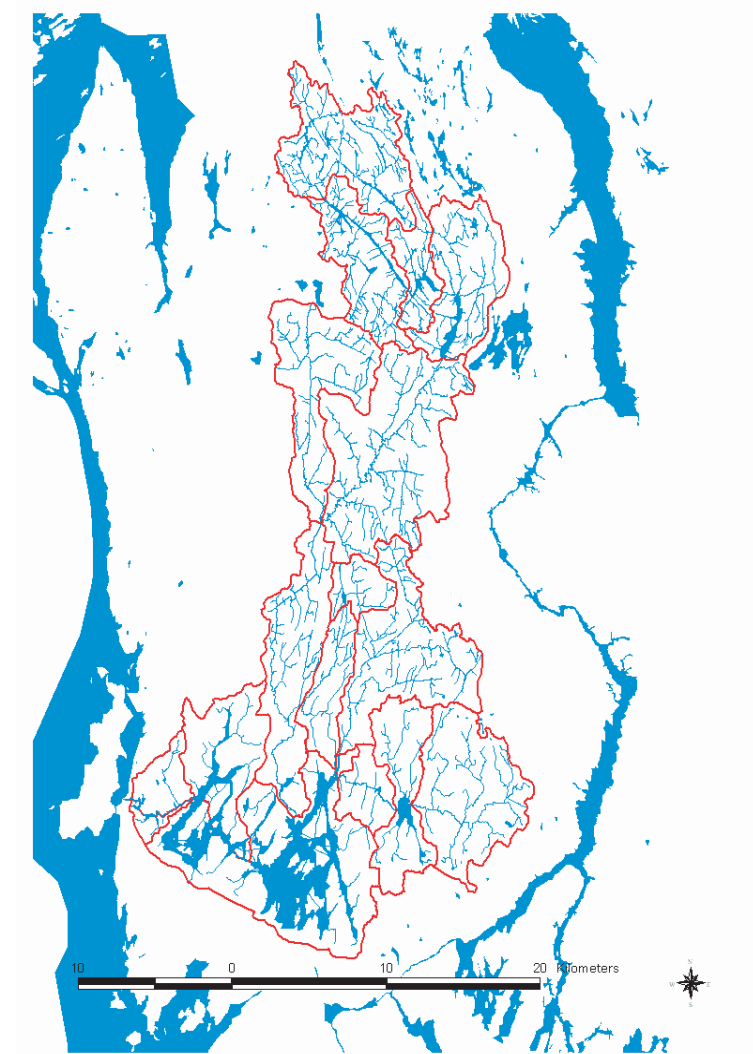




RAPPORT LNR 4894-2004

Restaurering av Vanemfjorden

Rapport fra workshop
i juni 2004



Hovedkontor

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

Sørlandsavdelingen

Televeien 3
4879 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
5005 Bergen
Telefon (47) 55 30 22 50
Telefax (47) 55 30 22 51

Akvaplan-niva

9296 Tromsø
Telefon (47) 77 75 03 00
Telefax (47) 77 75 03 01

Tittel Restaurering av Vanemfjorden. Rapport fra workshop i juni 2004	Løpenr. (for bestilling) 4894-2004	Dato 25.10.2004
	Prosjektnr. Udemnr. 24200	Sider Pris 33
Forfatter(e) Anne Lyche Solheim, NIVA, Per Gustav Stålnacke, NIVA, Marianne Beckmann, Jordforsk, Åge Brabrand, LFI, Univ. i Oslo, Knut Bjørndalen, NIVA, Stein Beldring, NVE, Tom Andersen, NIVA/Univ. i Oslo, Martin Sønndergaard, Danmarks Miljøundersøgelser, Helene Annadotter, Limnol. Inst., Lund, Sverige	Fagområde Eutrofiering ferskvann	Distribusjon
	Geografisk område Østfold	Trykket NIVA

Oppdragsgiver(e) Morsa-prosjektet	Oppdragsreferanse Helga Gunnarsdottir
--------------------------------------	--

Sammendrag

De økende eutrofieringsproblemene i Vansjø, Vanemfjorden i Østfold, var utgangspunktet for en workshop i juni 2004 om mulige restaureringsmetoder for å redusere disse problemene. Rapporten inneholder først korte sammendrag av presentasjonene av erfaringsgrunnlaget som ble framlagt på workshopen. Deretter følger oppsummering av diskusjonene, samt anbefalinger og konklusjoner fra gruppearbeid om tilførsler, tiltak og om mulige restaureringsmetoder for å forbedre den økologiske tilstanden. De viktigste anbefalingene er at fornyet tiltaksplanlegging bør utføres rundt vestre Vansjø/Vanemfjorden med spesiell fokus på jordbrukets bidrag, og at følgende fire restaureringstiltak utredes nærmere: 1. Endring av manøvreringsreglementet i Vansjø. 2. Utfisking av stor gjedde og gjøres for å få en større og mer effektiv rovfiskbestand. 3. Utfisking av karpfisk, i første omgang i en avgrenset del av Grepperødfjorden. 4. Utlegging av halmballer på lokale badeplasser.

<p>Fire norske emneord</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Eutrofiering 2. Restaurering 3. Fosfortilførsler 4. Tiltaksplaner 	<p>Fire engelske emneord</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Eutrophication 2. Restoration 3. Phosphorus-load 4. Programme of measures
--	--



Anne Lyche Solheim
Prosjektleder



Stig A. Borgvang
Forskningsleder



Nils Roar Sælthun
Forskningsdirektør

HOVEDRAPPORT

Rapport fra workshop om restaurering av Vanemfjorden

Dillingøy, 24.-25. juni 2004

Forord

Rapporten er skrevet på oppdrag fra Morsaprojektet, og er en oppsummering av en workshop om Vanemfjorden /Vestre Vansjø, som ble holdt på Dillingøy, 24.-25. juni 2004. Forfatterne takker for alle konstruktive kommentarer på utkast til rapporten fra Morsa-prosjektets leder, Helga Gunnarsdottir.

Oslo, 25.oktober 2004

Anne Lyche Solheim

Innhold

Sammendrag	6
Summary	8
1. Innledning	9
2. Oppsummering av presentasjonene	10
2.1 Innledning v. Helga Gunnarsdottir, Morsa-prosjektet	10
2.1.1 Tiltak i to faser	10
2.1.2 Status fosforreduksjoner	11
2.1.3 Hvorfor workshop?	12
2.2 Tiltaksanalysen for Morsa og senere års vannkvalitetsutvikling i Vansjø med vekt på Vanemfjorden, Anne Lyche Solheim NIVA	13
2.3 Mulige effekter av klimaendringer på vannføringen i Hobølrelva, Stein Beldring, NVE	13
2.4 Vannkvalitetsbaserte tilførselsberegninger til Vansjø generelt og Vanemfjorden spesielt, Per Stålnacke NIVA, supplerende kommentarer fra Marianne Beckmann, Jordforsk	14
2.5 Utvikling av algesituasjonen i Vansjø med hovedvekt på Vanemfjorden, Knut Bjørndalen NIVA	14
2.6 Fiskebiologiske undersøkelser i Vansjø – forvaltningstrategier, Åge Brabrand, Lab. Ferskvannøkologi og innlandsfiske, Universitetets naturhistoriske museer, Universitetet i Oslo	15
2.7 MyLake modellen og dens mulige anvendelser i Vansjø, Tom Andersen, NIVA og Univ. Oslo	16
2.8 Erfaringer fra forvaltning og restaurering av danske innsjøer, Martin Søndergaard, Danmarks Miljøundersøgelser	17
2.9 Reduksjon av giftige alger i Finjasjøen i Sverige vha. utfisking av karpefisk; Helene Annadotter, Limnologiske institusjonen i Lund	17
3. Anbefalinger fra gruppearbeid om tiltak og mulige restaureringsmetoder	19
3.1 Resultater fra gruppearbeid om eksterne fosfortilførsler til Vanemfjorden, Vansjø	19
<i>Per Stålnacke (NIVA), Marianne Bechmann (Jordforsk), Knut Bjørndalen (NIVA), Tom Andersen (Universitetet i Oslo / NIVA)</i>	19
3.1.1 Effekt av eventuell forandrede tilførsler på vestre Vansjø	20
3.2 Resultater fra gruppearbeid om innsjøinterne tiltak	23
<i>Anne Lyche Solheim, NIVA, Åge Brabrand, LFI, Univ. i Oslo, Helene Annadotter, Lunds Universitet og Martin Søndergaard, Danmarks Miljøundersøgelser</i>	23
3.2.1 Utfisking i Vanemfjorden	23
3.2.2 Høsting av sivvegetasjon	24
3.2.3 Endring av manøvreringsreglement	25
3.2.4 Fjerning og eller tildekking av sediment	26
3.2.5 Oksygenering og lufting	26

3.2.6 Flytting av Hobølelvas utløp fra Storefjorden til Grepperødfjorden	26
3.2.7 Andre tiltak	27
4. Konklusjoner med de viktigste anbefalingene	28
4.1 Eksterne tilførsler	28
4.2 Innsjøinterne tiltak	28
Vedlegg A. Program og deltagerliste for workshopen om Vanemfjorden, 24.-25. juni 2004	30

Sammendrag

Til tross for gjennomføring av betydelige tiltak for å redusere fosfortilførslene til Vansjø har utviklingen i vestre Vansjø (Vanemfjorden) vært klart negativ mht. vannkvaliteten. Hver sommer siden 2001 har det vært "badeforbud" i hele eller deler av vestre Vansjø pga giftige alger. Algeoppblomstringene i vestre Vansjø har de siste somrene startet tidligere og tidligere hvert år og er sommeren 2004 (med oppstart i slutten av mai) verre enn noen gang. Situasjonen er til meget stor ulempe for de fleste brukerinteressene. I tråd med tiltaksanalysen (Lyche Solheim m. fl. 2001) og Handlingsplan for Morsa og på bakgrunn av den forverrede situasjonen er det behov for å sette ekstra fokus på det vestlige Vansjøbassenget og om det er behov for å se på tiltaksarbeidet med nye øyne. Dette gjelder både de eksterne tilførslene og interne gjødslingsmekanismer.

Rapporten inneholder først korte sammendrag av presentasjonene av erfaringsgrunnlaget som ble framlagt på en workshop om restaurering av Vanemfjorden holdt på Dillingøy, 24.-25. juni 2004. Deretter følger oppsummering av diskusjonene, samt anbefalinger og konklusjoner fra gruppearbeid om tilførsler, tiltak og om mulige restaureringsmetoder for å forbedre den økologiske tilstanden i Vanemfjorden.

Resultater fra gruppearbeidet om eksterne fosfortilførsler til Vanemfjorden, Vansjø viste at nåværende måleserier i lokale bekker rundt vestre Vansjø er ikke tilstrekkelig lange til å gjøre en faglig vurdering av eventuelle tidstrender knyttet til effekter av iverksatte tiltak. Derved kan heller ikke noen god faglig vurdering gjøres på hvordan tilførslene påvirker den økologiske situasjonen. Tross denne usikkerhet fantes det indikasjoner på at tidligere tilførselsberegninger av total fosfor til vestre Vansjø nok kan være underestimert i størrelsesorden 100%. Mengden biotilgjengelig fosfor (målt som TRP) ser også ut å være høyere enn tidligere antatt. Til tross for at det fortsatt er store hull i kunnskapsgrunnlaget (f. eks. mangel på kvantitative tall på tilførsler over tid) er det ikke noe som tilsier at iverksatte tiltak ikke har hatt noen effekt. Det ble spesielt presisert at tiltakene for diffuse kilder (landbruk) i hovedsak har hatt størst effekt på det store nedbørfeltet oppstrøms Storefjorden. Når det gjelder jordbruksrettede tiltak var det full støtte for forslagene i Lyche Solheim m. fl. (2001). Det ble foreslått at en fornyet tiltaksplanlegging utføres rundt vestre Vansjø med spesiell fokus på jordbrukets bidrag. Også andre potensielle kilder må også vurderes og kartlegges (lekkasjer fra avløpsledninger, søppelfyllinger etc). Denne oppdaterte tiltaksplan foreslås å fokusere på mer detaljert informasjon om markanvendning spesielt knyttet til landbruket (gjødslingsnivåer, driftstype, jordtyper) for hvert enkelt delnedbørfelt. Dette vil gjøre faglige vurderinger av effekter av tiltak enklere samt muliggjøre koblinger mot målte konsentrasjoner i bekkene. Tallverdier på fosforstatus i jord (for eksempel P-A1) vil også gi verdifull informasjon om potensielt tap fra jordbruksarealer. Spesielt soner i nær tilknytning til vestre Vansjø bør vektlegges i en slik oppdatert analyse.

