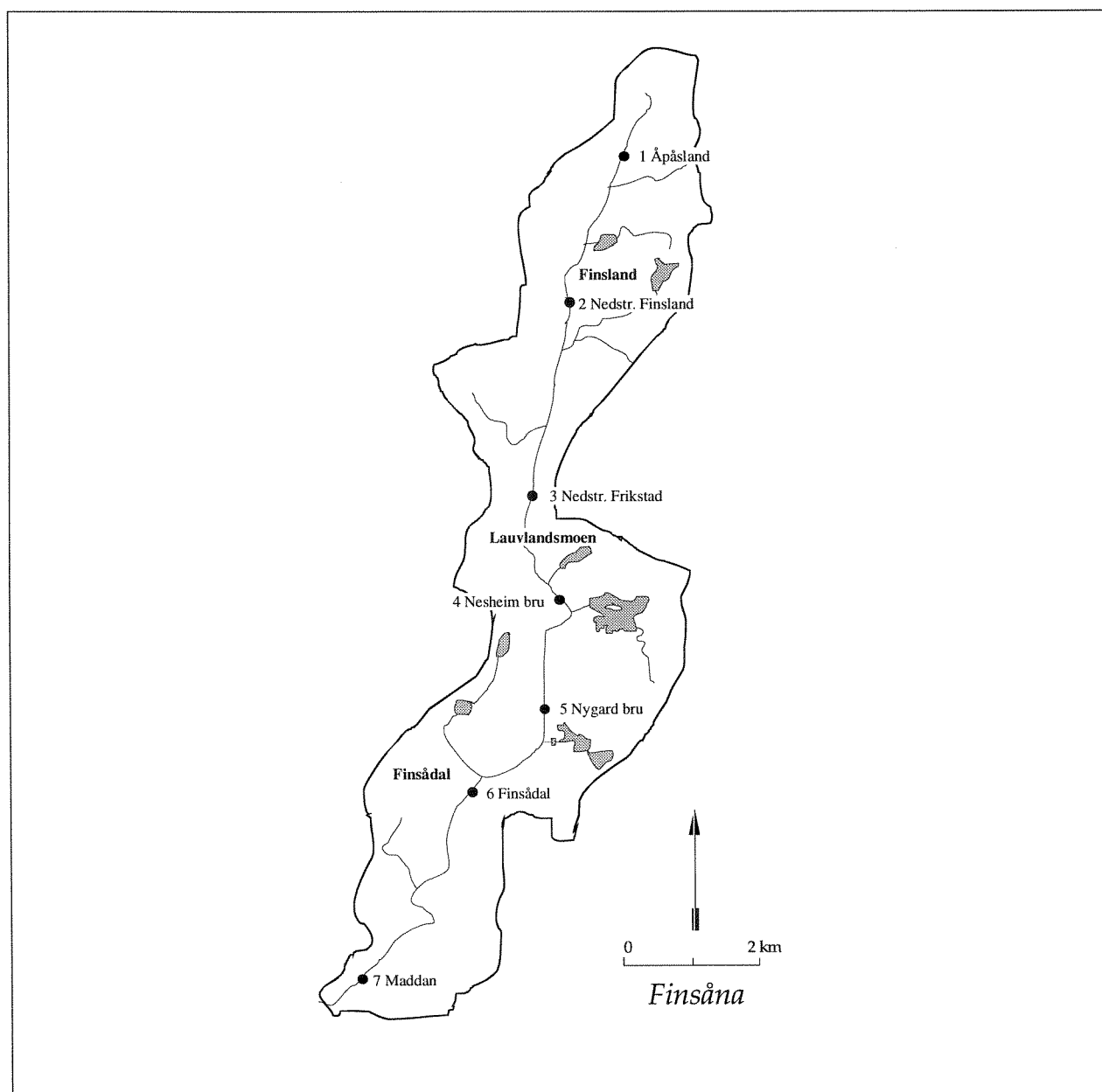


RAPPORT LNR 3814-98

Finsåna i Mandalsvassdraget

Vannkvalitetsundersøkelse
og beregning av
forurensningstilførsler



Hovedkontor

Postboks 173, Kjelsås
0411 Oslo
Telefon (47) 22 18 51 00
Telefax (47) 22 18 52 00

Sørlandsavdelingen

Televeien 1
4890 Grimstad
Telefon (47) 37 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

