

Hovedkontor

Postboks 173, Kjelsås
0411 Oslo
Telefon (47) 22 18 51 00
Telefax (47) 22 18 52 00
Internet: www.niva.no

Sørlandsavdelingen

Televeien 1
4890 Grimstad
Telefon (47) 37 29 50 55
Telefax (47) 37 04 45 13

Østlandsavdelingen

Sandvikaveien 41
2312 Ottestad
Telefon (47) 62 57 64 00
Telefax (47) 62 57 66 53

Vestlandsavdelingen

Nordnesboder 5
5008 Bergen
Telefon (47) 55 30 22 50
Telefax (47) 55 30 22 51

Akvaplan-NIVA A/S

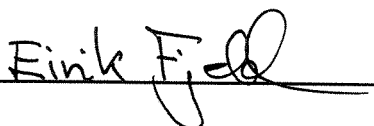
9015 Tromsø
Telefon (47) 77 68 52 80
Telefax (47) 77 68 05 09

Tittel Undersøkelse av Korssjø med tilløpsbekker i 1997	Løpenr. (for bestilling) 3894-98	Dato 25.06.98
	Prosjektnr. Undernr. O-97079	Sider Pris 28 s. + vedl.
Forfatter(e) Eirik Fjeld Dag Berge Pål Brettum	Fagområde Vassdrag	Distribusjon
	Geografisk område Vestfold	Trykket NIVA

Oppdragsgiver(e) Vestfold Interkommunale Vannverk (VIV)	Oppdragsreferanse
--	-------------------

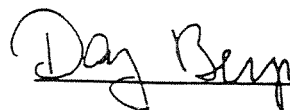
<p>Sammendrag</p> <p>Vannkvaliteten i Korssjø med seks tilløpsbekker, har blitt overvåket igjennom perioden april-oktober 1997. Vestfold interkommunale vannverk (VIV) vurderer å bruke innsjøen som reservedrikkevannskilde i forbindelse med at Farris skal forsyne større deler av Nordre Vestfold. Innsjøen hadde igjennom den vegetative perioden (mai-oktober) 1997 et moderat høyt innhold av næringssalter. Middelerdien av total fosfor og total nitrogen i det øvre 0-5 m vannsjikt var da henholdsvis 9 µg P/l og 495 µg N/l. Dette tilsvarer SFTs tilstandsklasser II «god» (fosfor) og III «mindre god» (nitrogen) for vurdering av vannkvalitet. Vannmassene inneholder endel humusstoffer: gjennomsnittlig konsentrasjon totalt organisk karbon (TOC) igjennom den vegetative perioden var 3,6 mg C/l, mens gjennomsnittelig fargetall var 24 mg Pt/l. Det planktoniske algesamfunnet ble i sommerseongen dominert av ulike grupper kiselalger, og ut fra algsamfunnets tetthet og sammensetning kan innsjøen sies å være i en overgang mellom næringsfattig-svakt næringsrik innsjøtype. Det ble funnet termostabile <i>E. coli</i>-bakterier i det øvre 0-5 m vannsjikt, med tettheter opp til 7 pr. 100 ml. Innsjøen var derfor påvirket av forurensninger av ferske fekalier. Overvåkning av innløpsbekkene viste at bekkene i sørenden av innsjøen var viktigste kilde for tilførselen av slik forurensning. Et kildeorientert forurensningsregnskap viste at årlige tilførsler av fosfor og nitrogen var henholdsvis 86 kg P/år og 2600 kg N/år. Som førsteprioritet i en tiltaksplan for å sikre råvannkvaliteten i Korssjø anbefales at de bakterielle forurensningskildene identifiseres og saneres. Fosfortilførslene ansees derimot som mindre kritiske, men må ikke tillates å øke om eutrofieringsrelaterte problemer skal unngås.</p>
--

<p>Fire norske emneord</p> <ol style="list-style-type: none"> drikkevann eutrofiering tarmbakterier forurensningsregnskap 	<p>Fire engelske emneord</p> <ol style="list-style-type: none"> drinking water eutrophication fecal bacterias pollution budget
---	--



Prosjektleder

ISBN 82-577-3480-2



Forskningssjef

**Undersøkelse av Korssjø
med tilløpsbekker i 1997**

Forord

Denne rapporten er gjort på oppdrag fra Vestfold Interkommunale Vannverk (VIV). Formålet er å gi en vannkvalitetsmessig vurdering av Korssjø med tilløpsbekker i forbindelse med at innsjøen vurderes benyttet som reserve-drikkevannskilde i forbindelse med den planlagte vannledningen fra Farris.

Prosjektet startet opp i april 1997 og de månedlige prøvetakningene har i hovedsak blitt gjort av personell fra VIV.

De vannkjemiske analysene er utført ved laboratoriet til næringsmiddeltilsynet i Tønsberg, med unntak av vannkjemi for april 1997 som er gjort ved NIVA. De bakteriologiske analysene er gjort av VIV. Planktonalgene er analysert av Pål Brettum, NIVA.

Saksbehandlere ved NIVA har vært Eirik Fjeld, Dag Berge og Pål Brettum. Sistnevnte har skrevet kapittelet om planteplanktonet.

Oslo, juni 1997

Eirik Fjeld, Dag Berge og Pål Brettum

Innhold

Sammendrag	1
1 . Innledning	2
2. Områdebeskrivelse	3
3. Vannkvalitet i Korssjø	5
3.1 Temperatur og oksygen	5
3.2 Næringsstoffer og klorofyll	7
3.3 TOC og farge	10
3.4 Siktedyp og turbiditet	11
3.5 Konduktivitet og pH	12
3.6 Planteplankton; biomasse og artssammensetning	13
3.7 Bakterier	15
4. Vannkvalitet i tilløpsbekkene	17
4.1 Næringsstoffer	17
4.2 Organisk stoff	19
4.3 Bakterier	20
5. Forurensningsregnskap	21
5.1 Kildeorientert forurensningsregnskap	21
5.2 Empirisk tilførselsberegning	25
6. Behov for avlastning	26
6.1 Fosforbelastning	26
6.2 Tilførsel av bakterier	27
7. Litteraturliste	28
Vedlegg	

Sammendrag

Vannkvaliteten i Korssjø med seks tilløpsbekker, har blitt overvåket igjennom perioden april–oktober 1997. Vestfold Interkommunale Vannverk vurderer å bruke innsjøen som reservedrikkevannskilde i forbindelse med at Farris skal forsyne større deler av Nordre Vestfold.

Innsjøen hadde igjennom den vegetative perioden (mai–oktober) 1997 et moderat høyt innhold av næringssalter. Middelerdien av total fosfor og total nitrogen i det øvre 0–5 m vannsjikt var da henholdsvis 9 µg P/l og 495 µg N/l. Dette tilsvarer SFTs tilstandsklasser II «god» (fosfor) og III «mindre god» (nitrogen) for vurdering av vannkvalitet.

Vannmassene inneholder endel humusstoffer: gjennomsnittlig konsentrasjon totalt organisk karbon (TOC) igjennom den vegetative perioden var 3,6 mg C/l, mens gjennomsnittelig fargetall var 24 mg Pt/l. Det planktoniske algesamfunnet ble i sommerseongen dominert av ulike grupper kiselalger, og ut fra algesamfunnets tetthet og sammensetning kan innsjøen sies å være i en overgang mellom næringsfattig–svakt næringsrik innsjøtype.

Det ble funnet termotabile *E. coli*-bakterier i det øvre 0–5 m vannsjikt, med tettheter opp til 7 pr. 100 ml. Innsjøen var derfor påvirket av forurensninger av ferske fekalier. Overvåkning av innløpsbekkene viste at bekkene i sørenden av innsjøen var viktigste kilde for tilførselen av slik forurensning.

Et kildeorientert forurensningsregnskap viste at årlige tilførsler av fosfor og nitrogen var henholdsvis 86 kg P/år og 2600 kg N/år.

Som førsteprioritet i en tiltaksplan for å sikre råvannkvaliteten i Korssjø anbefales at de bakterielle forurensningskildene identifiseres og saneres. Fosfortilførslene ansees derimot som mindre kritiske, men må ikke tillates å øke om eutrofieringsrelaterte problemer skal unngås.

1. Innledning

NIVA har fått i oppdrag av VIV (Vestfold interkommunale vannverk) å gjøre en vannkvalitetsmessig undersøkelse av Korssjø med tilløpsbekker. VIV vurderer å bruke innsjøen som reservedrikkevannskilde i forbindelse med at Farris skal forsyne større deler av Nordre Vestfold.

Det er foreslått å bygge et basseng i betong nedsenket i nordre del av Korssjø. Normal skal bassenget være fylt med vann fra Farris, men hvis tilførselen fra Farris svikter skal man kunne slippe inn vann fra utsiden av bassenget, dvs. vann fra Korssjø. Når Eikeren er koplet sammen med vannledningen fra Farris, vil Korssjø ha status som krisereservekilde.