Gruppearbeid om innsjøinterne tiltak var fokusert på en diskusjon om følgende mulige tiltak:

(i) utfisking, (ii) høsting av sivvegetasjon, (iii) endring av manøvreringsreglement, (iv) fjerning og eller tildekking av sediment, (v) oksygenering og lufting, (vi) flytting av Hobølervas utløp fra Storefjorden til Grepperødfjorden, (vii) utlegging av halmballer og (viii) felling av fosfor med jernklorid eller aluminiumsulfat

Følgende 4 innsjøinterne tiltak for å framskynde responsen på forurensningsreduksjonen ble primært anbefalt:

1. Endring av manøvreringsreglementet, som angitt i avsnitt 3.2.3.
2. Hard beskatning av stor gjedde og gjørs. Dermed oppnås foryngelse og økte bestander av rovfisk, samt en bedre balanse mellom rovfisk og karpefisk som også kan ha positive effekter på vannkvaliteten.

3. Effekten av reduksjonsfiske på voksne individer av brasme, flire og mort sammenholdes mot andre internkilder, og utredes nærmere etter vurdering av internasjonale erfaringer. Det er sannsynlig at et reduksjonsfiske som gir nedgang i disse bestandene ikke fører til endret dyreplanktonsamfunn, men at effekten begrenser seg til redusert resirkulering av fosfor som skyldes fisk. Det er i dag ikke kjent hvor stort interngjødslingsbidraget fra fisk er. Etablering av en fiskesperre i innløpet til Grepperødkilen kan gi mulighet for en utprøving i en forholdsvis avgrenset del av vestre Vansjø.
4. Lokal utlegging av halmballer på utvalgte badeplasser i avsnørte bukter for å dempe algevekst

Disse tiltak og eventuelle ytterligere tiltak må også utredes når mer data om tilførsler til Vanemfjorden foreligger, slik at eksterne tilførsler og tiltak kan vurderes opp mot interne tilførsler og tiltak. Anbefalingene er basert på begrenset datagrunnlag kombinert med skjønn. Mangelen på data gjør det vanskelig å vurdere hvilke av disse tiltakene som har størst sannsynlighet for å gi en positiv effekt. Kost/nytte vurderinger kan ikke kvantifiseres uten bedre datagrunnlag.

Summary

Title: Restauration of Vanemfjorden- Report from a workshop in June 2004

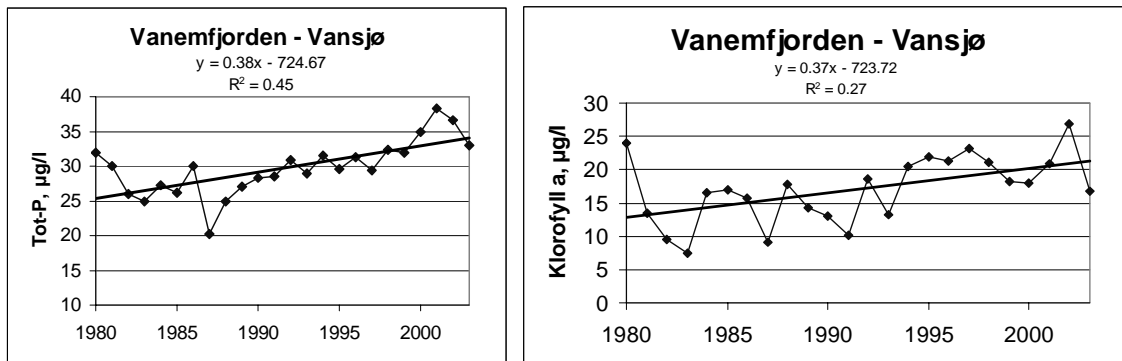
Year: 2004

Author: Anne Lyche Solheim, NIVA, Per Gustav Stålnacke, NIVA, Marianne Beckmann, Jordforsk, Åge Brabrand, LFI, Univ. i Oslo, Knut Bjørndalen, NIVA, Stein Beldring, NVE, Tom Andersen, NIVA/Univ. i Oslo, Martin Søndergaard, Danmarks Miljøundersøgelser, Helene Annadotter, Limnol. Inst., Lund, Sverige

Source: Norwegian Institute for Water Research, ISBN No.: ISBN 82-577-4581-2

1. Innledning

Til tross for gjennomføring av betydelige tiltak (se 2.1) for å redusere fosfortilførslene til Vansjø har utviklingen i vestre Vansjø (Vanemfjorden) vært klart negativ mht. vannkvaliteten (se figur 1). Hver sommer siden 2001 har det vært "badeforbud" i hele eller deler av vestre Vansjø pga giftige alger. Algeoppblomstringene i vestre Vansjø har de siste somrene startet tidligere og tidligere hvert år og er sommeren 2004 (med oppstart i slutten av mai) verre enn noen gang. Situasjonen er til meget stor ulempe for de fleste brukerinteressene.



Figur 1. Tilstandsutvikling for total fosfor og klorofyll a i Vanemfjorden fra 1980-2003. Data fra Fylkesmannen i Østfold, figur utarbeidet av NIVA. I slutten av juni 2004 ble det målt 50 µg /L totalfosfor og > 50 µg /L klorofyll a.

På denne bakgrunn er det nå stort behov for å vurdere om ytterligere tiltak bør settes i verk for å forbedre tilstanden i innsjøen. Morsa-prosjektet inviterte derfor nasjonale og nordiske eksperter til en workshop i slutten av juni, der ekspertene utvekslet erfaringer, drøftet potensielle tiltak og kom med anbefalinger om de mest aktuelle tiltakene.

Målet med denne rapporten er å gi en kort presentasjon av erfaringsgrunnlaget som ble framlagt på workshopen, gi en oversikt over de tiltakene som ble diskutert, og til slutt legge fram en liste over hvilke tiltak som ble anbefalt, både i nedbørfeltet og i innsjøen, med en kort begrunnelse for disse.

Det er viktig å påpeke at anbefalingene om tiltak må følges opp med nærmere utredninger før tiltakene evt. iverksettes, slik at man sikrer et tilstrekkelig godt faglig og budsjettmessig beslutningsgrunnlag for en restaureringsstrategi om hvilke tiltak som til slutt skal iverksettes.

Programmet for workshopen og listen over deltagere er gitt i 4.2 Vedlegg A.

2. Oppsummering av presentasjonene

2.1 Innledning v. Helga Gunnarsdottir, Morsa-prosjektet

Prosjektleder for Morsa-prosjektet innledet workshopen ved å orientere om vassdragets naturgrunnlag, betydning for brukerinteressene og den foruroligende utviklingen i i vestre Vansjø. Hun presenterte også historikken i Morsa-prosjektet, forklarte om tiltaksanalysen og oppfølgingen av denne, samt hvilke tiltak som så langt har blitt gjennomført.

Tiltaksanalysen for Morsa (Lyche Solheim m. fl. 2001) var et gjennombrudd for tiltaksarbeidet i vassdraget og den etterfølgende handlingsplanen bygger på denne. "Handlingsplan for Morsa 2002-2005" er en sammenstilling av kommunenes og landbrukets planer. Den bygger på politiske vedtak i kommunene, samt den enighet Morsa-prosjektet har oppnådd mellom bondelagene og regional og lokal landbruksforvaltning når det gjelder tiltak og virkemidler innen jordbruket. Formålet med Handlingsplanen er å foreta en enhetlig sammenstilling av utfordringene i nedbørfeltet og synliggjøre de omfattende felles forpliktelsene som det er enighet om å gjennomføre for å nå miljømålene for Vansjø-Hobølvassdraget. Handlingsplanen er enstemmig vedtatt i samtlige kommunestyrer.

2.1.1 Tiltak i to faser

Varigheten av de fosforreduserende tiltakene er delt opp i to tiltaksfaser. I løpet av tiltaksfase I (2002-2005) har en som mål å fjerne ca 6,5 tonn fosfor fra vassdraget. Det tilsvarer vannmiljømål 1 for Vansjø. I tiltaksfase II (2006-2008) må ytterligere 3 tonn fosfor fjernes for å nå det endelige vannmiljømålet. Tiltaksarbeidet i jordbruket kom for alvor i gang 2001 og i spredt bebyggelse i 2002.

Avløp

Tiltaksanalysen viste at avløp fra husholdninger bidro med ca 3,4 tonn fosfor til vassdraget og avløpssektoren må redusere tilførselen med 2,4 tonn. Samlet sett vil avløpstiltakene fra Morsa-prosjektet startet opp og til en er i mål koste minimum 310 millioner kroner. Det bør også bemerkes at Morsa-kommunenes samlede avløpsinvesteringene i vassdraget fra 1965-2003 er på ca 350 millioner kroner. I perioden 1999-2003 er det gjennomført avløpstiltak i vassdraget for 105 millioner. Effekten av disse tiltakene er foreløpig anslått til ca 0,6 tonn fosfor. Om lag 450 boliger i spredt bebyggelse er nå enten koblet til kommunalt avløp eller har installert egne rensesanlegg.

Jordbruk

Jordbruket tilfører vassdraget ca 11 tonn fosfor per år og må redusere sine tilførsler med drøyt 7 tonn. Jordbrukstiltakene blir tatt hånd om av kommunene og lokale bønder og finansiert gjennom jordbruksavtalen. Lokale bønder har i løpet av de tre siste årene gjennomført et imponerende løft og fjernet ca 4 tonn med fosfor. Effekten av de viktigste jordbrukstiltakene framkommer av tabell 2. Tabell 1 gir en oversikt over tiltaksgjennomføringen for de viktigste tiltakene i jordbruket fra 1999 til siste årsskifte.

Sektorovergripende tiltak

I tillegg til avløps- og jordbrukstiltak (fosforreduserende tiltak) beskriver Handlingsplanen for Morsa også en rekke sektorovergripende tiltak som er nødvendige å gjennomføre, men som det av forskjellige årsaker ikke har vært mulig å arbeide med ennå. Dette skyldes dels manglende midler og dels manglende kunnskapsgrunnlag og prioritering. Det er svært viktig å få satt fokus på disse tiltakene framover samtidig som en fortsetter med avløps- og jordbrukstiltak. Disse tiltakene er: Erosjonssikring av elveskråninger og bekkekanter, endret manøvreringsreglement for Vansjø og flombegrensende tiltak samt innsjøinterne tiltak som må utredes. Etter møte med NVE 21. juni 2004 er Vansjøkommunene enige om å finansiere utredning av om en endret manøvrering av Vansjø vil kunne

ha en positiv effekt på vannkvaliteten i vestre Vansjø. I forbindelse med bedre manøvreringsreglement er det også behov for å se på mulighetene for å bedre flomkapasiteten i Mosseelvas utløp.

2.1.2 Status fosforreduksjoner

I løpet av høsten 2004 vil det bli foretatt en grundig gjennomgang av status for arbeidet med fosforreduksjonene. Tallene nedenfor i Tabell 2 og Figur 2 er å anses som foreløpige og er for en stor del basert på skjønn.