Søndre Tollbugate 3
9000 Tromsø
Telefon (47) 77 68 52 80
Telefax (47) 77 68 05 09

Tittel Finsåna i Mandalsvassdraget. Vannkvalitetsundersøkelse og beregning av forurensningstilførsler. <i>(Finsåna in the Mandal watercourse. Water quality surveillance and calculation of pollution inputs)</i>	Løpenr. (for bestilling) 3814-98	Dato Februar 1998	
	Prosjektnr. Undernr. O-97133	Sider 31	Pris kr. 75,-
Forfatter(e) Kaste, Øyvind	Fagområde Eutrofi ferskvann	Distribusjon	
	Geografisk område Vest-Agder	Trykket NIVA	

Oppdragsgiver(e) Fylkesmannen i Vest-Agder, Songdalen kommune	Oppdragsreferanse
--	-------------------

Sammendrag

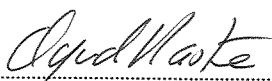
Det er foretatt vannkjemiske undersøkelser i Finsåna i 1997. Målet med undersøkelsene har vært å vurdere vannkvalitetstilstanden, beregne forurensningstilførsler og vurdere behov for forurensningsbegrensende tiltak.

Med unntak av den øverste delen oppstrøms Finsland er store deler av Finsåna markert påvirket av næringssalter. Den øvre delen av vassdraget er sterkt påvirket av surhet, mens strekningen nedstrøms Finsland ser ut til å ha god bufferevne mot forsuring, iallfall i sommerhalvåret.

Det er anslått en årlig fosfortilførsel til vassdraget på 600 kg P. Av dette er bidraget fra landbruk og bebyggelse anslått til hhv. 40 og 20%. De årlige nitrogentilførslene er anslått til 19 tonn N. Nitrogentilførslene stammer i stor grad fra naturlige kilder eller fra langtransportert forurenset luft og nedbør (65%).

Næringssalttilførslene fra landbruket og bebyggelsen i området vil kunne føre til uønsket begroing og vegetasjonsvekst i bekken om sommeren. Den generelle vannkvaliteten i Finsåna vil neppe være kritisk for vannlevende organismer, men det bør tas en del forholdsregler i forhold til akuttutslipp fra landbruket. Det er foreslått forurensningsbegrensende tiltak samt en videre faglig oppfølging av vassdraget.

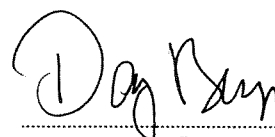
Fire norske emneord 1. Vassdrag 2. Vannkvalitet 3. Forurensningstilførsler 4. Resipientundersøkelse	Fire engelske emneord 1. Watercourse 2. Water quality 3. Pollution inputs 4. Recipient surveillance
---	---



Øyvind Kaste

Prosjektleder

ISBN 82-577-3391-1



Dag Berge

Forskningsjef

**Finsåna i Mandalsvassdraget.
Vannkvalitetsundersøkelse og beregning av
forurensningstilførsler.**

Forord

På bakgrunn av brev fra Fylkesmannen i Vest-Agder datert 15.04.97 oversendte NIVA 16.05.97 et prosjektforslag for undersøkelse av vannkvalitet og forurensningstilførsler i Finsånavassdraget. Prosjektforslaget ble godkjent 20.06.97 og de første undersøkelsene ble igangsatt 12.3.97.

Den vannkjemiske prøvetakingen er foretatt ved egeninnsats fra Songdalen kommune, etter veiledning fra NIVA og Fylkesmannen i Vest-Agder. Prøvene er analysert ved vannlaboratoriet på Høgskolen i Agder. Fylkesmannen i Vest-Agder har besørget det praktiske i forbindelse med innsamling av opplysninger om arealfordeling og forurensningskilder i nedbørfeltet.

Undersøkelsene i Finsåna i 1997 er finansiert av Fylkesmannen i Vest-Agder og Songdalen kommune. Kontaktperson hos Fylkesmannen i Vest-Agder har vært overingeniør Frode Rosland.