Korssjø har vært Holmestrands hovedvannkilde siden begynnelsen av 1960-åra. Det har kun vært foretatt en enkel vannbehandling av råvannet, dvs. siling og desinfisering. Periodevis har det vært problemer med hensyn til bakterier i vannet fra Korssjø, og problemene antas å ha vært forårsaket av ugunstige avløpsordninger oppe ved Korssjø.

Formålet med denne undersøkelsen er å gi en vannkvalitetsmessig beskrivelse av Korssjø med følgende hovedpunkter:

- fysisk/kjemiske forhold fra topp til bunn i innsjøen nordre basseng
- planteplankton i overflatelagene
- bakterier i overflatelagene og dypvannet
- bakterier og næringssalter i tilløpsbekkene
- oppsetting av et enkelt forurensningsregnskap (fosfor og nitrogen)

Undersøkelsen skal påpeke hvilke behov det er for avlastning i forurensningstilførselene.

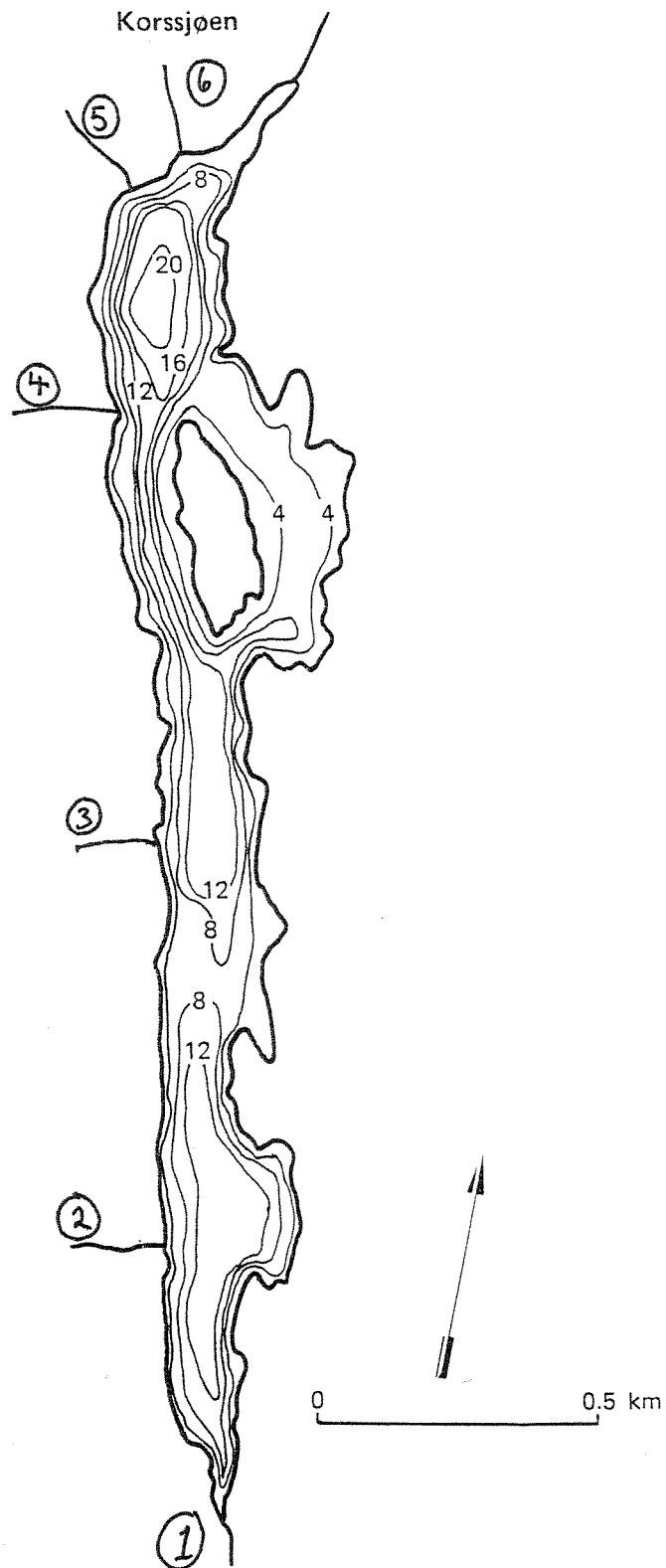
2. Områdebeskrivelse

2.1 Korssjø og nedbørfeltet

Korssjø er en middels grunn innsjø (middeldyp og maksimaldyp på henholdsvis 8 m og 21,5 m) beliggende på grensen mellom Holmestrand og Ramnes kommuner. Innsjøen ligger i øvre del av Aulivassdraget. Vannforyelsen er relativt liten, og teoretisk oppholdstid er i overkant av ett år. Årlig vannuttak er 1,7 mill. m³, og vannet kan reguleres mellom kotene 105,3 og 102,1. Det lille nedbørfeltet gjør at vannstanden synker endel i nedbørfattige tider. Relevante data for innsjøen er gitt i tabell 1. Dybdekart og innløpsbekker er gitt i figur 1.

Tabell 1. Morfometriske og hydrologiske data for Korssjø.

Areal nedbørfelt	5,3 km ²
Areal innsjø	0,57 km ²
Innsjøene høyde over havet	104 m
Midlere dyp	8,2 m
største dyp	21,5 m
Volum	4,58 · 10 ⁶ m ³
Midlere avrenning	25 l/km ²
Årlig avløp	4,2 · 10 ⁶ m ³
Teoretisk oppholdstid	1,09 år



Figur 1. Korssjø, dybdekart og oversikt over innløpsbekker.

3.2 Næringsstoffer og klorofyll

Fosfor er vanligvis det viktigste vekstbegrensende stoff for alger og andre planter i innsjøer, mens nitrogen som oftes finnes i overskudd som næringsstoff. I vannmassene i selve Korssjø ble konsentrasjonen av totalt fosfor målt. Dette omfatter både partikulært og løst fosfor. I norske innsjøer er fraksjonen løst fosfor i det algeproduserende vannsjiktet oftest neglisjerbar (under deteksjonsgrensa) da algene har et svært effektivt opptak av såkalte «løste reaktive fosforforbindelser», slik som ortofosfater (PO_4^{3-}). I Korssjø, produksjonsesongen 1997, lå konsentrasjonen av total-fosfor i det øvre 0–5 m vannsjikt i området 6–9 $\mu\text{g P}\cdot\text{l}^{-1}$, med et gjennomsnitt (\pm SD) på $9\pm 2,8$ $\text{mg P}\cdot\text{l}^{-1}$ (Figur 4). Dette tilsvarer SFTs tilstandsklasse II, «god» (SFT 1997).

I produksjonsesongen 1997 lå konsentrasjonen av total-nitrogen (omfatter partikulært og løst nitrogen) i det øvre 0–5 m vannsjikt i området 350–640 $\mu\text{g N}\cdot\text{l}^{-1}$, med et gjennomsnitt (\pm SD) på 495 ± 122 $\mu\text{g N}\cdot\text{l}^{-1}$ (Figur 4). Dette tilsvarer SFTs tilstandsklasse III, «mindre god». Tilsvarende lå konsentrasjonen av oppløst nitrat og nitritt (NO_3^- og NO_2^-) igjennom produksjonsesongen på 94–350 $\mu\text{g N}\cdot\text{l}^{-1}$, med et gjennomsnitt på 190 ± 104 $\mu\text{g N}\cdot\text{l}^{-1}$ (Figur 4). Denne fraksjonen av nitrogen omfatter de viktigste løste N-forbindelsene, og under de rådende kjemiske reduksjonsbetingelsene i vannmassene foreligger de i hovedsak som nitrat.

Det gjennomsnittlige forholdet mellom N og P i planktonalger er omlag 7 på vektbasis (Vollenveider 1968), det vil si at det proporsjonale behovet mellom nitrogen og fosfor hos planteplankton er 7:1. Erfaringsmessig inntreffer nitrogenbegrenset vekst når N:P-forholdet i vannmassene blir lavere enn 12 (Dillon og Riegler 1974), men tegn til N-begrensning kan opptre allerede ved N:P-forhold på 20–30. I Korssjø varierte N:P-forholdet mellom 30–80, og de høyeste forholdstallene ble målt tidlig i sesongen for så å avta utover mot høsten. Det gjennomsnittlige N:P-forholdet for vekstsesongen 1997 var 58 ± 19 . Dette illustrerer klart at fosfor er det vekstbegrensende næringsstoff i Korssjø.

Mengden klorofyll (kl-a) i vannmassene (0-5 m) igjennom vekstsesongen lå i området 1,2–4,2 $\mu\text{g/l}$, med en topp i juli. Det midlere nivået (\pm SD) var på 2.8 ± 1.2 $\mu\text{g/l}$, og ligger innenfor SFTs tilstandsklasse II, «god» (2–4 $\mu\text{g kl-a/l}$). For vurdering av vannkvalitet med tanke på råvann til drikkevann tilsvarer dette også SFTs egnethetsklasse 2, «egnet» (med enkel vannbehandling). Andelen klorofyll-a i algeplanktonet i norske innsjøer ligger stort sett i området 0,5–2,5 % av våtvekten (Faafeng et al. 1990).