Tabell 1. Tiltaksgjennomføring i jordbruket 1999-2003

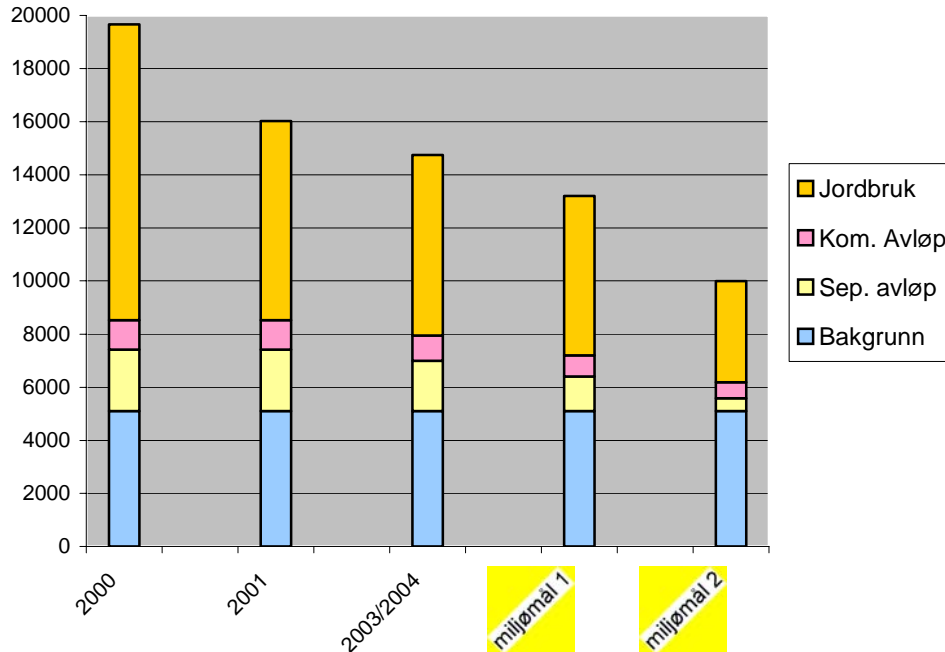
Tiltak	1999	2003/2004
Jordarbeiding	20-30% i stubb	Ca 60% i stubb
Fangdammer	4 (i Hobøl)	32 bygget > 10 planlagt
Veg. soner/bufferoner	0	100 km (7,5 m) / 800 daa
Bepantning langs vassdrag	0	15 km, 8000 planter (Våler og Hobøl)
Grasdekte vannveier	< 1 km	5 km
Driftsenheter med miljøplan	0	De aller fleste
Teoretiske tilførsler jordbruk	11 tonn	7 tonn*

* Reduksjonen på ca 4 tonn fosfor tilsvarer ca 350 lastebillass med jordpartikler

Tabell 2. Forsøk på kvantifisering av effekter av tiltak i forhold til endelig miljømål. Alle tall refererer til reduksjon i tonn fosfor per år.

Tiltakskategori	Endelig miljømål	Effekt per 31.12.03
Spredd bebyggelse	1,8	0,4
Kommunalt avløp	0,55	0,2
Redusert jordarbeiding	4,0	3,6
Fangdammer	1,5	0,4
Grasdekte vannførende dråg	0,2	0,1
Vegetasjonssoner	0,2	0,1
Tiltak som er vanskelig å kvantifisere *	1,25	-
Total fosforreduksjon i tonn	9,5	4,8

* Sikring av bekk/elvekanter mot erosjon, redusert gjødsling, økt grasareal, tiltak mot punktkilder i jordbruket, økologisk jordbruk, hydrotekniske tiltak, bufferoner/sikring av flomutsatte arealer, større våtmarker, beplantning langs vassdrag



Figur 2. Fosfortilførsler i kg P slik disse ble beregnet i tiltaksanalysen 2000, tilførsler etter tiltak i jordbruket 2001, tilførsler i henhold til gjennomførte tiltak tabell 2 og tilførsler når miljømål 1 og 2 er nådd

Figur 2 er et forsøk på å framstille utviklingen av de teoretiske fosfortilførslene grafisk til en har nådd miljømålene i tiltaksanalysen.

2.1.3 Hvorfor workshop?

Sommeren 2001 ble situasjonen i vestre og nedre Vansjø akutt forverret med oppblomstring av giftige blågrønnalger. Oppblomstringen har fortsatt hver sommer siden og er i år verre og tidligere enn noen gang. I tråd med tiltaksanalysen (Lyche Solheim m. fl. 2001) og Handlingsplan for Morsa og på bakgrunn av den forverrede situasjonen er det behov for å sette ekstra fokus på det vestlige Vansjøbassenget og om det er behov for å se på tiltaksarbeidet med nye øyne. Dette gjelder både de eksterne tilførslene og interne gjødslingsmekanismer.

Det er omfattende og engasjerende debatt rundt Vansjø-saken og befolkningen har naturlig nok mange forslag til strakstiltak for å bøte på situasjonen. Noen av disse er; fiske ut all karpefisken, la rovfisken vokse seg stor, fjern sivet, fjern sedimentene, tilsett gift som dreper algene, tapp ut vannet regelmessig.

Hovedstyret for Morsa-prosjektet fattet den 10. mars 2004 vedtak om at prosjektet arrangerer et fagmøte om situasjonen i vestre Vansjø hvor en får inn forskjellige eksperter for å vurdere situasjonen og gi råd om hva som kan og bør gjøres både eksternt og internt. De viktigste problemstillingene framgår av programmet, se Vedlegg A.

2.2 Tiltaksanalysen for Morsa og senere års vannkvalitetsutvikling i Vansjø med vekt på Vanemfjorden, Anne Lyche Solheim NIVA

Forskningsleder Anne Lyche Solheim, NIVA, presenterte de viktigste punktene fra tiltaksanalysen for Morsa, som ble utført i samarbeid med Jordforsk i 2001. Denne omfattet:

- beregning av forurensningstilførsler fra de ulike delene av nedbørfeltet fordelt på sektorene jordbruk, spredt avløp og kommunalt avløp
- fastsetting av miljømål ut fra brukerinteresser og ut fra modell-beregninger av tålegrense for fosfor for begge innsjøbassengene i Vansjø (Storefjorden og Vanemfjorden)
- beregning av maksimalt akseptable fosfortilførsler og beregning av avlastningsbehov
- utredning av aktuelle tiltak for å oppnå nødvendig reduksjon av tilførslene
- beregning av kostnadseffektiviteten for de viktigste tiltakene, samt andre tiltak som lot seg kvantifisere
- foreløpig drøfting av aktuelle effekter av klimaendringer, samt mulige innsjøinterne tiltak

Fosfortilførslene til hele vassdraget totalt ble beregnet til 19,6 tonn per år. De menneskeskapte tilførslene ble i 2000 beregnet til 14,5 tonn, hvorav 76 % fra jordbruket, 16 % fra spredt avløp og 8 % fra kommunalt avløp.

Enkle modellberegninger viste at 65 % eller 9,5 tonn av de menneskeskapte fosfortilførslene må fjernes for ikke å overskride tålegrensen for Vansjø, som ble estimert til 11 µg/L totalfosfor for Storefjorden og 19 µg/L i Vanemfjorden.

Kvantifiserte tiltak innen jordbruket (der endret jordarbeiding er det viktigste enkelttiltaket), tiltak innen separate avløp (særlig på direkte utslipp og slamavskillere), samt utbedring av feilkoblinger på kommunale kloakkledninger vil fjerne drøyt 50 % av de menneskeskapte fosfortilførslene, mens andre tiltak innen jordbruk og avløpssektoren (særlig mot overløp og lekkasjer) vil kunne gi betydelige tilleggsgvinster, som sannsynliggjør oppnåelse av målet om 65 % reduksjon.

Vassdragsinterne tiltak som utfisking og regulering av vannstanden ble funnet å ha potensiale til å gi ytterligere forbedringer, men effekten er vanskelig å kvantifisere uten ytterligere utredninger. Klimaendringer vil kunne motvirke effekten av de iverksatte tiltakene og potensielt forverre dagens tilstand i vassdraget.

Foredraget ble avsluttet med en analyse av vannkvalitetsutviklingen i Vanemfjorden siden tiltaksanalysen, noe som viser at flommen i år 2000 sannsynligvis forårsaket en forverring av situasjonen i begge innsjøbassengene.

2.3 Mulige effekter av klimaendringer på vannføringen i Hobølelva, Stein Beldring, NVE

For perioden 1977-2000 er observerte meteorologiske data benyttet for å drive den hydrologiske modellen. For perioden 2001-2048 er meteorologiske data basert på RegClims regionale klimamodell benyttet. Den globale klimamodellen som gir randbetingelsene for den regionale modellen er Max-Planck-instituttets ECHAM/OPYC3 med utslippsscenarioet IS92a.

Mulige endringer i vannføringen på Østlandet:

- Scenariene indikerer at årsavløpet vil øke vest for vannskillet, men endre seg lite på østsiden.

- Vinteravløpet vil øke markert, og det ser ut til å bli økt høstvannføring. Vår og sommer vil bli tørrere unntatt i fjellet der vannføringen om våren kan øke som følge av at snøsmelting kommer tidligere.
- Variasjonene fra år til år blir like store som eller større enn i dagens klima.
- En alternativ modell indikerer en noe sterkere økning i regionen og en noe mindre økning på Vestlandet.

Mulig endring i forekomsten av flommer

- Større vårflommer i høyereliggende vassdrag på Østlandet (raskere snøsmelting)
- Mindre vårflommer i lavereliggende vassdrag
- Noe hyppigere flommer forventes om høsten

Endring i gjennomsnitt månedsvannføring fra 1977-2000 til 2001-2048

Kun små endringer forventes for Hobølelva. Modellene indikerer en meget svak økning i middelvannføringen, men de nedskalerte scenariene er forbundet med stor usikkerhet.

2.4 Vannkvalitetsbaserte tilførselsberegninger til Vansjø generelt og Vanemfjorden spesielt, Per Stålnacke NIVA, supplerende kommentarer fra Marianne Beckmann, Jordforsk

Estimeringen av fosfortilførselen til Vanemfjorden var basert på eksisterende måleserier i de lokale bekkene. Resultatene viste følgende:

- Målte P-konsentrasjoner i de lokale bekkene rundt vestre Vansjø har tilsynelatende høy tidsmessig variasjon
- Variasjonen i nivå i P-konsentrasjoner mellom bekker var også stor
- Basert på måleverdiene fant vi tegn på at tidligere tilførselsberegninger av total fosfor nok er underestimert i størrelsesorden 100 %.
- Mengden bio-tilgjengelig fosfor (målt som TRP) ser også ut å være høyere enn tidligere antatt.
- Vi vil imidlertid påpeke at disse vurderinger av totalfosfor og TRP fortsatt er høyst usikre. Dette skyldes fremst lav prøvetakingsfrekvens (ca 4 prøver per år) med overrepresentasjon av prøver fra lav vannføring. Vi noterer også at noen av målingene av TRP er høyere enn totalfosfor

Bedre kvantitative tall på tilførsler er også viktig for vurdering av den relative betydningen av interngjødslingen og tilførselen via Storefjorden kontra tilførsler fra lokalt delnedbørfelt. Vi foreslår derfor at prøvetakingsfrekvensen økes. I denne sammenhengen poengterer vi også viktigheten av en god beregning av vannbalansen i Vanemfjorden.

2.5 Utvikling av algesituasjonen i Vansjø med hovedvekt på Vanemfjorden, Knut Bjørndalen NIVA

Den første limnologiske undersøkelsen i Vansjø ble utført i 1964. Det ble her fastslått at Vansjø var inne i en eutrofierende utvikling, men at planktonet ennå kunne karakteriseres som mesotroft.

En ny limnologisk undersøkelse ble foretatt i 1976-1977. Der ble det påpekt at Vansjø siden 1964 hadde gjennomgått en rask eutrofiering, spesielt i det vestre hovedbassenget.

Flere undersøkelser har påvist betydelige horisontale forskjeller i algemengde i Vansjøs vannmasser. Det vestre hovedbasseng og i Grepperødfjorden-området har markert større algemengde enn det noe dypere østre hovedbasseng (Storefjorden).

De markerte forskjellene mellom de ulike bassengene skyldes hovedsakelig at bassengene nesten er atskilt av øyer, trange sund og høye terskler som gir dårlig vannutveksling mellom bassengene. Dette medfører at bassengene i stor grad kan betraktes som egne innsjøer.

Planteplanktonet i Vansjø er systematisk overvåket siden 1979. Overvåkingen av planteplanktonet i denne perioden har påvist en økende algemengde. I det vestre hovedbassenget er det i tillegg påvist en stadig større andel av blågrønnalger. De siste årene er det også registrert en markert økning i mengden av blågrønnalgen *Microcystis*. På forsommeren i år ble det påvist en masseoppblomstring av *Microcystis* med en biomasse på 2-3 ganger større enn det som har vært vanlig for total algebiomasse i dette bassenget de siste årene.

