental effects of marine fish farms.  
Nordisk Råd 1988:90, 103 sider, København, ISBN 87-7303-239-5

JOHNSEN, G.H. 1996

Enkel beskrivelse av Espelandsvatnet, resipient til Åfjorddal smoltoppdrett a.s. Hyllestad kommune  
i Sogn & Fjordane.  
Rådgivende Biologer as. rapport 212, 16 sider, ISBN 82-7658-063-7

SFT 1992.

Klassifisering av miljøkvalitet i ferskvann.  
SFT-veiledning nr. 92:06, ISBN 82-7655-085-1, 32 sider.

SÆGROV, H. & JOHNSEN 1996

Vasskvalitet, botndyr og ungfisk i Bøfjordelven i 1995, Hyllestad kommune i Sogn & Fjordane.  
Rådgivende Biologer as. rapport 215, 14 sider ISBN 82-7658-068-8



## VEDLEGGSTABELLER

*TABELL 9: Algeresultater fra Espelandsvatnet ved fem tidspunkt sommeren 1996. Algeantall er oppgitt som millioner celler pr. liter og algevolum som mg pr. liter. Prøvene er tatt som blandeprøver fra 0-6 meters dyp. Prøvene er analysert av cand. real. Nils Bernt Andersen.*

ALGETYPE	MAI		JUNI		JULI		AUGUST		SEPTEMBER	
	antall	volum								
GRØNNALGER (Chlorophyceae)										
Ankyra judai	1.331.000	0.1331	199.000	0.0199	230.000	0.0230	45.900	0.0046	-	-
Closterium sp.	15.300	0.0077	-	-	-	-	-	-	-	-
Ankistrodesmus falcatus	-	-	-	-	-	-	-	-	15.300	0.0015
KRYPTOALGER (Cryptophyceae)										
Cryptomonas sp.	-	-	15.300	0.0153	45.900	0.0459	45.900	0.0459	168.000	0.168
Rhodomonas sp.	474.000	0.0474	474.000	0.0474	719.000	0.0719	933.000	0.0933	612.000	0.0612
BLAGRØNNALGER (Cyanophyceae)										
Aphanocapsa sp.	-	-	-	-	-	-	352.000	0.0007	-	-
FLAGELLATER OG MONADER										
Celler < 5µm	168.000	0.0190	184.000	0.0208	184.000	0.0208	597.000	0.0675	459.000	0.0519
Celler > 5µm	612.000	0.0024	1.597.000	0.0064	2.112.000	0.0084	1.825.000	0.0073	949.000	0.0038
SAMLET										
	2.600.300	0,2096	2.469.300	0.1098	3.290.900	0.1700	3.798.800	0.2193	2.203.300	0.2864