En vurdering av næringssaltkonsentrasjonene og mengden klorofyll tilsier at Korssjø kan klassifiseres som en næringsfattig (oligotrof) innsjø, men at den grenser opp mot de noe mer næringsrike (mesotrofe) innsjøtypene.

Ved en enkelt anledning midt i produksjonssesongen (14.08.97) ble det målt konsentrasjoner av næringssalter, jern og mangan i vannprøver fra ulike dyp (Tabell 2). Ved 1 m dyp var det en jernkonsentrasjon på 16 mg/l, som økte til 40 mg/l på 5 m. I henhold til SFTs vurderingsgrunnlag for vannkvalitet med tanke på råvann til drikkevann ved enkel vannbehandling (SFT 1997) tilsvarer dette egnethetsklasse 1, «godt egnet» (< 50 µg Fe/l).

Det var imidlertid en markert høyere jernkonsentrasjon i prøven fra 5 m sammenliknet med verdiene på 1 og 10 m. Vi mistenker at dette kan skyldes en målefeil, da laboratoriet opplyser om de har benyttet to ulike metoder under målingene av jern. Vi har vanskelig for å finne andre plausible vannkjemiske forklaringer til denne anomalien.

Analysene viste at det nær bunnområdene (i prøven fra 17,5 m) var en markant økning i både fosfat, jern og mangan. Dette sammenfaller med tilnærmet oksygenfrie forhold i det bunnære vannsjiktet (se kap. 3.1) og kan indikere at det er et reduserende vannkjemisk miljø her. Er reduksjonspotensialet tilstrekkelig lavt vil utfelte treverdige jernhydroksider ($\text{Fe}(\text{OH})_3$) og jernfosfat (FePO_4), samt fireverdige manganoksid (MnO_2) reduseres til løst toverdige jern og mangan (Fe^{2+} og Mn^{2+}). Dette vil kunne føre til en utlekking av både jern, mangan og fosfat fra sedimentoverflaten. Trolig skyldes økningen i konsentrasjonen av disse elementene i dypvannet i Korssjø en kombinasjonen av utlekking fra sedimentoverflaten og en anrikning av sedimenterende flokkulent materiale (jern- og manganhydroksider kompleksert til humuskolloider, jernfosfat, dødt organisk materiale mm.)

Tabell 2. Vannkjemiske forhold på ulike dyp i Korssjø, 14.08.97.

variabel	enhet	1 m	5 m	10 m	15 m	17.5 m
tot-P	µg P/l	4	5	4	4	13
orto-P	µg P/l	<2	<2	<2	<2	5
$\text{NO}_3 + \text{NO}_2$	µg N/l	330	400	560	590	680
NH_4	µg N/l	<10	<10	<10	<10	54
jern	µg Fe/l	16 ¹	40 ²	14 ¹	90 ²	510 ²
mangan	µg Mn/l	7 ¹	7 ¹	24 ¹	80 ²	530 ²

¹grafittovn; ²AAS flamme

3.6 Planteplankton; biomasse og artssammensetning

Variasjonen i algevolum eller -biomasse og artssammensetning i en innsjø er et resultat av den samlede påvirkning fra miljøet til enhver tid. Endringer i miljøet vil raskt gi seg utslag i endringer i algemengde og -sammensetning. Registrering av variasjoner i algevolum og artssammensetning er derfor en vel egnet metode til å beskrive vannkvaliteten i en innsjø, og eventuelle forandringer i denne.

Kvantitative planteplanktonprøver, som blandprøver fra 0–5 m dyp, ble samlet inn samtidig med prøver for kjemiske analyser. Prøvene er bearbeidet etter «sedimenteringsmetoden» beskrevet av Utermöhl (1958) og volumberegninger er utført etter de retningslinjer som er gitt av Rott (1981). Forøvrig er metodene beskrevet av Brettum (1984).

Analyseresultatene er fremstilt i figur 8 og ellers gitt i vedlegg. Resultatene viser at det var et meget sammensatt planteplanktonsamfunn med dominans av ulike grupper planteplankton gjennom vekstsesongen. I alt ble nærmere 90 taksa (enkeltarter og samlegupper) registrert i prøvene.

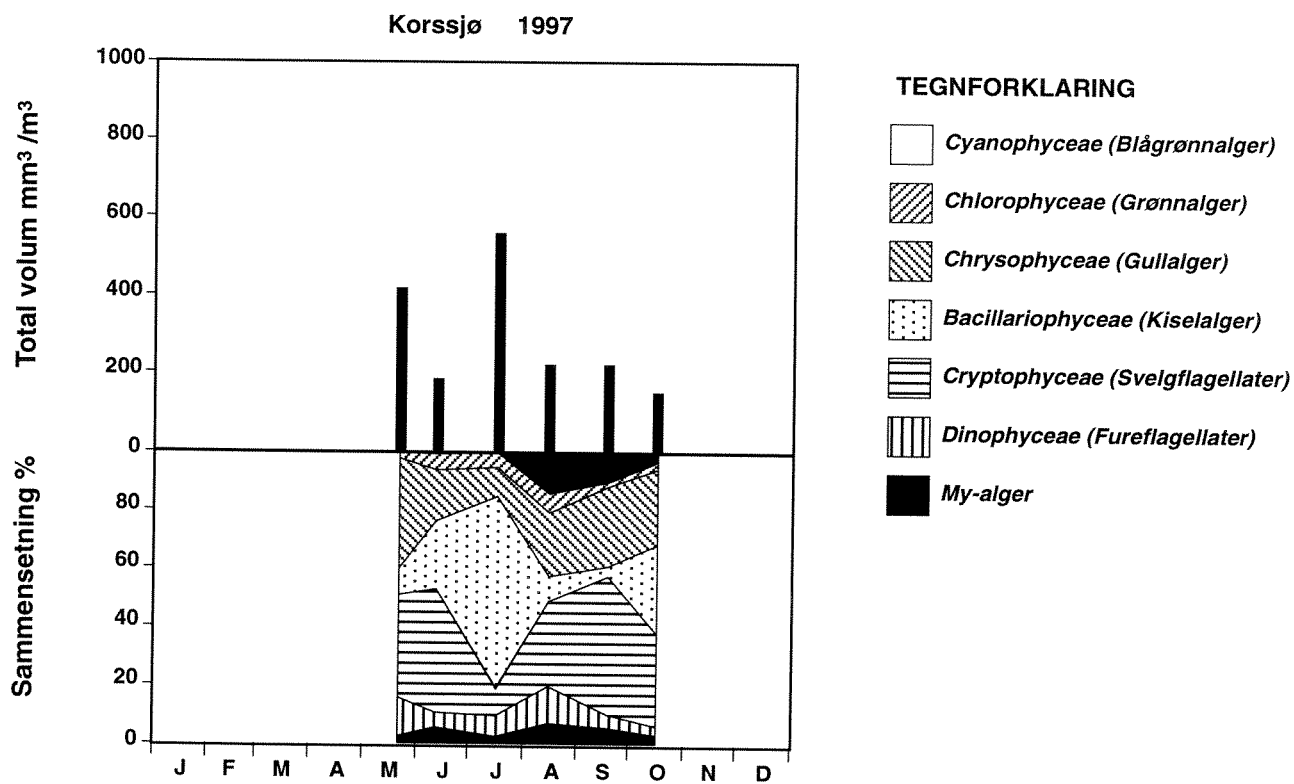
Av figuren ser en at Chrysophyceae (gullalger) og Crysophyceae (svelgflagellater) var de viktigste gruppene, kvantitativt sett; gjennom våren og forsommeren, med ulike chrysomonader (Chrysophyceae) og *Rhodomonas lacustris* og *Katablepharis ovalis* (Cryptophyceae) som mest fremtredende arter, men med mange arter innen begge gruppene.

Gjennom sommeren ble det dominans av arter innen gruppen Bacillariophyceae (kiselalger), i første rekke av de tre sentriske formene; *Cyclotella comta* v. *oligactis*, *Cyclotella radiosa* og *Aulacoseira alpigena*. I juli utgjorde disse tre artene nær 65 % av det samlede planteplanktonvolum. Utover ettersommeren og høsten ble igjen gruppene Chrysophyceae og Cryptophyceae de viktigste i planteplanktonsamfunnet, med dominans av de samme artene som om våren. Det ble imidlertid registrert mange arter innen begge gruppene. På denne tiden var det også et innslag i algesamfunnet av arter innen gruppen Cyanophyceae (cyanobakterier, blågrønnalger), først og fremst *Chroococcus minutus*.

Andre grupper av planteplankton var av underordnet kvantitativ betydning, selv om f.eks. en lang rekke arter innen gruppen Chlorophyceae (grønnalger) ble registrert, men med små individantall.