2.6 Fiskebiologiske undersøkelser i Vansjø – forvaltningsstrategier, Åge Brabrand, Lab. Ferskvannøkologi og innlandsfiske, Universitetets naturhistoriske museer, Universitetet i Oslo

De fiskebiologiske undersøkelsene har blitt utført på oppdrag fra Vansjø grunneierlag, Fylkesmannen i Østfold og Morsa-prosjektet, og støtter seg på erfaringer som er presentert i Brabrand og Lien (2004).

Fisk i grunne strandnære områder.

- Dette fiskesamfunnet observeres i det meste av Vanemfjorden, i Grepperødfjorden og i de strandnære og grunne områdene i Storefjorden. Dette er svært produktive områder for fisk. Fiskesamfunnet har bestander av gjedde, gjørs, abbor, hork og karpefiskartene brasme, flire, mort, laue, sørv og suter (utsatt i seinere tid). Det finnes svært tette bestander av brasme, flire og hork. Disse får økt tetthet ved eutrofiering, og holder gjerne til både i områder nær land og i åpne grunne områder med bløt mudderbunn uten undervannsvegetasjon. I motsetning til det pelagiske samfunnet utgjør gruntvannssamfunnet flere fiskearter, men gjerne med 2-4 dominante. Brasme og flire (som i Vansjø er svært like når det gjelder utseende) kan stedvis totalt dominere garnfangstene. De tolererer dårlige lysforhold, lave oksygenkonsentrasjoner og de anses som karakterarter for svært eutrofe lokaliteter med lite siktedyp. Dette er høyryggete arter som vanskelig tas av rovfisk, og stor brasme og flire er lite tilgjengelig byttfisk.
- Ved eutrofiering vil gruntvannssamfunnet endre seg mht. artssammensetning og dominans mellom arter etter et komplisert mønster. Fiskesamfunnet endrer seg både på grunn av økt produktivitet og ved at flere arter i gruppen karpefisk klarer seg godt med redusert siktedyp. Bløtbunn sammen med eutrofi akselererer utviklingen. Av rovfisk vil abbor og spesielt gjedde få dårligere habitatforhold, mens gjørs vil kunne profitere på økt eutrofi og redusert siktedyp, så lenge reproduksjonen opprettholdes.
- Forekomsten av krøkle i Vanemfjorden er uklar, og hork og mindre karpefisk er her viktigste byttfisk for gjørs. Området anses som viktig for produksjon av ål, forutsatt oppvandring gjennom Mossefossen.

Fisk i åpne pelagiske områder.

- Dette fiskesamfunnet finnes i Storefjorden (totaldyp ca 41 m) og i de forholdsvis dype (mer enn 20 m) fjordarmene Rosefjorden og Borgebunnfjorden. Fiskesamfunnet har **i**) i øvre vannlag periodevis bestander av laue, flire og mort ved horisontal vandring inn fra strandområdene og **ii**) under sprangsjiktet (dypere enn 8-10 m) faste bestander av krøkle, hork, lake og gjørs. Det er naturlig å dele dypområdene inn i to habitater; de frie vannmasser

(pelagisk sone) og de bunnære områder på dypt vann (profundal sone). Bortsett fra hork/lake i bunnområdene og karpesisk over sprangsjiktet, vil krøkle dominere i de frie vannmassene. Dypområdene i Storefjorden vurderes som viktig for krøkle, hork og lake som foretrekker kaldt vann, spesielt om sommeren. Om vinteren er dypområdene et antatt viktig overvintringsområde for det fiskesamfunnet som om sommeren er på grunt vann.

- Pungreke (*Mysis relicta*) er tidligere påvist på dypt vann i Storefjorden, men dens forekomst er ikke kjent utover dette. Det er imidlertid svært sannsynlig at det fortsatt er bestander av *Mysis* i Vansjø. Det er sannsynlig at *Mysis* utsettes for betydelig fiskepredasjon, og at lavere tetthet av fisk (hork og krøkle spesielt) øker bestanden av *Mysis*. Det gjelder sannsynligvis også i vestre Vansjø. I tillegg er det meget tett forekomst av fantommygglarven *Chaoborus*, som til dels har et pelagisk levevis.
- Ekkoloddundersøkelsen i Vansjø viste at bestanden i Storefjordbassenget og i Borgebunnfjorden totalt er dominert av småfisk, dvs. fisk i størrelsesgruppen 5-10 cm i vannlag dypere enn ca 10 m. Parallelt garnfiske påviste krøkle. Gjørs tatt på 12-16 meters dyp i Storefjorden hadde spist krøkle med størrelse 48-73 mm i store mengder og noe hork. Det relativt store innslaget av smågjørs (2-4 år) i garnfangstene viser at **gjørs** ➔ **krøkle** her er et dominerende ledd i næringskjeden.

Mens krøkle er byttefisk for gjørs i Storefjorden, er hork og ungstadier av karpesisk de viktigste byttefiskene i Vanemfjorden. Næringsforholdene for gjørs må vurderes som gode, og Vansjø både er og kan ytterligere forbedres for produksjon av gjørs. Forvaltning av gjørs bør utnytte bestanden av krøkle og ungstadier av karpesisk som byttefisk, og legge til rette for produksjon av gjørs. For å opprettholde god reproduksjon må det være god gytebestand og høy kvalitet på gyteområdene.

Kvikksølvinnholdet hos abbor, gjedde og gjørs var sterkt korrelert med lengde. Det ble målt kvikksølvverdier på 0,36 - 1,2 mg/kg hos abbor og for gjedde 0,28 - 1,6 mg/kg . Det var stor variasjon i kvikksølvinnholdet mellom enkeltindivider hos disse artene. For gjørs ble det registrert mindre variasjon og et lavere *maksimalnivå* (0,64 mg/kg), og det observerte kvikksølvnivået hos gjørs var høyere i Storefjorden (0,46 - 0,64 mg/kg) enn i Vanemfjorden (0,23 - 0,46 mg/kg).

2.7 MyLake modellen og dens mulige anvendelser i Vansjø, Tom Andersen, NIVA og Univ. Oslo

Vansjø er brukt som en case i EU-prosjektet "Benchmark models for the water framework directive" (BMW), der NIVA har gjort en tilpasning av den generelle innsjømodellen MyLake 1.1 (Saloranta og Andersen 2004) til Vansjø. MyLake simulerer i utgangspunktet temperatur og isforhold i 2 dimensjoner (dyp og tid), basert på innsjøform og generelle meteorologiske data. Resultatene viser at MyLake beskriver observerte is- og temperaturforhold med forbløffende presisjon, trass i at Vansjø har en kompleks bassengform som burde være langt fra ideell for denne typen modeller. MyLake inneholder også en enkel vannkvalitetsmodul som simulerer totalfosfor og klorofyll med vekt på eksterne tilførsler og vertikale transportprosesser (inkludert interne tilførsler). Denne modulen, som fremdeles er på utprøvningsstadiet, er i stand til å reprodusere hovedtrekkene i tidsutviklingen av klorofyll og totalfosfor de siste 20 årene. Det må her understrekes at en til nå har konsentrert seg om å modellere hele Vansjø som et horisontalt velblandet system, og ikke gjort forsøk på å representere delbassenger som f.eks. Vanemfjorden. Transport og adsorpsjon av fosfor knyttet til uorganiske partikler (erosjonsmateriale fra landbruket) utpeker seg som det viktigste innsatsområdet for å forbedre modellens utsagnskraft. For å få en bedre representasjon av disse prosessene kommer en imidlertid ikke utenom å samle inn nye data og å gjøre noen enkle laboratorieforsøk. En forbedret Vansjø-modell

vil kunne være et effektivt verktøy for vurdere effekter av tiltak i nedbørfeltet, og også for å skille mellom menneskelige og klimatiske effekter på vannkvaliteten i Vansjø.

2.8 Erfaringer fra forvaltning og restaurering av danske innsjøer, Martin Søndergaard, Danmarks Miljøundersøgelser

De fleste danske innsjøer er eutrofe pga. høye næringstilførsler. Generelt er næringsstagnivået i danske innsjøer betydelig høyere enn i Norge pga. større menneskeskapt belastning og følgelig er innsjøene mer eutrofe (næringsrike). Mange punktkilder har blitt betydelig redusert de siste 10-30 årene i Danmark, men belastningen er likevel fortsatt høy i mange innsjøer. Mesteparten av nitrogen og fosfortilførslene idag kommer fra jordbruksområder. Mange innsjøer er også utsatt for intern gjødsling av fosfor fra det lageret som ble bygget opp i sedimentene i perioden med høye eksterne fosfortilførsler. Derfor er det ofte betydelig forsinkelse i forbedringen av tilstanden etter at de eksterne tilførslene har blitt redusert. Denne forsinkelsen, som skyldes intern gjødsling, kan vare i 10-15 år eller lenger, fordi fosforlageret i sedimentene er så stort. Pga. de næringsrike forholdene vil fiskearter som mort og brasme ofte dominere fiskesamfunnet. Dette er arter som spiser dyreplankton eller bunnfauna i sedimentene. Dette kan også forsinke innsjøenes respons på reduserte eksterne fosfortilførsler, fordi høy fiskepredasjon på dyreplanktonet vil fortsette lenge etter reduksjonen i tilførsler, og fordi fiskens roting i sedimentene bidrar til intern gjødsling.

Mange restaureringstiltak har vært brukt for å forbedre vannkvaliteten i danske innsjøer. De mest brukte tiltakene er biomanipulering ved fjerning av mort og brasme, men også ved utsetting av rovfisk, som f.eks. gjedde. Effekten av disse restaureringstiltakene varierer mye. Sjansene for en vellykket restaurering øker dersom mye fisk fjernes (> 80 % av fiskebestanden av de aktuelle artene ned til en bestandstetthet på under 100 kg/ha), og dersom fisken fjernes i løpet av få år. Det er også en viktig betingelse at de eksterne tilførslene har blitt tilstrekkelig redusert, ellers vil innsjøen raskt gå tilbake til den dårlige tilstanden den hadde før restaureringstiltakene ble gjort. Langtidsstabilitet av effekten av restaureringstiltak er fortsatt ikke godt dokumentert, og i noen innsjøer er det sannsynligvis nødvendig å gjenta biomanipuleringen inntil man har oppnådd stabile klarvannsforhold.

2.9 Reduksjon av giftige alger i Finjasjøen i Sverige vha. utfisking av karpefisk; Helene Annadotter, Limnologiske institusjonen i Lund

Problemene med masseoppblomstring av blågrønnalger i innsjøer er fortsatt betydelige på tross av mer en 40 års vannforskning rundt temaet. Rensetiltak på avløpsvann har redusert fosfortilførslene til innsjøene, men har i mange tilfeller ikke resultert i forbedring av vannkvaliteten. Interne fosfortilførsler fra sedimentene er ofte årsaken til at innsjøene ikke responderer på tiltakene. Denne presentasjonen oppsummerer hvordan vannkvaliteten i en slik innsjø, som har vært påvirket av en kraftig intern fosfortilførsel, ble betydelig forbedret etter restaurering ved hjelp av "biomanipulering".