Grimstad, februar 1998

Øyvind Kaste

Innhold

Sammendrag	5
Summary	7
1. Innledning	8
1.1 Bakgrunn og formål	8
1.2 Materiale og metoder	8
1.3 Områdebeskrivelse	9
1.4 Hydrologi	11
2. Vannkjemi	12
2.1 Næringssalter	12
2.2 Organisk stoff og partikler	15
2.3 Surhet	15
3. Næringsstofftilførsler	19
3.1 Avrenning fra utmarksområder	19
3.2 Landbruk	20
3.3 Bebyggelse	22
3.4 Samlede næringssalttilførsler til vassdraget	23
4. Vurdering av resultatene	24
4.1 Klassifisering av vannkvalitetstilstand	24
4.2 Sammenligning med tidligere undersøkelser	24
4.3 Næringsstofftilførsler	25
4.4 Vurdering av behov for tiltak	26
5. Litteratur	27
Vedlegg A. SFTs klassifiseringssystem	28
Vedlegg B. Primærdata	29

Sammendrag

Det er foretatt vannkjemiske undersøkelser i Finsåna, Mandalsvassdraget i 1997. Målet med undersøkelsene har vært å vurdere vannkvalitetstilstanden på ulike stasjoner i vassdraget, beregne forurensningstilførsler til vassdraget og vurdere behov for forurensningsbegrensende tiltak.

Med unntak av den øverste delen oppstrøms Finsland er store deler av Finsåna markert påvirket av næringssalter (klasse 3 "nokså dårlig" i SFTs klassifiseringssystem). De lokale forurensningskildene er hovedsakelig lokalisert i de midtre delene av vassdraget, og næringssaltkonsentrasjonene avtar noe igjen i de nedre delene av bekken. Den øvre delen av vassdraget er sterkt påvirket av surhet (klasse 4 "dårlig") pga. langtransportert forurenset luft og nedbør. Nedstrøms Finsland ser elva ut til å ha god bufferevne mot forsuring, iallfall i sommerhalvåret.

Det er anslått en årlig fosfortilførsel til vassdraget på 600 kg P. Av dette er bidraget fra landbruk og bebyggelse anslått til hhv. 40 og 20%. Omlag 3/4 av landbrukstilførslene stammer fra arealavrenning, resten utgjøres hovedsakelig av lekkasjer fra gjødsellagre. Avrenning fra siloer og melkerom bidrar lite til forurensning av vassdraget. De årlige nitrogentilførslene er anslått til 19 tonn N. I motsetning til fosfor, stammer nitrogentilførslene hovedsakelig fra naturlige kilder eller fra langtransportert forurenset luft og nedbør. Disse kildene bidrar med omlag 65% av de totale nitrogentilførslene til vassdraget. Blant de lokale kildene er det kun avrenning fra landbruksareal (28%) og bidrag fra husholdningskloakk (6%) som har kvantitativ betydning.

Næringssalttilførslene fra landbruket og bebyggelsen i området vil kunne føre til uønsket begroing og vegetasjonsvekst i bekken om sommeren. Dette kan bl.a. redusere kvaliteten på bunndyr-/fiskehabitater¹ og føre til økt oksygenforbruk ved nedbrytning av planterester. Den generelle vannkvaliteten i Finsåna vil neppe være kritisk for vannlevende organismer, men ved en såpass stor konsentrasjon av landbruksaktiviteter nær en sårbar resipient bør det tas en del forholdsregler i forbindelse med håndtering av husdyrgjødsel, silopressaft, plantevernmidler, drivstoff etc. Dersom noen av disse elementene havner direkte i bekken, kan fiskebestandene settes i fare.

For å redusere forurensningstilførslene, samt faren for akutt-utslipp til bekken er følgende forholdsregler og tiltak foreslått:

1. Forholdsregler mot akutt forurensning:

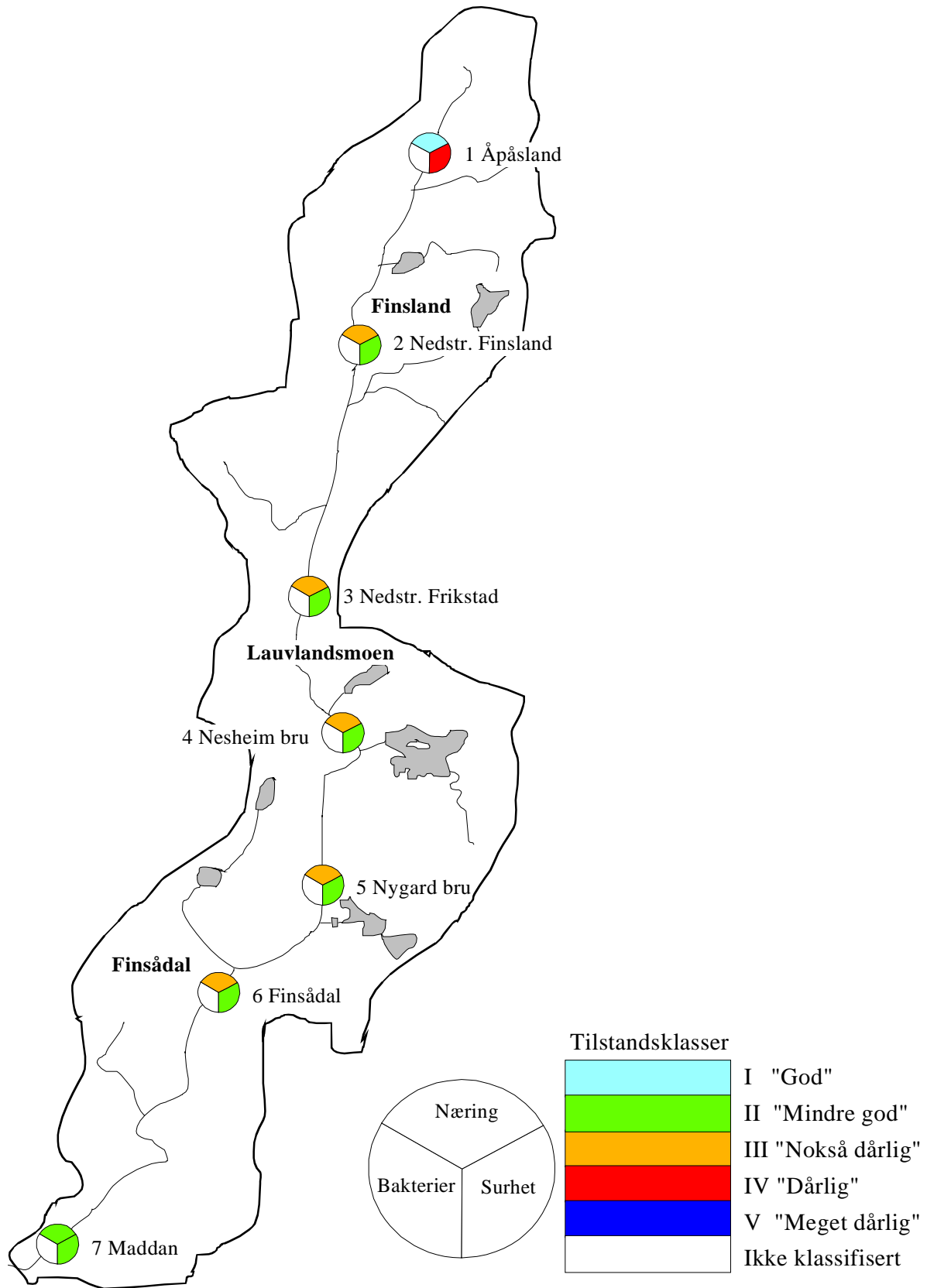
- a) Husdyrgjødsel og silopressaft må ikke spres på frosset mark eller ved kraftig nedbør.
- b) En bør unngå gjødselspredning helt inntil bekken, iallfall på strekninger uten kantvegetasjon.
- c) På erosjonsutsatte arealer bør en være spesielt nøye med å pløye ned gjødsel raskt.

2. Tiltak for å redusere forurensningstilførsler (prioritert rekkefølge):

- a) Tiltak mot arealavrenning i landbruket (f.eks. etablering av kantsoner, redusert høstpløying.).
- b) Bedring av utslippløsninger i spredt bebyggelse.
- c) Tiltak rettet mot punktkilder i landbruket (f.eks. utbedring av utette gjødsellagre).

I tillegg til momentene ovenfor, er det anbefalt en videre faglig oppfølging av vassdraget.

¹ Habitat: Fysisk leveområde



Figur 1. Klassifisering av vannkvalitetstilstand. Se vedlegg A for ytterligere forklaring.

Summary

Title: Finsåna in the Mandal watercourse. Water quality surveillance and calculation of pollution inputs.
Year: 1998
Author: Kaste, Ø.
Source: Norwegian Institute for Water Research, ISBN No.: ISBN 82-577-3391-1

A water chemistry surveillance was performed in the Finsåna watercourse during 1997. The purpose of the project has been to characterise the water quality at different sites, estimate pollution inputs, and evaluate possible abatement measure requirements.