Største registrerte totalvolum gjennom vekstsesongen var 560 mm³/m³ og gjennomsnittsverdien var 295 mm³/m³. Selv om det ble funnet enkelte arter som indikerer mer næringsrike vannmasser, var disse av mindre betydning sammenlignet med de artene som er vanlige i næringsfattige, eller mindre næringsrike vannmasser. Artssammensetningen og den prosentvise sammensetningen av gruppene tilsier at vannmassene er noe mer næringsrike enn det som fremgår av totalvolumet planteplankton alene. Totalvolumet kan ha vært større i tidsintervaller da prøver ikke ble samlet inn.

Vannmassene må i utgangspunktet betegnes som oligotrofe (næringsfattige) men i en overgangsfase mot oligomesotrofe forhold, det vil si mot noe mer næringsrike forhold.



Figur 8. Variasjon i totalvolum og sammensetning av planteplankton i Korssjø 1997. Totalvolum gitt i mm³/m³ = mg/m³ våtvekt.

3.7 Bakterier

I Korsjø ble både totalantallet koliforme bakterier, antallet termostabile *E. coli* bakterier, samt kimtallet bestemt for blandprøver fra 0-5 m tatt igjennom sommersesongen (Figur 9).

Koliforme bakterier er tilstede i fæces fra mennesker og andre varmblodige dyr, og er en indikator på om vannet er påvirket av fekalier.

Totalantallet coliforme bakterier indikerer tilstedeværelsen av gammel eller ny fekal forurensning, samt avrenningsvann fra urbane områder. Antallet i et vannvolum på 100 ml bestemmes etter en inkubering ved 37 °C i 24 t. Tilstedeværelse av termostabile *E. coli* bakterier indikerer fersk fekal forurensning og bestemmes i et vannvolum på 100 ml etter en inkubering ved 44 °C i 24 t .

Bakterietallet, eller kimtallet, er en parameter som indikerer om hvorvidt vannforekomsten har vært tilført urent overflatevann. Et høyt bakterietall indikerer at vannbakterier har formert seg på lett nedbrytbart organisk stoff som må ha vært tilført vannet. Bakterietallet i en prøve på 1 ml bestemmes etter en inkubering ved 20 °C i 72 t.

Totalantallet koliforme bakterier i vannprøvene varierte fra 1–46 igjennom sesongen, med et gjennomsnitt (\pm SD) på 23 ± 18 og en medianverdi lik 28. Forekomsten var lav i begynnelsen av sommersesongen (mai og juni) og kom deretter opp på et høyere nivå (>25) fra juli og utover.

Antallet termostabile *E. coli*-bakterier i vannprøvene varierte fra 0–7 igjennom sesongen, med et gjennomsnitt (\pm SD) på 1.8 ± 2.6 og en medianverdi lik 1. I to av prøvene (mai og september) ble det ikke registrert *E. coli*, mens det høyeste bakterietallet ble funnet i prøven fra august.

Kimtallet i vannprøvene varierte fra 100–2000, med et gjennomsnitt (\pm SD) på 655 ± 699 . Antallet var lavest i begynnelsen av sesongen og steg til høyeste verdi i oktober.

Ved en enkelt anledning (14.08.97) ble det også tatt bakteriologiske prøver fra en vannprøve fra et dyp på 10 m, dvs. under termoklinen (sprangsjiktet). Disse analysene dokumenterte et lavt antall bakterier i det dypere vannlag av innsjøen. I et vannvolum på 100 ml ble ikke påvist noen termostabile bakterier og kun 1 koliform bakterie. Bakterietallet (kimtallet) i en 1 ml prøve var kun 17.

Totalantallet koliforme bakterier og funnene av termostabile *E. coli* bakterier viser at vannmassene fra 0–5 m i Korssjø er noe påvirket av fekale forurensninger. Vurdert ut fra SFTs egnethetsklasser (SFT 1997) havner den i klasse 4, «ikke egnet». Det vil si at råvannet krever omfattende vannbehandling for at det skal produseres tilfredsstillende drikkevann.

Kimtallet er også for høyt til at råvannet (0–5 m) skal kunne bli ansett for godt drikkevann. I følge WHO (1982) skal slikt ikke inneholde mer enn 100 kim/ml (20 °C).

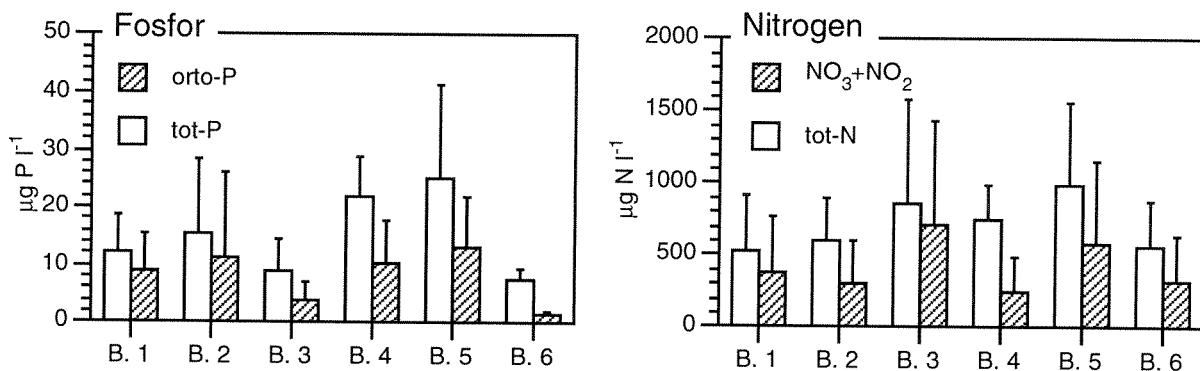
4. Vannkvalitet i tilløpsbekkene

4.1 Næringsstoffer

Konsentrasjonen av plantenæringsstoffer (fosfor og nitrogen) varierte betydelig fra bekk til bekk og igjennom sommersesongen (månedlige prøver fra april til oktober) (Figur 10). Vannføringen i flere av bekkene var imidlertid liten sommerstid. Bekk nr. 5 gikk tørr ved prøvetakningen i perioden juni–august, mens bekk nr. 1 gikk tørr ved prøvetakningen i august.

Ut fra konsentrasjonene av totalt fosfor (tot-P) kan man dele bekkene inn i tre par grupper med relativt sett høye, middels og lave fosfor-nivåer. Bekk nr. 5 og 4 hadde generelt de høyeste konsentrasjonene av tot-P med gjennomsnittsverdier (\pm SD) på henholdsvis 25 ± 16 og 22 ± 7 $\mu\text{g P/l}$. Det var også her målt de høyeste enkeltverdiene, opp mot 40–50 $\mu\text{g P/l}$. Vannføringen i disse bekkene var imidlertid liten. Innløpsbekkene i sørenden av Korsjø, bekk nr. 2 og 1, hadde noe lavere tot-P konsentrasjoner med gjennomsnittsverdier på henholdsvis 15 ± 13 og 12 ± 6 $\mu\text{g P/l}$. Bekk nr. 3 og 6 hadde de laveste gjennomsnittsverdiene på henholdsvis 9 ± 5 og 7 ± 2 $\mu\text{g P/l}$. Statistiske beregninger (variensanalyser) viste at disse tre bekkegruppene hadde signifikant forskjellige tot-P konsentrasjoner ($p < 0,05$).

Gjennomsnittlig konsentrasjon ortofosfat (orto-P), som er direkte algetilgjengelige fosfat, var omlag lik i bekk nr. 1, 2, 4 og 5, og varierte mellom 9–13 $\mu\text{g P/l}$. For bekk nr. 3 og 6 var konsentrasjonen orto-P vesentlig lavere, henholdsvis 3 og 1 $\mu\text{g P/l}$.



Figur 10. Midlere konsentrasjoner (med standardavvik) av total fosfor (tot-P), ortofosfat (orto-P), total nitrogen (tot-N), nitrat og nitritt ($\text{NO}_3 + \text{NO}_2$) i de enkelte innløpsbekkene til Korsjø, perioden april – oktober 1997.

Konsentrasjonene av totalt nitrogen varierte mindre mellom bekkene enn hva tilfellet var for fosfor, gjennomsnittlige verdier lå mellom 530–960 $\mu\text{g N/l}$, hvorav bekk nr. 5 igjen hadde de høyeste verdiene. Det var imidlertid klart høyest tot-N konsentrasjon i høstprøvene fra oktober, sannsynligvis som følge av økt avrenning etter perioder med regn. Statistiske analyser (variensanalyser) kunne imidlertid ikke bekrefte at det var noen signifikante forskjeller mellom bekkenes gjennomsnittlige

nivåer av tot-N (testens utsagnskraft, dens «power» var imidlertid liten på grunn av små forskjeller mellom bekkene og en høy variabilitet innen prøvene). Konsentrasjonene nitrat og nitritt, NO_3^- og NO_2^- , som under de rådende miljøbetingelser i all hovedsak utgjøres av nitrat, viste et tilsvarende variasjonsmønster, og vi kunne heller ikke her påvise noen statistisk signifikante forskjeller mellom bekkene.