På 1920-tallet var vannet i innsjøen "klart" med et siktedyp på ca to meter. Første halvdel av forrige århundre ble innsjøen tilført mye urensset kloakk. På 1940-tallet ble innsjøen mer turbid og oppblomstringer av blågrønnalger begynte. Selv 16 år etter at fosforrensing av avløpsvann var gjennomført forekom masseoppblomstring av blågrønnalger. På 1980-tallet fortsatte oppblomstringene og det ble vedtatt å restaurere innsjøen

Biomanipulering 1992-1994

Fiskesamfunnet i Finjasjøen var dominert av zooplanktonspisende fisk (72 %), hovedsakelig brasme og mort. Reduksjonsfiske av karpefisk (400 tonn) ble gjennomført med tråler fra oktober 1992 til juni

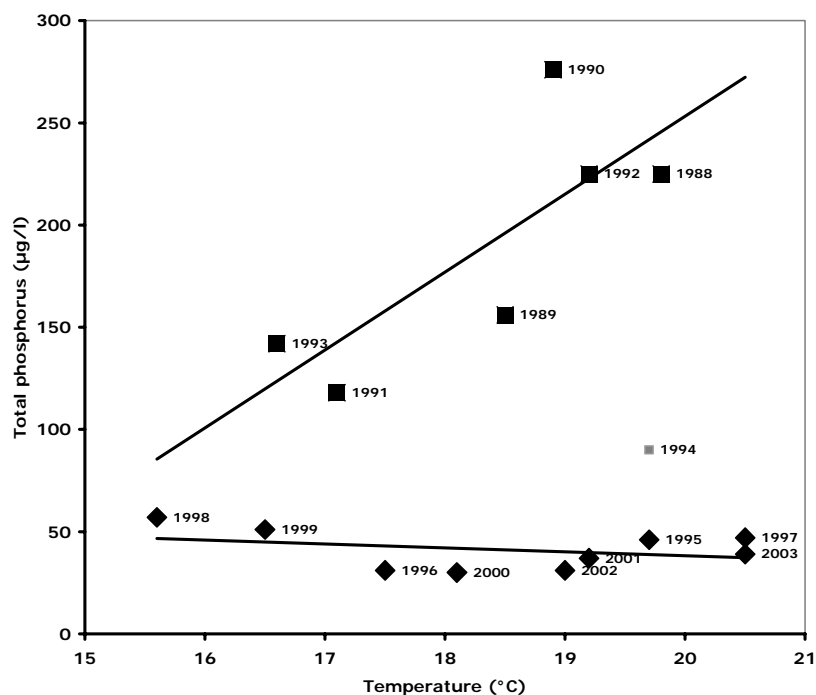
1994. Hensikten med utfiskingen var å redusere fiskens nedbeiting av algespisende dyreplankton ved å endre fiskebestandene. All rovfisk som ble fanget ble sluppet ut igjen etter sortering på dekk. Tidligere undersøkelser har antatt at en kun ville oppnå langtidseffekt av fiskemanimulering hvis de ytre fosfortilførselene var på mindre enn $0,5\text{--}2,0 \text{ g m}^{-2} \text{ år}^{-1}$ (Benndorf 1987; Jeppesen et al. 1990). Den eksterne tilførselen til Finjasjøen var på $0,4 \text{ g m}^{-2} \text{ år}^{-1}$.

Effekter av utfisking

I 1990-1992 var gjennomsnittlig siktedyp på 0,3-0,6 meter. Siktedypet ble drastisk forbedret etter utfiskingen og var i perioden 1995-2003 1,0-2,1 meter. Denne forandringen hadde en klar sammenheng med redusert mengde av planteplankton og endring i planktonets artssammensetning. Før utfiskingen dominerte arter av *Microcystis* i vekstperioden, mens planteplanktonsamfunnet etter 1994 kun unntaksvis var dominert av blågrønnalger. Bedre lysforhold etter utfiskingen førte til økt forekomst av vannplanter. Vadefugler som hadde forsvunnet fra innsjøen på 1970-tallet ble igjen vanlig som følge av rask kolonisering av vannplanter og økt siktedyp. I 1992 var ca 1 % av innsjøen dekket av vannplanter. I perioden 1995-2003 var 10-30 % av innsjøbunnen dekket med vannplanter.

Etter utfiskingen ble både totalfosforinnholdet og den interne gjødslingen dramatisk redusert. Før utfiskingen var det en positiv korrelasjon mellom total fosfor og temperatur, men etter utfiskingen var det ingen sammenheng, og fosforinnholdet var mye lavere, uavhengig av temperatur (figur 3). Den sterke reduksjonen av total fosfor stemmer overens med en del andre studier angående reduksjon i planktonspisende fisk (Søndergaard et al. 1990)

Resultatene av denne innsjørestaureringen viser at det er mulig å redusere kraftig interngjødsling uten å fjerne fosforrike sedimenter. Den kraftige nedgangen i giftige blågrønnalger forbedret innsjøens potensiale som råvannskilde og styrket byens verdi som rekreasjons- og turistområde.



Figur 3. Sammenheng mellom sommermiddelverdier av temperatur og totalfosfor i Finjasjön, Sverige i perioden 1988-2003. Den øvre regresjonslinjen ($r^2 = 0,61$) er basert på verdier før utfiskingen, og den nedre linjen ($r^2 = 0,11$) er basert på verdier etter utfiskingen.

3. Anbefalinger fra gruppearbeid om tiltak og mulige restaureringsmetoder

Gruppearbeidet om aktuelle tiltak ble delt i to, der gruppe 1 fokuserte på utvikling av vannkvaliteten og behov for eksterne tiltak, dvs. tiltak for å begrense fosfortilførsler fra nedbørfeltet til Vanemfjorden, mens gruppe 2 fokuserte på innsjøinterne tiltak. Nedenfor følger en oppsummering av de viktigste punktene som ble diskutert og de konklusjoner / anbefalinger som ble gitt av gruppene.

3.1 Resultater fra gruppearbeid om eksterne fosfortilførsler til Vanemfjorden, Vansjø

Per Stålnacke (NIVA), Marianne Bechmann (Jordforsk), Knut Bjørndalen (NIVA), Tom Andersen (Universitetet i Oslo / NIVA)

Formål

Hovedformålet med denne del av workshopen var å diskutere følgende spørsmål:

- Er tidligere beregninger av fosfortransport underestimert?
- Kan tilførselen av P fra nedbørfeltet forklare økologisk situasjon i Vanemfjorden?

Tilførsel av fosfor

- Den tidligere utførte Vansjø-studien av Lyche Solheim m. fl. (2001) indikerte at fosfortilførslen via de lokale tilførselsbekkene til Vanemfjorden er i størrelsesorden 1300-1700 kg. Dette kan sammenlignes med en beregnet tilførsel fra Storefjorden på 5429 kg. Beregninger i denne tidligere studie var imidlertid basert kun på ett fåtall målte konsentrasjoner i bekkene rundt Vanemfjorden. Vi baserte våre beregninger på nyere målinger i bekkene (Tabell 3; Fig. 4).
- Målte P-konsentrasjoner i de lokalebekkene rundt Vanemfjord har tilsynelatende høy tidsmessig variasjon (Fig. 5).
- Variasjonen i nivå i P-konsentrasjoner mellom bekker var også stor (Fig. 6).
- Basert på måleverdiene fant vi tegn på at tidligere tilførselsberegninger av total fosfor nok er underestimert i størrelsesorden 100 %.
- Mengden biotilgjengelig fosfor (målt som TRP) ser også ut å være høyere enn tidligere antatt.
- Vi vil imidlertid påpeke at disse vurderinger av totalfosfor og TRP fortsatt er høyst usikre. Dette skyldes først og fremst lav prøvetakingsfrekvens (ca 4 prøver per år) med overrepresentasjon av prøver fra lav vannføring.
- Vi foreslår at prøvetakingsfrekvensen økes til ukentlig (alternativt hver 14.dag som i Hobølelva) i 3-4 utvalgte og "representative" bekker. De 2 største bekkene – Augerødbekken (8.2km²) og Gashusbekken (4.8 km²) bør i denne sammenhengen vurderes. Hananbekken og Støabekken med sterke indikasjoner på høye fosforverdier er to andre aktuelle bekker for mer intens prøvetaking. Huggenes- eller Kapteinbekken bør også vurderes for å få med en bekk som representerer intensivt jordbruk i Rygge samt betydningen av E6, flyplassen og eventuelle kloakkutslipp. Supplerende målinger under regnvær eller andre spesielle episoder, eller eventuelt volumproporsjonale blandprøver (som i JOVA-programmet) bør også vurderes i et tidsbegrenset pilotprosjekt (6-12 måneder).
- Vi noterer også at noen målinger av TRP er større enn totalfosfor.
- Bedre kvantitative tall på tilførsler er også viktig for vurdering av den relative betydningen av interngjødslingen og tilførselen via Storefjorden. I denne sammenhengen poengterer vi også viktigheten av en god beregning av vannbalansen i vestre Vansjø. Ekstrapolering av hydrologiske tall fra vannføringsstasjonen i Hobølelva kan gi store feil, spesielt i de mange småbekkene rundt vestre Vansjø.

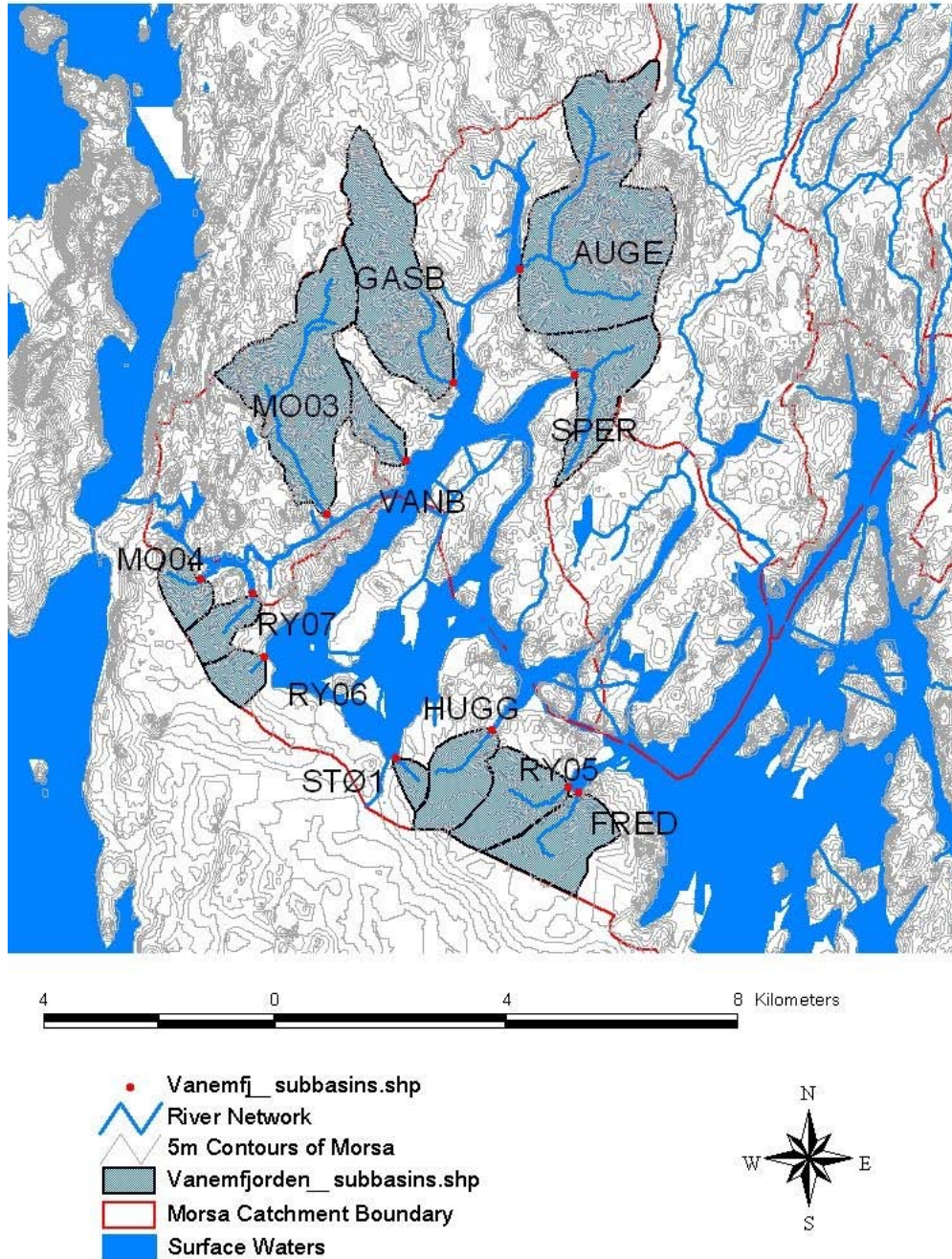
3.1.1 Effekt av eventuell forandrede tilførsler på vestre Vansjø