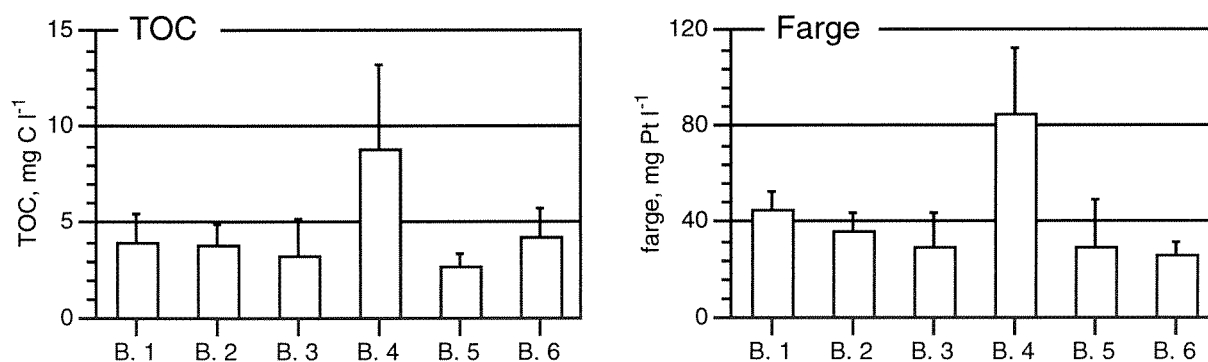
Konsentrasjonen av ammonium (NH_4^+) var generelt lavt og lå ofte under deteksjonsgrensen til laboratoriet til Næringsmiddeltilsynet i Tønsberg ($< 10 \mu\text{g N/l}$). Generelt sett hadde bekk nr. 5 og 4 de høyeste ammoniumkonsentrasjonene, med medianverdier på 36 og 27 $\mu\text{g N/l}$. De andre bekkene hadde medianverdier på eller under deteksjonsgrensen ($< 10 \mu\text{g N/l}$).

Konsentrasjonen av næringssalter i bekkene (især fosfor) indikerer en lokal påvirkning eller forurensning, især for bekk nr. 4 og 5, og i noe mindre grad for bekk 1 og 2.

4.2 Organisk stoff

Konsentrasjonen totalt organisk karbon (TOC) varierte lite bekkene imellom, unntatt for bekk nr. 4 som hadde mer enn dobbelt så høy konsentrasjon som de andre bekkene: 8,8 vs. 2,7–4,2 mg C/l (Figur 11). Dette forholdet gjenspeilet seg også i det gjennomsnittlige fargetallet, som for bekk nr. 4 var 85 mg Pt/l, mens det i de andre bekkene varierte mellom 26–46 mg Pt/l.

Den nære korrelasjonen mellom TOC og farge ($r = 0,75$) viser at det meste av TOC-forbindelsene utgjøres av humusstoffer, og bekk nr. 4 må derfor karakteriseres som noe påvirket av myrvann. Verdiene er imidlertid som forventet for denne typer skogsbekker, og de synes derfor ikke å være påvirket av organiske utslipp av vesentlig grad.



Figur 11. Midlere konsentrasjoner (med standardavvik) av totalt organisk karbon (TOC) og fargetall i de enkelte innløpsbekkene til Korssjø, perioden april – oktober 1997.

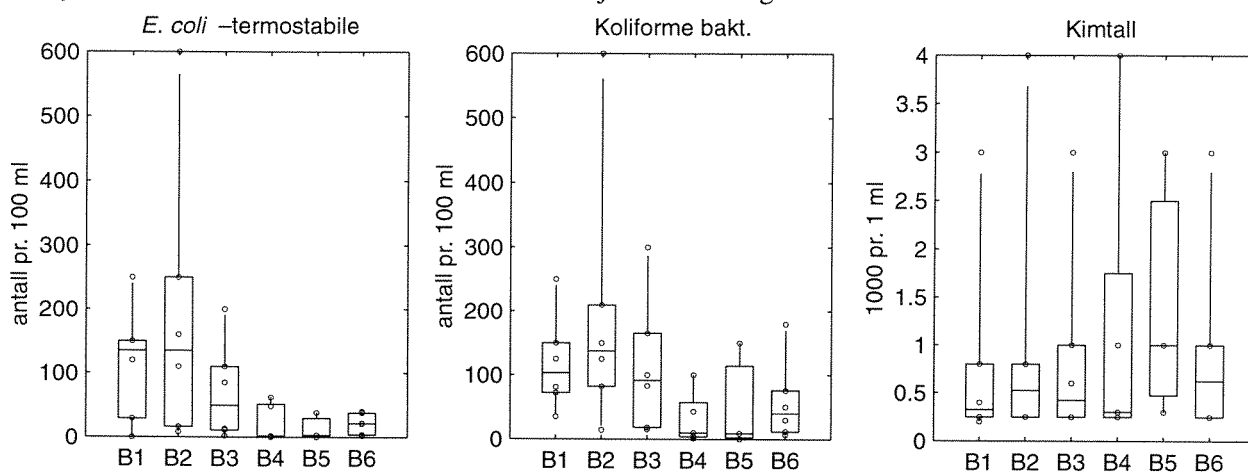
4.3 Bakterier

Antallet termostabile *E. coli*, koliforme bakterier og kimtall for tilløpsbekkene til Korssjø ble målt med månedlige intervaller i perioden april – oktober 1997, og resultatene er vist i figur 12.

Antallet termostabile *E. coli*, som er en indikator på graden av påvirkning av ferske fekalier, ble bestemt i et vannvolum på 100 ml etter en inkubering ved 44 °C i 24 t. Bekkene i sørenden av Korssjø (bekk nr. 1–3) hadde generelt de høyeste verdiene, med medianverdier i intervallet 50–135 og maksimalverdier på 200–600. Blant disse tre bekkene syntes bekk nr. 2 å være den mest belastede. Resultatene fra bekkene i sørenden er betenkelige ut fra et hygienisk synspunkt og er tydelig påvirket av urensset avløpsvann eller fersk husdyrgjødsel. De resterende bekkene viste en noe mindre påvirkningsgrad, med medianverdier i intervallet 2–20 og maksimalverdier på 38–62. En statistisk analyse (variasjonsanalyse) viste at antallet *E. coli* i bekkene 1–3 var signifikant høyere enn i bekkene 3–6 ($p < 0,001$).

Totalantallet koliforme bakterier, som indikerer tilstedeværelsen av gammel eller ny fekal forurensning, ble bestemt i et vannvolum på 100 ml etter en inkubering ved 37 °C i 24 t. Vi fant her det samme variasjonsmønsteret som for *E. coli*: bekkene i sørenden av Korssjø var tydelig mest påvirket, med medianverdier i intervallet 90–40 og maksimalverdier på 200–600. De resterende bekkene viste en noe mindre påvirkningsgrad, med medianverdier i intervallet 9–40 og maksimalverdier på 100–180.

Bakterietallet, eller kimtallet, som er en parameter som indikerer om hvorvidt vannforekomsten har vært tilført urent overflatevann ble bestemt i et vannvolum på 1 ml etter en inkubering ved 20 °C i 72 t. Det var her et noe annet variasjonsmønster enn for koliforme bakterier, og det syntes å være en tendens til at bekkene i nordenden hadde et høyere bakterietall enn bekkene i sørenden. Statistiske analyser kunne imidlertid ikke bekrefte at forskjellene var signifikante.



Figur 12. Forekomsten av termostabile *E. coli* bakterier (100 ml, 24 t, 44 °C) og koliforme bakterier (100 ml, 24 t, 37 °C), samt kimtall (1 ml, 72 t, 20 °C) i vannprøver fra innløpsbekker til Korssjø, april–oktober 1997. 10- og 90-prosentilen er gitt ved de vertikale strekene, 25- og 75-prosentilen er gitt ved boksene, og medianverdien (50-prosentilen) er gitt ved en horisontal strek .

5. Forurensningsregnskap

5.1 Kildeorientert forurensningsregnskap

Dette forurensningsregnskapet er så langt som mulig gjort i henhold til SFTs veiledning for tilførselsberegninger (Bratli et al. 1995).

Avrenning fra skog og myr

Denne arealtype utgjør 4,8 km² av Korssjøes nedbørfelt. For disse områdene benyttes avrenningstall for lavere deler av Østlandet (Bratli et al. 1995). P-avrenning er satt til 6,5 kg P/(km² · år), og for N-avrenning er følgende formel benyttet:

$$y = 4 x + 116$$

hvor y er kg N/(km² · år) og x er spesifikk avrenning. For Korssjøes nedbørfelt er den spesifikke avrenningen 25 l/(s·km²). N-avrenningen for Korssjø blir da 216 kg N/(km² · år).

$$\begin{aligned} \text{Tot-P} &= 4,8 \text{ km}^2 \cdot 7 \text{ kg P}/(\text{km}^2 \cdot \text{år}) &= & 33.6 \text{ kg P/år} \\ \text{Tot-N} &= 4,8 \text{ km}^2 \cdot 216 \text{ kg N}/(\text{km}^2 \cdot \text{år}) &= & 1036.8 \text{ kg N/år} \end{aligned}$$

Atmosfæriske avsetninger på vannflaten

Både nitrogen og fosfor avsettes med nedbør og som tørravsetninger, og i Bratli et al. (1995) er det angitt arealspesifikke koeffesienter for atmosfæriske deponeringer. Ved å benytte disse kan de atmosfæriske avsetningene av fosfor og nitrogen på vannflaten beregnes:

$$\begin{aligned} \text{tot-P} &= 0,57 \text{ km}^2 \cdot 25 \text{ kg P}/(\text{km}^2 \cdot \text{år}) &= & 14.3 \text{ kg P/år} \\ \text{tot-N} &= 0,57 \text{ km}^2 \cdot 800 \text{ kg N}/(\text{km}^2 \cdot \text{år}) &= & 456.8 \text{ kg N/år} \end{aligned}$$

Avrenning fra jordbruksarealer

Avrenningskoeffesientene er hentet fra Kleven (1994). Avrenningen fra jordbruksarealer er styrt av en rekke faktorer (veksttyper, jordart, hellning, klima mm.), og kan variere mye fra år til år. Avrenningskoeffesientene er derfor basert på gjennomsnittlige forhold i Vestfold. Fordelingen av ulike landbruksarealer i Korssjøes nedbørfelt er gitt av Fylkesmannen i Vestfold, landbruksavdelingen.

Avrenningen fra gras-arealer (eng, beite) er :

$$\begin{aligned} \text{Tot-P} &= 0,511 \text{ km}^2 \cdot 48 \text{ kg P}/(\text{km}^2 \cdot \text{år}) &= & 24.5 \text{ kg P/år} \\ \text{Tot-N} &= 0,511 \text{ km}^2 \cdot 1680 \text{ kg N}/(\text{km}^2 \cdot \text{år}) &= & 858.5 \text{ kg N/år} \end{aligned}$$

Avrenningen fra åker-arealer er :

$$\begin{aligned} \text{Tot-P} &= 0,077 \text{ km}^2 \cdot 68 \text{ kg P}/(\text{km}^2 \cdot \text{år}) &= & 5.2 \text{ kg P/år} \\ \text{Tot-N} &= 0,077 \text{ km}^2 \cdot 3000 \text{ kg N}/(\text{km}^2 \cdot \text{år}) &= & 231.0 \text{ kg N/år} \end{aligned}$$

Husdyrhold

Forurensningstilførselen fra gjødselen er beregnet på grunnlag av N- og P-innholdet i husdyrgjødsel, mengden gjødsel produsert, samt prosentandelen N og P som antas å nå resipienten. Antall husdyr er oppgitt av Fylkesmannen i Vestfold, landbruksavdelingen, og baserer seg på søknader om produksjonstillegg for høsten 1997.

Det er ett bruk i nedbørfeltet som driver med storfehold (kjøttproduksjon m. ammekyr). Gårdbrukeren opplyser om at driften er såkalt økologisk basert, og dyra beiter forholdsvis mye ute. Gjødsel som produseres er forholdsvis tørr, er innblandet med halm og strø, og den får kompostere seg før den blir spredt utover jordene. Driftsmåten antas å gi relativt beskjedene N- og P-utslipp til resipienten, og tilførselene til resipienten er derfor satt til forholdsvis moderat i dette tilfellet. Det antas at 0,5 % av fosforet og 1,5 % av nitrogenet i husdyrgjødsel fra dette bruket når resipienten. De samme utslippskoeffisientene er benyttet for hestehold i nedbørfeltet. Årlig produksjon av fosfor og nitrogen i husdyrgjødsel er hentet fra Bratli et al. (1995).

Tabell 3. Estimert forurensningstilførsel fra gjødsel til Korssjøns nedbørfelt.

dyreslag	antall	årlig produksjon pr dyr		andel til resipient		mengde til resipient	
		kg P/(år-dyr)	kg N/(år-dyr)	P	N	kg P/år	kg N/år
hest	11	7.8	48	1.5 %	0.5 %	1.3	2.6
storfe o. 12 mnd.	18	7.0	40	1.5 %	0.5 %	1.9	3.6
storfe u. 12 mnd.	9	3.6	25	1.5 %	0.5 %	0.5	1.2
ammekyr	12	7.0	40	1.5 %	0.5 %	1.5	2.4
sum						4.9	9.8

I forbindelse med storfeholdet drives det grasproduksjon, og graset lagres som rundballer i store poser av plast. Når posene åpnes på vinteren havner presssafta på bakken. Hvor mye som renner av til resipienten er ikke kjent og overslag over dette er heller ikke oppgitt i veilederen for tilførselsberegninger (Bratli et al. 1995). Utslipp om vinteren på frossen mark er imidlertid ugunstig for biologisk opptak og tilbakeholdelse i nedbørfeltet. Vi har derfor benyttet avrenningskoeffisienter for stofftap fra siloanlegg, direkte utslipp på bakken/infiltrasjon (Bratli et al. 1995); dvs. 75 % for tot-P og 50 % for tot-N. I følge opplysninger fra gårdeier produseres det årlig omlag 35 tonn gras i rundballer. Antas et presssaftinnhold på 10 %, en tot-P konsentrasjon på 0,2 kg/ tonn og en tot-N konsentrasjon på 2 kg/tonn i presssafta, vil årlig tilførsel til resipienten være:

$$\begin{aligned} \text{tot-P} &= 35 \text{ tonn/år} \cdot 10 \% \cdot 0.2 \text{ kg P/tonn} \cdot 75 \% &= & 0.5 \text{ kg P/år} \\ \text{tot-N} &= 35 \text{ tonn/år} \cdot 10 \% \cdot 2 \text{ kg N/tonn} \cdot 50 \% &= & 3.5 \text{ kg N/år} \end{aligned}$$

Bosetting

I følge de opplysninger NIVA har mottatt fra VIV (oversendelse av dokumenter fra VIV, 18.06.97) er det registrert 17 boligenheter i nedbørfeltet til Korssjø, og opplysninger om ulike avløpsordninger er gitt her.

Ut fra opplysningene om avløpsordninger, spesifikk forurensningsmengde og antall personer kan det lages et estimat over forurensningstilførselen fra befolkningens avløpsvann. I regnskapet er det antatt at hver boligenhet i nedbørfeltet huser 2,5 fastboende personer med 100 % tilstedeværelse. I følge opplysninger i Bratli et al. (1995) er spesifikk forurensningsmengde (pr. person og døgn) fra klosetter lik 1,3 g P/d·p og 11 g N/d·p. Tilsvarende er spesifikk forurensningsmengde fra gråvann lik 0,3 g P/d·p og 1 g N/d·p. I forurensningsregnskapet har vi ikke lagt inn ulike renses effekter for gråvann, men satt at 90 % av fosforet og 10 % av nitrogenet i gråvannet når resipienten. Feilen som introduseres her ved å ikke skille på effekter av ulik rensing er ubetydelig i relasjon til bidragene og usikkerheten fra andre kilder.

Tabell 4. Estimert forurensningstilførsel fra avløp tilknyttet boliger i Korssjø's nedbørfelt.

sanitæravløp ¹	bostander	pers.	døgn-produksjon		andel til resipient		mengde til resipient	
			g P/(d·p)	g N/(d·p)	% P	% N	kg P/år	kg N/år
wc, septik	2	2.5	1.3	11	90 %	5 %	2.1	1.0
utedo	9	2.5	1.3	11	5 %	5 %	0.5	4.5
biодо	1	2.5	1.3	11	5 %	5 %	0.1	0.5
gråvann	17	2.5	0.3	1	90 %	25 %	0.3	3.9
sum							3.0	9.9

¹ 4 boliger med tett septiktank og en bolig uten opplysninger om toilett er utelatt fra regnskapet

Forurensningstilførsel til Korssjø

Ved å summere de enkelte forurensningsbidragene får man et estimat av de totale mengdene fosfor og nitrogen som tilføres Korssjø (tabell xx). Avrenning fra skog- og utmarksarealer står for den største andelen av fosfortilførslene til Korssjø med omlag 39 %, tett fulgt av avrenningen fra jordbruksarealer med omlag 35 %. Direkte avsetninger på innsjøoverflaten står for omlag 17 % av fosfortilførslene, mens husdyrhold og avløp fra boliger står for omlag 6 og 4 %.

Nitrogentilførslene domineres av avrenning fra jordbruksarealer og skog/utmarks-områder med henholdsvis omlag 42 og 40 %. Direkte avsetninger på innsjøoverflaten utgjør omlag 18 %, mens tilførsler relatert til husdyrhold og bosetting samlet ikke utgjør mer enn 1 %.

Det er ikke gjort noen usikkerhetsberegninger omkring de enkelte delbidragene i forurensningsregnskapet, men det er klart at flere av tallene er beheftet med en forholdsvis stor relativ usikkerhet. Vi har desverre ikke data for å kunne gjøre en god evaluering av usikkerheten i estimatene, men antar at feilkildene vil ha størst absolutt utslag for avrenningene fra jordbruksarealene.