- Nåværende måleserier i lokale bekker rundt vestre Vansjø er ikke tilstrekkelig lange til å gjøre en faglig vurdering av eventuelle tidstrender knyttet til effekter av iverksatte tiltak. Derved kan heller ikke noen god faglig vurdering gjøres på hvordan tilførslene påvirker den økologiske situasjonen.
- Den tidsmessige variasjonen i fosforkonsentrasjoner og derved også fosfortilførselen kan være ekstremt høy. Dette gjelder i hovedsak bekker med stort bidrag fra jordbruk. Studier fra Jordforsk har vist at under ekstreme værforhold kan så mye som 90 % av årstransporten til en bekk renne av under en meget begrenset tid (et døgn), spesielt for nedbørfelt hvor fosfortilførsler er knyttet til erosjon. Imidlertid er erosjonen rundt vestre Vansjø mest sannsynlig lav pga lave høydeforskjeller og til dels silt/sanddominerte delnedbørfelt.
- Vi noterer også den store variasjonen mellom år i selve Vanemfjorden for fosfor, klorofyll og algesammensetting. Til stor del skyldes det nok naturlig variasjon i hydrometeorologiske forhold. Disse årsvariasjoner i klima forårsaker også endringer i fosfortransport via bekkene. Årsakssammenhengene er dog vanskelige å vurdere men vi vil som oppfølging prøve å normalisere eksisterende vannkvalitetsdata, hvilket kan gi en indikasjon på betydningen av klima på forholdene i Vanemfjorden.
- Til tross for at det fortsatt er store hull i kunnskapsgrunnlaget med f. eks mangel på kvantitative tall av tilførsler over tid er det ikke noe som tilsier at iverksatte tiltak ikke har hatt noen effekt. Vi noterer dog at tiltakene for diffuse kilder (landbruk) i hovedsak har hatt størst effekt i det store nedbørfeltet oppstrøms Storefjorden. Vi foreslår at en fornyet tiltaksplanlegging utføres rundt vestre Vansjø med spesiell fokus på jordbruket og dets bidrag. Også andre potensielle kilder må vurderes og kartlegges (lekkasjer fra avløpsledninger, søppelfyllinger etc)
- Vi foreslår også at det for hvert delnedbørfelt også samles inn mer detaljert informasjon om arealbruk spesielt knyttet landbruket (gjødslingsnivåer, driftstype, jordtyper). Dette vil gjøre faglige vurderinger av effekter av tiltak enklere samt muliggjøre koplinger mot målte konsentrasjoner i vannløpene. Tallverdier på fosforstatus i jord (for eksempel P-A1) vil også gi verdifull informasjon om potensielt tap fra jordbruksarealer.
- Når det gjelder jordbruksrettede tiltak støtter vi fullt ut forslagene i Lyche Solheim m. fl. (2001). Spesielt soner i nær tilknytning til vestre Vansjø bør vektlegges i en slik oppdatert analyse. Buffersoner og konstruerte våtmarker (fangdammer) bør vurderes. Disse har dokumentert bra effekt når en har erosjonsutsatte (flomutsatte) arealer, mens rundt vestre Vansjø virker det som om løst P dominerer mye av fosfortransporten. Derved risikerer en at slike tiltak ikke vil gi særlig effekt siden mye av løst P transporteres via drepsrør.

Tabell 3. Prøvetakingsdata og nedbørfeltareal i bekkene rundt Vanemfjorden

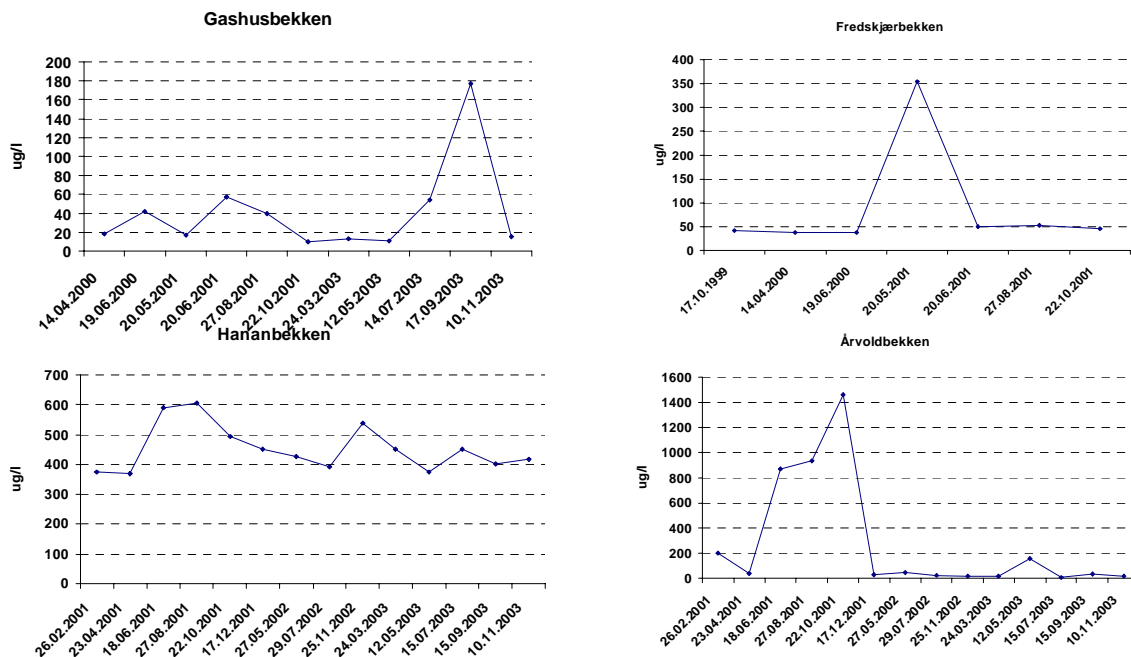
Stream name	Area (km ²)	No.of samples
Støabekken I	0,2	7
Støabekken II	0,2	3
Augerødbekken	8,2	7
Fredskjærbekken	2,0	7
Gashusbekken	4,8	11
Hananbekken	0,8	14
Huggenesbekken	1,6	7
Kapteinsbekken	1,9	15
Sperrebottenbekken	2,5	7
Vanembekken	0,8	12
Årvoldbekken	0,7	14
Sum	23,7	104

Vanemfjorden Sub-Basins

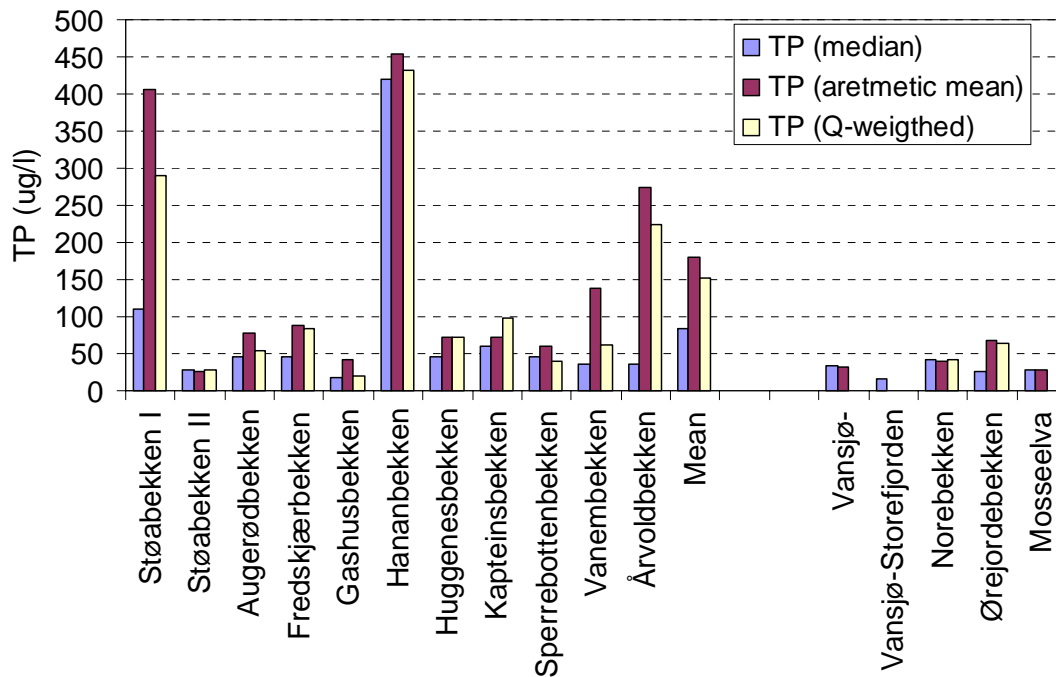


Figur 4. Delnedbørfelt i Vanemfjorden.

Examples of temporal variability in TP concentrations



Figur 5. Eksempler på tidsutvikling i total fosfor konsentrasjoner i et utvalg av bekker rundt Vanemfjorden.



Figur 6. Middelkonsentrasjoner av total fosfor i bekkene rundt Vanemfjorden

3.2 Resultater fra gruppearbeid om innsjøinterne tiltak

Anne Lyche Solheim, NIVA, Åge Brabrand, LFI, Univ. i Oslo, Helene Annadotter, Lunds Universitet og Martin Søndergaard, Danmarks Miljøundersøgelser

3.2.1 Utfisking i Vanemfjorden

Utfisking av karpefisk er et av mulige tiltak som er berørt i tiltaksanalysen og hvor en anbefaler nærmere utredning av effekter og kostnadseffektivitet. Handlingsplanen for Morsa omhandler fisketiltak (kap 3.5.2 og 3.6.3) og det ble i 2002 inngått et samarbeid mellom Vansjø grunneierlag, Fylkesmannen i Østfold og Morsa-prosjektet om å finansiere fiskeribiologiske undersøkelser i Vansjø. Disse undersøkelsene skulle danne grunnlag for videre forvaltning av fiskeressursene - spesielt rovfiskbestanden - herunder beskatning og evt. utfisking med sikte på å bedre vannkvaliteten. Utkast til rapporten (Brabrand og Lien 2004) forelå da workshopen ble gjennomført og innspill fra workshopen er innarbeidet i rapportens endelige versjon. Workshopen har sluttet seg til følgende anbefalinger:

Drift og forvaltning

I Vansjø anbefales at antall stor og gammel fisk i bestandene av fiskespisende fisk beskattes hardt. Høy andel gamle individer i bestandene av gjedde og gjørs tyder på at beskatningen er liten. Utfisking av stor gjedde anbefales for å forvalte rovfiskbestandene på en bedre måte, slik at bestandsforyngelse, økt fangstutbytte av rovfisk og økt utnyttelse av småfisk som bytte er de primære siktemålene. Det betyr at hard beskatning tillates etter kjønnsmodning. Dette gjelder spesielt for gjedde, der det bør skje en betydelig beskatning på gjedde større enn 60 cm. Siden stor gjedde er en utpreget kannibal vil en redusert bestand av gammel gjedde gi økt bestand av små- og mellomstor gjedde og mellomstor abbor. Smågjedde og mellomstor gjedde og abbor har preferanse for mindre byttefisk enn stor gjedde, og dette vil gi økt konsum av liten karpefisk. Dette gjelder også for gjørs, der også beskatningen på fisk større enn 60 cm økes. Dette tiltaket må foregå kontinuerlig gjennom et årlig organisert fiske. Dersom dette fiske opphører vil bestanden ganske raskt på nytt få en stor andel stor gjedde. Bestandsstrukturen må overvåkes.

Følgende oppnås ved hardt fiske på gammel fisk:

- En større andel av gjedde- og gjørsbestanden vil bestå av yngre fisk i god vekst.
- Kannibalismen reduseres og rekrutteringen vil øke. Andel og total tetthet av små- og mellomstor gjedde og gjørs vil øke.
- Økt tetthet av fiskespisere gir mulighet for økt beskatning.
- Økt tetthet av små og mellomstor gjedde og gjørs fører til høyere predasjon på krøkle, hork og yngre stadier av karpefisk. Det forventes en bedre balanse mellom rovfisk og karpefisk.
- Siden kvikksølvinnholdet øker med alder og størrelse, vil en økt andel yngre individer bety lavere kvikksølvinnhold.

Utover forvaltning av rovfiskbestandene er det diskutert hvorvidt reduksjon av karpefisk kan redusere algemengder. Uttak av stor karpefisk (større enn 10 cm) vil kunne øke rekrutteringen av karpefisk, noe som øker bestanden av tilgjengelig byttefisk for smågjedde. Uttak av voksen brasme og flire, som pga. sin høyryggete kroppsfasong er lite egnet som byttefisk, kan gjøre disse bestandene mer tilgjengelige for rovfisk. Nyetablert bestand av suter kan øke betydelig på sikt, og suter må da inngå i denne gruppen.