Tabell 5. Estimert forurensningstilførsel fra de enkelte hovedkildene i Korssjø nedbørfelt.

Kilde	kg tot-P/år	kg tot-N/år	% P	% N
Avrenning fra skog/utmark-areal	33.6	1037	39.0	39.8
Avrenning fra jordbruksareal	29.8	1090	34.6	41.8
Avsetninger på innsjøareal	14.3	457	16.6	17.5
Husdyrhold og pressaft	5.4	15	6.3	0.6
Bosetting	3.0	10	3.5	0.4
Sum	86.1	2608	100.0	100.0

5.2 Empirisk tilførselsberegning

Vannets innhold av fosfor er influert av biologiske omsetningsprosesser og utveksling mellom sediment og vann. Flere fysisk-kjemiske og biologisk modifierende faktorer innvirker på denne utveksling, men Berge (1987) har utviklet en enkel empirisk modell for fosforbelastning for grunne norske innsjøer. Modellen uttrykker midlere fosforkonsentrasjon i innløpsbakkene ($[P]_i$) i sommerhalvåret som en funksjon av midlere fosforkonsentrasjon i innsjøen ($[P]_\lambda$) og innsjøens teoretiske oppholdstid (T_w):

$$[P]_i = 2.293 \cdot [P]_\lambda \cdot T_w^{0.16}$$

Dette forholdet kan benyttes som en kontroll for det kildeorienterte fosforbudsjettet, og dersom det finnes store avvik mellom disse bør det søkes etter feil eller mangler i det kildeorienterte regnskapet. Ved å sette inn verdiene for Korssjø får man følgende uttrykk:

$$[P]_i = 2.293 \cdot 9 \cdot 1.09^{0.16} \mu\text{g P/l} = 20.9 \mu\text{g P/l}$$

Ved å dividere det kildeorienterte estimatet for årlige tilførsler av tot-P med årlig avrenning fåes et estimat for midlere fosforkonsentrasjon i innløpsbakkene:

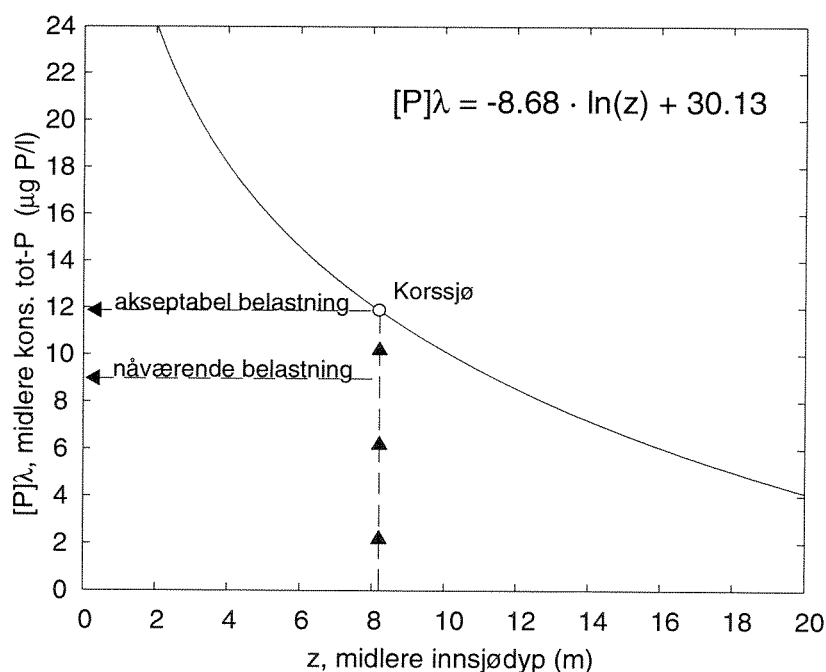
$$[P]_i = P(\text{inn}) / Q = (86.1 \text{ kg P/år}) / (4.2 \cdot 10^6 \text{ m}^3/\text{år}) = 20.5 \mu\text{g P/l}$$

Det empiriske estimatet for midlere fosforkonsentrasjon i innløpsvannet er i svært god overenstemmelse med det kildeorienterte estimatet: 20,9 vs. 20,5 $\mu\text{g P/l}$, differansen er omlag 2 %. Det kildeorienterte fosfor-regnskapet synes derfor å være tilfredsstillende.

6. Behov for avlastning

6.1 Fosforbelastning

Akseptabel fosforbelastning, som angir ved hvilken fosforbelastning innsjøen står i fare for å få økologiske problemer (eutrofieringsproblemer m. blågrønnalge-oppblomstringer og oksygensvinn), kan uttrykkes som en funksjon av innsjøens middeldyp (Berge 1987). Generelt sett synes grunne innsjøer å tåle høyere fosforkonsentrasjoner og mer alger enn dype innsjøer. I figur 13 har vi vist dette forholdet, og kurven antyder at Korssjø, med et middeldyp på 8,2 m, har en øvre grense for akseptabel fosforbelastning på omlag 12 µg P/l.



Figur 13. Fastsettelse av akseptabel fosforbelastning for Korssjø. Midlere konsentrasjon av totalt fosfor i sommerhalvåret bør ikke overstige verdien angitt av kurven. Modellen er hentet fra Berge (1987).

Midlere fosforkonsentrasjon sommersesongen 1997 i Korssjø var på $9 \pm 2,8$ µg P/l. Innsjøen har derfor fortsatt en akseptabel fosforbelastning, men tåler relativt lite av ytterligere fosfortilførsler før den når et kritisk nivå. Denne slutningen understøttes også av analysen av planteplanktonsets artssammensetning og biomasse som ga følgende karakteristikker av Korssjø: Vannmassene må i utgangspunktet betegnes som oligotrofe (næringsfattige) men i en overgangsfase mot oligomesotrofe forhold, det vil si mot noe mer næringsrike forhold.

Konklusjon

Fosfor-tilførselen til Korssjø ligger innenfor et akseptabelt nivå med hensyn til eutrofierings-

problemer. I en tiltaksplan for å sikre vannkvaliteten i Korssjø i forbindelse med drikkevannsledningen fra Farris synes fosfor-reduserende tiltak derfor ikke å ha førsteprioritet. Tilførselen er imidlertid såvidt stor at ytterligere fosforbelastninger ikke må finne sted for å unngå eutrofieringsproblemer med uheldige blågrønnalgeoppblomstringer, oksygensvinn mm.

6.2 Tilførsel av bakterier

Det ble påvist termotolerante *E. coli* og andre koliforme bakterier i det øvre 0–5 m vannsjikt i Korssjø, det vil si at vannmassene er påvirket av fekale forurensninger. Forekomsten av *E. coli* var såvidt høy (opptil 7 per 100 ml) at råvannet krever en omfattende vannbehandling for at det skal produseres tilfredsstillende drikkevann.

Undersøkelser av innløpsbekkene påviste tilstedeværelse av termotolerante *E. coli* og andre koliforme bakterier i samtlige innløpsbækker, men bekkene i sørenden av Korssjø vesentlig høyere forekomster enn bekkene i nordenden av vannet. Medianverdier for bekk nr. 1–3 i sørenden var 50–135 per 100 ml, mens tilsvarende verdier for bekk nr. 4–6 i nordenden var 2–20 per 100 ml. Dette viser at alle bekkene er påvirket av ferske fekalier, men at bekkene i sørenden av vannet er hovedkilden for tilførselene til Korssjø.

Konklusjon

Korssjø blir tilført ferske fekale forurensninger via alle innløpsbekkene, men i særlig grad fra bekkene i sørenden av vannet (bekk nr. 1–3). Disse bekkene står trolig for hovedtilførselen av de fekale forurensninger til innsjøen. Forekomsten av *E. coli* i vannmassene i det øvre 0–5 m vannsjikt gjør at råvannet krever en omfattende vannbehandling for at det skal produseres tilfredsstillende drikkevann. I en tiltaksplan for å sikre vannkvaliteten i Korssjø i forbindelse med drikkevannsledningen fra Farris bør kildene for de fekale forurensningene identifiseres og saneres.

7. Litteraturliste

- Berge, D. 1987. Fosforbelastning og respons i grunne og middels grunne innsjøer. Hvordan man bestemmer akseptabelt trofinivå og akseptabel fosforbelastning i innsjøer med middeldyp 1,5 m – 15 m. NIVA rapport O-85110, Lnr. 2001. 44 s.
- Bratli, J. L., Holtan, H., og Åstebøl S. O. 1995. Miljøsmål for vannforekomstene. Tilførselsberegninger. SFT, TA-1139. 70 s.
- Brettum, P. 1984. Planteplankton, telling. I: Vassdragsundersøkelser. En metodebok i limnologi. K. Vennerød (red.). Norsk Limnologiforening. Universitetsforlaget, Oslo. 146-154.
- Fjeld, E., Blakar, I. A. og Crak, K. 1987. Forsuringsstatus og kalkningsplan for Vestfold. Fylkesmannen i Vestfold, Miljøvernavdelingen. Rapport. 55 s. + vedlegg.
- Faafeng, B., Hessen, D. O. og Brettum, P. 1990. Eutrofiering av innsjøer i Norge. Generelt om eutrofiering og resultater fra en landsomfattende undersøkelse i 1988 og 1989. Statlig program for forurensningsovervåkning 4792/92. SFT TA 814/1992. 36 s.
- Rott, E. 1981. Some results from phytoplankton counting intercalibrations. Schweiz. Z. Hydrol. 43. 34-62.
- Sosial- og helsedepartementet. 1995 Forskrifter om vannforsyning og drikkevann m.m. I-9/95. 38 s.
- Utermöhl, H. 1958. Zur Vervollkommnung der quantitativen Phytoplanktonmethodik. Mitt. int. Verein. Limnol. 9. 1-38.
- Vollenveider, R. A. 1968. Scientific fundamentals of the eutrophication of lakes and flowing waters, with particular reference to nitrogen and phosphorus as factors in eutrophication. OECD. Tech. Rep. DAS/CSI//68. 182 s.