Redusert bestand av voksen karpefisk (brasme, flire, mort) vil med stor sannsynlighet ikke øke mengden algespisende dyreplankton (pga. *Mysis*, krøkle og evt. økt rekruttering), men kan, dersom det

gjennomføres på bestemte vilkår, redusere disse artenes resirkulering av næringssalter fra bunnen i grunne områder. Fiskens konsum av bunnsedimenter øker sannsynligvis vinddrevet resuspensjon. Summen av dette på vannkvaliteten er vanskelig å vurdere, og ikke minst bidraget fra fisk målt mot interne gjødslingsfaktorer. Det kan imidlertid ikke forventes enkle sammenhenger mellom bestandsreduksjon av fisk og endret mengde.

Som en oppsummering kan man si at det mest effektive tiltaket trolig vil være foryngelse av gjeddebestanden: Uttak av stor gjedde over 60 cm forventes å øke rekrutteringen av gjedde. Vi vil da etter hvert oppnå redusert kvikksølvinnhold i fisken, og større andel av mellomstor gjedde som har preferanse for småfisk som byttefisk. Dette kan bidra til å redusere antall småfisk og ha en viss bestandsregulerende effekt på bestanden av karpefisk.

Redusert bestand av voksne individer av høyryggete arter (primært brasme og flire), for å oppnå redusert av oppvirvling av sediment, og dermed intern gjødsling av fosfor bør utredes nærmere. Siden fiskens bidrag ikke er kjent må dette tiltaket vurderes mot andre internkilder.

Finland har mye erfaringer med denne type tiltak, der man arbeider med oppfisking i innsjøer på over 100 km² og med oppfisking av karpefisk på flere hundre tonn pr år (opp til 350 tonn/år). Oppfiskingen skjer primært fra is, og ser ut til å ha betydelige effekter på vannkvaliteten. Denne form for restaurering bør derfor ikke avskrives på forhånd i Vanemfjorden.

Denne type tiltak bør evt. først utprøves i liten skala, for eksempel i Grepperødfjorden (ved fysisk avstengning av Grepperødfjorden).

3.2.2 Høsting av sivvegetasjon

Nedråtning av sivvegetasjon (takrør, sjøsivaks, dunkjevle) frigjør næringsstoffer. Høsting av denne kan muligens redusere denne resirkuleringen av fosfor og nitrogen. Det beste tidspunktet for høsting er trolig på sensommer/tidlig høst (første halvdel av september) når vegetasjonen er på sitt frodigste. Årlig kutting med slåmaskin på sensommer/tidlig høst kan muligens bidra til å redusere fosforinnholdet i sedimentene i strandsonen. For å kunne si noe om effekter av et slikt tiltak må vegetasjonen kartlegges (skjer nå i sommer), fosforinnholdet beregnes og vurderinger gjøres av hvor mye dette kan bety i forhold til andre tiltak for reduksjon av fosfor.

Mulige negative effekter kan være redusert retensjon av næringssalter i avrenning fra land, slik at en større andel kommer ut i vannmassen og ikke holdes tilbake i vegetasjonsbeltet. Derfor er det primært det ytre beltet av vegetasjon som kan komme i betraktning mht. høsting, dersom beregningene skulle vise at dette kan fjerne en betydelig andel av fosforet i innsjøen. Foreløpige vurderinger tilsier at det er lite sannsynlig at dette vil ha stor betydning, da det er store sedimentarealer som er uten vegetasjon.

Gjentatt uttak og kutting av sivvegetasjon kan også medføre at den forsvinner helt. Effekten av kutting av vannplanter er avhenging av hvilken art som kuttes. Basert på samlet erfaring (1972-1986) fra Finland kan det konstateres at dunkjevle (*Typha*) forsvant helt etter kun få kuttinger og at siv (*Scirpus*), takrør (*Phragmites*) og stor piggeknope (*Sparganium erectum*) forsvant helt etter ca 4 klippinger. En eliminering av takrør (*Phragmites*) kan virke negativt på gjedde-bestanden, spesielt for de mindre gjeddene. Historiske data peker på at overvannsvegetasjon er positiv for gjedde, spesielt for 0+ gjedde. Overvannsvegetasjon anses å være den faktor som bestemmer gjeddens bestandstetthet. En grunn til at overvannsvegetasjonen er så viktig for gjedden er at den forekommer hele året. Den utgjør et gjemmede for smågjedder og beskytter dem mot intraspesifikk predasjon (kannibalisme fra større gjedder) om vinteren, når de yngre gjeddene også er utsatt for matmangel.

Trolig er det derfor lite å hente på høsting av sivvegetasjon, men gruppen anbefaler likevel at dette tiltaket utredes nærmere etter at vegetasjonen er kartlagt høsten 2004.

3.2.3 Endring av manøvreringsreglement

Mulig endring av manøvreringen for Vansjø er et av flere tiltak som behandles i tiltaksanalysen og er en del av Handlingsplanen for Morsa. Med bakgrunn i Handlingsplanens mål har Fylkesmannen i Østfold og Morsa-prosjektet hatt kontakt med NVE for å få i gang en prosess rundt evt endring av manøvreringsreglementet. Den 21. juni avholdt NVE et informasjonsmøte med Vansjø-kommunene og øvrige brukerinteresser hvor det ble besluttet å gjennomføre en utredning om endringer i manøvreringen av Vansjø for deretter å søke om endring av reglementet.

Gruppen støtter Vansjøkommunenes initiativ om å be Morsa-prosjektet forestå utredninger av effekter av endringer i manøvreringsreglementet

I tiltaksanalysen ble dette gitt en innledende drøfting: ”Vannstanden i Vansjø kan i prinsippet manøvreres slik at man tilstreber best mulig vannkvalitet i innsjøen. Sett fra en økologisk synsvinkel synes det viktig å unngå store vårflokker, da dette vil føre til stor tilførsel av næringsalter fra oversvømmede arealer på akkurat det tidspunktet da algene har best lys og kan utnytte disse ekstratilførslene. Hvor godt disse næringsalterene kan utnyttes er selvsagt avhengig av bl.a. omfanget av den tilhørende partikkeltransporten, som vil gi svekket lysklima i innsjøen i flomperioder.

Høy sommervannstand vil også i prinsippet gi bedre vannkvalitet pga. fortyningseffekten, men beregninger tilsier at denne effekten er liten i Storefjorden. Termoklindypet i Storefjorden vil sannsynligvis ligge på samme dyp i forhold til overflaten uansett hvor høy vannstanden er, slik at volumet av epilimnion ikke vil endres nevneverdig selv om vannstanden endres. For Vanemfjorden som sjelden er sjiktet, derimot, kan en høy vannstand være av større betydning fordi vinddrevet resuspensjon av sedimentene da vil avta (en større del av sedimentoverflaten vil da ligge på større dyp der vinden ikke makter å resuspendere sedimentene).

En anbefaling kan derfor være å slippe opp Mossefossen så mye som mulig i starten av vårflokken, og så stenge igjen mot slutten av vårflokken, slik at man unngår stor oversvømmelse og samtidig får fanget opp nok vann til å få en rimelig høy sommervannstand.

Høstflokkene vil trolig ha mindre betydning enn vårflokkene, men store høstflokker (som i nov. 2000) vil kunne forverre vannkvaliteten den påfølgende sesong, særlig dersom man får islegging og en lang vinter til å forbruke oksygenet i bunnvannet, og dermed øker faren for intern gjødsling fra profundsedimentene. Det kunne derfor også være gunstig for Vansjø å slippe opp så mye vann som mulig i høstflokken, slik at man unngår store oversvømmelser og dermed næringsalttilførsler før isen legger seg. For å få til dette, må det trange utløpet i Mosseelva utvides.

Konsekvenser av evt. vannstandsendringer for kraftproduksjonen vil måtte utredes særskilt, men alternativ kraftforsyning bør vurderes dersom det blir konflikter mellom hensynet til vannkvalitet og hensynet til kraftproduksjon. ”

Gruppen mener videre at uttapping av vann fra overflatesjiktet i Vanemfjorden i forbindelse med større algeoppblomstringer muligens kan virke positivt på tilstanden i Vanemfjorden, pga. fortyningseffekten av vannet fra Storefjorden. Mulige negative effekter på tilstanden i Mossesundet med lokale badeplasser må vurderes, særlig i forbindelse med uttapping av vann med høyt innhold av algetoksiner. Da vannet fra Vanemfjordene har mindre tetthet enn vannet i Mossesundet, vil dette ferskvannslaget trolig legge seg på toppen, og vil kunne være en mulig helsetrussel for badegjester på strendene i nærheten av utløpet. Eksisterende modeller kan trolig brukes til å simulere hvordan vannet

fra Mosseelva vil blande seg med vannmassene i Mossesundet. Dette bør gjøres før man anvender et slikt tiltak.

Åpning av utløpet slik at mer vann kan tappes ut raskere, kan bidra til bedre flomsikring og derved også mindre risiko for oversvømmelse av næringsrike arealer rundt innsjøen, men mulige negative effekter i Mossesundet må undersøkes før dette evt. iverksettes (se ovenfor).

3.2.4 Fjerning og eller tildekking av sediment

Fjerning eller tildekking av sediment vil trolig bli et meget kostbart tiltak pga. innsjøbassengets størrelse og form. Her kan nevnes at fjerning av sediment i Brabrand sjø i Danmark kostet 25 mill. kr. i en innsjø som er 1.5 km². Mudring av fosforrikt overflatesediment (1.4 km²) i Finjasjön, Sverige, kostet 50 millioner svenske kroner. Ingen forbedring av sjøens tilstand ble oppnådd pga. at underliggende, eldre sedimentlag også lekket fosfor. Da mudring av store områder tar flere år å gjennomføre, rekker nytt sediment å dannes på de mudrede områdene.

Dersom dette skal gjøres må man først gjøre beregninger av omfanget av den interne gjødslingen fra sedimentene, bl.a. ved å finne ut hvor mye fosfor som er lagret i sedimentene, og hvor dypt ned i sedimentene man har høyt fosforinnhold. Det første som kan gjøres her er å analysere eksisterende data mht. sesongvariasjoner i fosfor-konsentrasjonen i Vanemfjorden, samt gjøre nye målinger av fosfat-konsentrasjonen i bunnvannet på sensommeren.

Dersom dette tiltak viser seg å være aktuelt, kan det trolig framskynde forbedringen i vannkvaliteten. Men her må både nasjonale og internasjonale erfaringer med slike tiltak vurderes, før man kan konkludere om dette er noe å satse på eller ikke. En mulig tilleggsgevinst er dersom de fjernede sedimentene kan brukes til jordforbedringsmiddel, noe som bør drøftes i dialog med lokalt næringsliv (Agrosol).

Det kan derfor være aktuelt å utrede også dette tiltaket nærmere.

3.2.5 Oksygenering og lufting

NIVA har god erfaring med dette i Kolbotnvann, som er liten og dyp og med mye interngjødsling fra oksygenfritt sediment. Dette er neppe tilfelle i Vansjø. Derfor vurderes dette tiltaket kun som aktuelt i dyphølene i Storefjorden, dersom det er oksygenfritt bunnvann her. I andre deler av Vansjø /Vanemfjorden er dette neppe aktuelt (grunt og dårlig sjiktet vann), med mindre man finner store områder med oksygenfritt vann.

Erfaringer fra andre land bør sammenstilles før man trekker noen endelig konklusjon om nytteverdien av dette tiltaket.

3.2.6 Flytting av Hobølelvas utløp fra Storefjorden til Grepperødfjorden

Tiltaket er kort utredet i tiltaksanalysen:

”Etter ønske fra Moss kommune har NIVA gjort en grov vurdering av effekten på Vansjø-Storefjordens vannkvalitet av å legge om utløpet av Hobølelva fra Storefjorden til Grepperødfjorden. Dette er nærliggende å tenke seg som et aktuelt tiltak særlig av hensyn til drikkevannsinteressene i Storefjorden, fordi avstanden fra Hobølelva til Grepperødfjorden bare er noen få hundre meter, og fordi Hobølelva er den største tilførselskilden av fosfor til Storefjorden.

Hvorvidt det vil bli gitt tillatelse til et slikt inngrep i et vernet vassdrag er imidlertid høyst uvisst.