Vedlegg

Korssjø, overvåkningsdata 1997
side 1/2

Stasjon	Dato	tot-P µg/l	orto-P µg/l	tot-N mg/l	NO3+N02 mg/l	NO2 mg/l	NH4 mg/l	TOC mg/l	kl-a µg/l	pH	kond mS/m	turb ftu	farge mg Pt/l	siktedyp m	Colif. bakt 100ml;37°C;24	E. coli 100ml;44°C;24	kimtall 1ml;20°C;72t
Korssjø 0-5 m	17.04.97	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
Bekk 1	17.04.97	25	21	.	705	.	7	5	.	7.23	6.33	12	33.6	.	.	.	.
Bekk 2	17.04.97	7	3	.	375	.	9	4.4	.	7.03	5.07	1.1	29.6	.	.	.	.
Bekk 3	17.04.97	4	1	.	845	.	11	3.5	.	7.19	7.87	0.8	19.8	.	.	.	.
Bekk 4	17.04.97	15	5	.	695	.	11	7.9	.	7.16	8.17	1.9	55.5	.	.	.	.
Bekk 5	17.04.97	15	8	.	405	.	17	2.2	.	7.49	23.9	1	7.68	.	.	.	.
Bekk 6	17.04.97	5	1	.	415	.	6	5.2	.	7.39	10.6	0.42	28.8	.	.	.	.
Korssjø 0-5 m	21.05.97	8	.	0.64	0.35	.	.	3.8	3.3	8.02	6.9	0.58	27	5	1	0	100
Bekk 1	21.05.97	10	8	0.42	0.24	<0.01	<0.01	3.6	.	7.89	8.7	2.5	55		81	0	250
Bekk 2	21.05.97	9	4	0.44	0.24	<0.01	<0.01	3.4	.	7.55	5.8	0.8	40		82	16	250
Bekk 3	21.05.97	6	2	0.73	0.73	<0.01	0.017	2.4	.	7.56	9.4	0.82	25		83	2	250
Bekk 4	21.05.97	13	5	0.58	0.08	<0.01	0.015	8.2	.	7	10	1.3	108		43	0	300
Bekk 5	21.05.97	48	26	0.54	0.31	<0.01	0.013	1.9	.	7.14	20.8	0.5	16		9	0	300
Bekk 6	21.05.97	8	1	0.61	0.33	<0.01	0.073	3.4	.	7.54	9.8	0.64	23		12	2	250
Korssjø 0-5 m	12.06.97	8	.	0.58	0.28	.	.	1.6	1.2	7.7	8.2	0.5	18	6.5	1	1	180
Bekk 1	12.06.97	14	14	0.42	0.21	<0.01	<0.01	3	.	7.5	14	3.75	47		150	120	250
Bekk 2	12.06.97	11	7	0.45	0.23	<0.01	<0.01	3.1	.	7.43	9	1.65	24		210	160	250
Bekk 3	12.06.97	5	3	0.32	0.21	<0.01	<0.01	2.5	.	7.42	14	0.95	14		18	13	250
Bekk 4	12.06.97	22	10	0.57	0.04	<0.01	0.027	8.1	.	6.94	15.5	1.2	86		10	1	250
Bekk 5	12.06.97	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.		.	.	.
Bekk 6	12.06.97	10	2	0.59	0.24	<0.01	0.01	5.4	.	7.23	7.9	0.6	19		7	4	250
Korssjø 0-5 m	16.07.97	10	.	0.59	0.17	.	.	4.1	4.2	7.46	10.1	0.57	26	4.8	25	2	400
Bekk 1	16.07.97	11	9	0.39	0.16	<0.01	0.027	2.2	.	7.58	14	2	38		125	150	200
Bekk 2	16.07.97	44	44	0.62	0.25	<0.01	0.016	2.5	.	7.54	10.2	0.85	36		150	250	250
Bekk 3	16.07.97	19	11	0.45	0.22	<0.01	0.011	1.4	.	7.7	15	0.51	21		165	110	250
Bekk 4	16.07.97	30	22	0.46	0.04	<0.01	0.044	1.9	.	7.65	20.5	0.8	53		1	2	250
Bekk 5	16.07.97	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.		.	.	.
Bekk 6	16.07.97	7	2	0.52	0.15	<0.01	0.01	3.4	.	7.93	5.3	0.37	30		30	38	250
Korssjø 0-5 m	14.08.97	6	.	0.39	0.094	.	.	4.5	2.9	7.4	8.9	0.64	28	6.5	35	7	750
Korssjø 10 m	14.08.97	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.		1	0	17
Bekk 1	14.08.97	7	4	0.29	0.17	<0.01	<0.01	2.4	.	7.54	17	1.73	45		250	250	.
Bekk 2	14.08.97	14	10	0.42	0.22	<0.01	<0.01	2.9	.	7.51	14	0.91	39		600	600	400

Korsjø, overvåkningsdata 1997
side 2/2

Stasjon	Dato	tot-P µg/l	orto-P µg/l	tot-N mg/l	NO3+N02 mg/l	NO2 mg/l	NH4 mg/l	TOC mg/l	kl-a µg/l	pH	kond mS/m	turb ftu	farge mg Pt/l	siktedyp m	Colif. bakt 100ml;37°C;24	E. coli 100ml;44°C;24l	kimtall 1ml;20°C;72t
Bekk 3	14.08.97	6	4	0.31	0.19	<0.01	<0.01	1.5	.	7.48	.	0.52	24	.	300	200	800
Bekk 4	14.08.97	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	1000
Bekk 5	14.08.97	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
Bekk 6	14.08.97	6	2	0.46	0.33	<0.01	0.012	1.8	.	7.45	35	0.55	31	.	180	22	1000
Korsjø 0-5 m	17.09.97	8	.	0.35	0.094	.	.	4.2	3.7	7.54	8.9	0.64	25	5	30	0	500
Bekk 1	17.09.97	7	4	0.56	0.4	<0.01	<0.01	4.8	.	7.51	13.5	1.6	46	.	72	150	800
Bekk 2	17.09.97	10	7	0.88	0.26	<0.01	0.02	4.6	.	7.45	12.9	1	39	.	14	8	800
Bekk 3	17.09.97	12	4	0.84	0.62	<0.01	<0.01	5.7	.	7.43	13.2	1.6	58	.	15	11	600
Bekk 4	17.09.97	28	16	0.81	0.049	<0.01	0.04	12	.	7.05	19.7	1	122	.	5	62	1000
Bekk 5	17.09.97	12	8	0.72	0.49	<0.01	0.061	3.1	.	7.38	37.1	3.1	49	.	0	3	1000
Bekk 6	17.09.97	6	2	0.36	0.21	<0.01	<0.01	3.8	.	7.65	23.3	0.34	20	.	76	40	1000
Korsjø 0-5 m	15.10.97	14	.	0.42	0.15	.	.	3.8	1.7	7.99	8.8	0.67	19	6	46	1	2000
Bekk 1	15.10.97	12	4	1.1	0.8	<0.01	<0.01	6.4	.	7.15	9	1.2	54	.	35	29	3000
Bekk 2	15.10.97	13	4	0.74	0.49	<0.01	<0.01	5.8	.	7.16	9	0.88	48	.	125	110	4000
Bekk 3	15.10.97	11	2	2.5	2.2	<0.01	<0.01	6.1	.	6.92	11	1	41	.	100	85	3000
Bekk 4	15.10.97	23	5	1.3	0.58	<0.01	0.027	15	.	6.83	1.4	1.6	86	.	100	48	4000
Bekk 5	15.10.97	25	10	1.7	1.1	<0.01	0.055	3.4	.	7.25	33	3.2	43	.	150	38	3000
Bekk 6	15.10.97	10	2	0.78	0.54	<0.01	0.032	6.3	.	7.4	13	0.54	30	.	50	21	3000

Norsk institutt for vannforskning

Postboks 173 Kjelsås
0411 Oslo

Telefon: 22 18 51 00
Telefax: 22 18 52 00

Ved bestilling av rapporten,
oppgi løpenummer 3894-98

ISBN 82-577- 3480-2