Beregningene som ble gjort i tiltaksanalysen viser at en omlegging uten andre landbaserte tiltak vil redusere fosforkonsentrasjonen i Storefjorden fra 22 til 16 $\mu\text{g P/l}$, mens den vil øke fra 32 til 54 $\mu\text{g P/l}$ i Vanemfjorden. Storefjorden vil dermed komme ned i tilstandsklasse III og få bedre egnethet for alle brukerinteresser. **Vanemfjorden derimot vil gå opp i klasse V og bli uegnet for alle brukerinteresser.**

For å nå akseptabel tilstand i Storefjorden kan man klare seg med å redusere 2,5 tonn fosfor, mot 8,7 tonn uten omlegging av Hobøelva. Dette utgjør likevel omtrent samme andel av de antropogene tilførslene som før omlegging av elva (70 %), fordi tilførslene ved en omlegging vil avta dramatisk fra 17,3 til 5,4 tonn. **For Vanemfjorden vil man måtte redusere nesten dobbelt så mye fosfor som det man må uten en omlegging dersom denne delen av Vansjø skal nå miljømålet på 19 $\mu\text{g P/l}$.** Totalt må man redusere nesten like mye som uten en omlegging dersom begge bassengene skal nå miljømålene.

Hvorvidt man kan forvente en tilleggseffekt i form av økt retensjon i sumpområdene i Grepperødfjorden er usikkert, da disse vil få en vesentlig større flompåvirkning enn idag. Dersom en slik tilleggseffekt vil komme, kan dette gjøre tiltaket mer interessant, fordi det da vil bli lettere å nå miljømålet for Vanemfjorden.

Faren for tilbakeslag av vann fra Grepperødfjorden inn i Storefjorden i flomperioder etter en omlegging av Hobøelva vil kunne gi periodevis dårligere vannkvalitet i de vestre deler av Storefjorden. Tilbakeslag kan muligens hindres ved bygging av fysiske sperrer i de smale sundene mellom Grepperødfjorden og Storefjorden, men dette vil igjen hindre ferdsel på innsjøen, og følgelig være konfliktfyllt i forhold til båttrafikken på Vansjø.”

Gruppen slutter seg til konklusjonene fra tiltaksanalysen og Handlingsplan for Morsa at dette tiltaket vil virke negativt på Vanemfjorden.

3.2.7 Andre tiltak

Utlegging av halmballer

Nedråtning av halm har vist å minske veksten av planteplankton, inklusive cyanobakterier. Dette tiltaket virker ved at halmen skiller ut stoffer (fenoler) som hemmer veksten av planktonalger i vannet rundt halmballene. De veksthemmende stoffene skilles først ut etter at halmballene har ligget i vann i et par måneder. Mekanismene bak denne metoden er ennå ikke godt dokumentert, og effekten er derfor usikker. Halmen bør tilsettes to ganger per år, cirka to måneder før forventet algeoppblomstring, samt på høsten. 2.5 g halm m^{-2} er minimumsdosen, men i innsjøer med meget stor algeoppblomstring bør dosen økes til 50 g m^{-2} . Det har ikke blitt rapportert om noen negative effekter på vannplanter, evertebrater eller fisk i forbindelse med utlegging av halmballer.

Dette tiltaket er neppe realistisk å gjennomføre i hele innsjøen, men kan utprøves i mindre avgrensede områder i nærheten av badeplasser, for eksempel i Nesparken. Internasjonale erfaringer av mulige negative effekter bør vurderes før man evt. beslutter å prøve dette tiltaket.

Felling av fosfor med jernklorid eller aluminiumsulfat

Primært aktuelt dersom man har en tydelig interngjødsling. Dersom man skal bruke aluminiumsulfat må man først beregne hvor mye innsjøen tåler før alkaliniteten blir for lav og pH synker. Dersom det primært er eksterne fosfortilførsler som dominerer må behandlingen gjentas regelmessig.

Gruppen mener at tiltaket ikke er aktuelt i Vansjø, da store mengder kjemikalier må til, og tiltaket kan virke negativt på bunnfaunaen (forgiftning)

4. Konklusjoner med de viktigste anbefalingene

4.1 Eksterne tilførsler

- Utfyllende empiriske vurderinger av sammenhengen mellom tilførsel (spesielt betydningen av klima) og effekt i innsjøen er nødvendig
- Gjennomgang av fosfor- og vannbalanse for Vanemfjorden i forhold til interne vs. lokale tilførsler fra landområder rundt Vanemfjorden (jordbruk og avløp)
- Vurdere lokalt tilpassede tiltak i Vanemfjordens nedbørfelt (betydningen av løst P og spesialtilpassede tiltak på jordbruk og avløp)
- Overvåkning må tilpasses problemet (hyppigere frekvens av prøvetaking i utvalgte bekker)
- Fornyet og mer detaljert kartlegging av kilder må gjøres spesielt tilknyttet bidrag fra landbruk (inklusive kartlegging av drift, gjødselbruk og jordtyper)

4.2 Innsjøinterne tiltak

Mulige supplerende innsjøinterne tiltak for å framskynde responsen på forurensningsreduksjonen:

1. Endring av manøvreringsreglementet, som angitt i avsnitt 3.2.3.
2. Hard beskatning av stor gjedde og gjørs. Dermed oppnås foryngelse og økte bestander av rovfisk, samt en bedre balanse mellom rovfisk og karpefisk som også kan ha positive effekter på vannkvaliteten.
3. Effekten av reduksjonsfiske på voksne individer av brasme, flire og mort sammenholdes mot andre internkilder, og utredes nærmere etter vurdering av internasjonale erfaringer. Det er sannsynlig at et reduksjonsfiske som gir nedgang i disse bestandene ikke fører til endret dyreplanktonsamfunn, men at effekten begrenser seg til redusert resirkulering av fosfor som skyldes fisk. Det er i dag ikke kjent hvor stort interngjødslingsbidraget fra fisk er. Etablering av en fiskesperre i innløpet til Grepperødkilen kan gi mulighet for en utprøving i en forholdsvis avgrenset del av vestre Vansjø.
4. Lokal utlegging av halmballer på utvalgte badeplasser i avsnørte bukter for å dempe algevekst

Disse tiltakene og eventuelle ytterligere tiltak må også utredes når mer data om tilførsler til Vanemfjorden foreligger slik at eksterne tilførsler og tiltak kan vurderes opp mot interne tilførsler og tiltak. Anbefalingene er basert på begrenset datagrunnlag kombinert med skjønn. Mangelen på data gjør det vanskelig å vurdere hvilke av disse tiltakene som har størst sannsynlighet for å gi en positiv effekt. Kost/nytte vurderinger kan ikke kvantifiseres uten bedre datagrunnlag.

Litteraturreferanser

- Benndorf, J. 1987. Food web manipulation without nutrient control: a useful strategy in lake restoration? *Schweiz. z. Hydrol.* 49: 237-248.
- Brabrand, Å. og Lien, I. 2004. Fiskeribiologiske undersøkelser i Vansjø, Østfold fylke. Rapp. Lab. Ferskv.Økol. Innlandsfiske (ISSN 0333-161X). Universitetets naturhistoriske museer, Oslo, 227, 52 s.
- Jeppesen, E., Jensen, J. P., Kristensen, P., Søndergaard, M., Mortensen, E., Sortkjaer, O. og Olrik, K. 1990. Fish manipulation as a lake restoration tool in shallow, eutrophic temperate lakes 2: threshold levels, long-term stability and conclusions. *Hydrobiologia.* 200/201: 219-227.
- Lyche-Solheim, A., Vagstad, N., Kraft, P., Løvstad, Ø., Skoglund, S., Turtumøygard, S. & Selvik, J.R. 2001. Tiltaksanalyse for Morsa (Vansjø-Hobøl-vassdraget). Sluttrapport. NIVA-rapport 4377. 104 s.
- Saloranta, T. og Andersen, T. 2004. MyLake (v.1.1) Technical model documentation and user's guide. NIVA-rapport 4838. 45 s.
- Søndergaard, M., Jeppesen, E., Dall, E., Kristensen, P. og Sortkjær, O. 1990. Phytoplankton biomass reduction in a shallow, eutrophic lake: A combined effect of reduced internal P-loading and increased zooplankton grazing. *Hydrobiologia* 200/201: 229-240.

Vedlegg A. Program og deltagerliste for workshopen om Vanemfjorden, 24.-25. juni 2004



Workshop om tilstand og mulige restaureringstiltak i Vanemfjorden

24-25 juni på Dillingøya i Vanemfjorden

Oppdragsgiver: Hovedstyret for Morsa-prosjektet
Faglig ansvarlig: Anne Lyche Solheim, forskningsleder NIVA
Administrativt ansvarlig: Helga Gunnarsdóttir, prosjektleder Morsa

24.-06.2004

1500-1515: Kaffe og kringle

1515-1530: Innledning v. Helga Gunnarsdottir

1530-1600: Tiltaksanalysen for Morsa og senere års vannkvalitetsutvikling i Vansjø med vekt på Vanemfjorden, Anne Lyche Solheim NIVA

1600-1615: Mulige effekter av klimaendringer på vannføringen i Hobølelva, Stein Beldring, NVE

1615-1630: Vannkvalitetsbaserte tilførselsberegninger til Vansjø generelt og Vanemfjorden spesielt, Per Stålnacke NIVA, supplerende kommentarer fra Marianne Beckmann, Jordforsk

1630-1645: Utvikling av algesituasjonen i Vansjø med hovedvekt på Vanemfjorden, Knut Bjørndalen NIVA

1645-1700: Pause m. beinstrekk

1700-1730: Fiskebiologiske undersøkelser i Vansjø – forvaltningstrategier, Åge Brabrand, Zoologisk museum Universitetet i Oslo

1730-1800: MyLake modellen og dens mulige anvendelser i Vansjø, Tom Andersen, NIVA og Univ. Oslo

1800-1830: Oppsummerende diskusjon av situasjonen og utviklingen i Vanemfjorden

1830-2000: Båttur på Vansjø m. nogo attåt (secchi-skive, øl og jordbær)

2000-.....: Middag og sosialt samvær

25.06.2004

0830-0900: Frokost

0900-0945: Case studie fra Danmark, Martin Søndergaard, Danmarks

Miljøundersøgelser

0945-1030: Case studie fra Sverige (Finjasjöen), Helene Annadotter, Limnologiske institusjonen i Lund

1030-1045: Kaffe

1045-1215: Gruppearbeid om tiltak og mulige restaureringsmetoder for å forbedre den økologiske tilstanden i Vanemfjorden

1215-1300: Lunsj

1300-1430: Gruppearbeid forts. anbefalinger til restaureringsstrategi

1430-1500: Plenum: Anbefalinger m. begrunnelser

Oppgaver for gruppearbeid:

1. Mulige årsaker til forverringen av vannkvaliteten i Vanemfjorden etter år 2000, transient eller langsiktig endring?

2. Mulige effekter av klimaendringer

3. Aktuelle metoder for restaurering av Vanemfjorden

A) Reduksjon i eksterne tilførsler, via Storefjorden, samt lokale bekker

Hvor lang tid vil det ta før man får respons etter reduksjon av de eksterne tilførslene?
Hysteresis-effekter?

B) Interne restaureringsmetoder:

- Utfisking
- Høsting av sivvegetasjon
- Endring av manøvreringsreglementet: vannstand og gjennomstrømning
- Fjerning av sediment
- Oksygenering/lufting av bunnvann/sediment
- Flytting av Hobøelvas utløp fra Storefjorden til Grepperødfjorden
- Andre tiltak

Anbefalinger til restaureringsstrategi for Vanemfjorden

Deltagerliste:

Navn	Institusjon	Kompetanse
Helga Gunnarsdottir	Morsa-prosjektet	Lokal og regional vannforvaltning
Anne Lyche Solheim	NIVA	Planktonøkologi, biomanipulering, vannforvaltning
Stein Beldring	NVE	Hydrologi, klimaendringer
Per Stålnacke	NIVA	Tilførsler av næringsalter, statistikk, vannforvaltning
Marianne Beckmann	Jordforsk	Avrenning av næringsalter fra jordbruket, overvåking
Knut Bjørndalen	NIVA	Fytoplankton, regional vannforvaltning
Åge Brabrand	LFI, Zool. Mus. Univ. i Oslo	Fiskeøkologi, biomanipulering, fiskeforvaltning
Tom Andersen	Biol. Inst. Univ. i Oslo	Planktonøkologi, modeller
Martin Søndergaard	Danmarks Miljøundersøgelser	Innsjørestaurering, økologi, vannforvaltning (?)
Helene Annadotter	Limnologiska Inst., Lund	Ferskvannøkologi, biomanipulering/restaurering