Except for the upper, remote parts of the catchment, Finsåna was markedly affected by nutrients. The upper parts were strongly affected by acidification, whereas the brook downstream Finsland seemed to be better buffered, at least during the summer season.

Yearly phosphorus inputs to Finsåna are estimated to 600 kg P/yr. Of this, the contributions from agriculture and settlement are about 40 and 20%, respectively. A dominant part (65%) of the nitrogen inputs (19 tons/yr) originates from "natural sources" as forested areas, bogs and deposition on water surfaces.

Nutrient inputs from agriculture and human settlement may contribute to growth of unacceptable biomasses of periphyton and macrophytes during the summer season. The overall water quality will probably not threaten aquatic organisms in the brook, but precautions should be made to avoid acute pollution from agricultural activity. We recommend an examination of possible abatement measures to reduce nutrient inputs to the brook, and also a water quality surveillance during the winter season and a biological investigation during the summer season.

1. Innledning

1.1 Bakgrunn og formål

I juni 1996 ble det registrert omfattende fiskedød i Finsåna. I følge Fylkesmannen i Vest-Agder skyldes episoden sannsynligvis oksygenmangel i elva som følge av tilførsel av lett nedbrytbart organisk materiale. Forholdet er satt i sammenheng med spredning av større mengder silopressaft og mindre mengder husdyrgjødsel på jordbruksarealer nær vassdraget. For å avklare forurensningssituasjonen i vassdraget nærmere, har Fylkesmannens miljøvernavdeling bedt NIVA om å gjennomføre en vannkvalitetsundersøkelse i vassdraget, samt en beregning av forurensningstilførsler.

Formålet med prosjektet har vært å:

- Vurdere vannkvalitetstilstanden på ulike stasjoner i vassdraget,
- beregne forurensningstilførsler,
- vurdere behov for forurensningsbegrensende tiltak.

1.2 Materiale og metoder

Vannkjemisk prøvetaking

Det er lagt vekt på å analysere parametere som kan dokumentere virkninger av næringsalter, organisk stoff og surhet i henhold til SFTs klassifiseringssystem for vannkvalitet (Holtan og Rosland 1992). En oversikt over prøvetakingsstasjoner er gitt i **Tabell 1**. Det er tatt prøver til vannkjemisk analyse 12/3, 24/6, 8/7, 22/7, 5/8, 19/8 og 2/9 (7 runder). Disse prøvene er analysert mht. pH, farge, turbiditet, tot-P, fosfat, tot-N, nitrat, ammonium, kalium og TOC. Oksygen ble analysert på stasjonene 2, 3 og 4 på følgende datoer: 12/3, 1/7, 14/7, 22/7, 29/7, 5/8, 12/8, 19/8 og 2/9 (9 runder).

Tabell 1. Prøvetakingsstasjoner.

Stasjoner	UTM	Kartblad
1) Åpåsland	182 662	1411 I
2) Nedstr. Finsland (skytebane)	174-641	1411 I
3) Nedstr. Frikstad	168-617	1411 I
4) Nesheim bru	173-596	1411 I
5) Nygard bru	168-577	1411 I
6) Finsådal	159-566	1411 II
7) Maddan (ved klekkeri)	135-533	1411 II

Forurensningsregnskap

Teoretiske tilførsler av fosfor og nitrogen til vassdraget er beregnet på grunnlag av opplysninger om arealbruk og forurensningskilder, samt koeffisienter hentet fra Bratli et al. (1995). Næringsstofftilførslene er beregnet fra følgende kilder:

- naturlig bakgrunnsavrenning fra skog/myr, inkl. nedbør på innsjøoverflater.
- landbruk (arealavrenning/punktkilder)
- bebyggelse (punktkilder)

1.3 Områdebeskrivelse

Finsåna (36,3 km²) er et sidevassdrag til Mandalselva i Vest-Agder (**Figur 2**). Største del av Finsåna ligger innenfor Songdalen kommune, mens den nedre delen renner gjennom Marnardal kommune. Spesifikk avrenning i området er 39 L/s/km² og middelvannføring ved utløpet i Mandalselva er ca. 1,4 m³/s (NVE 1996). Store deler av nedbørfeltet (~90%) består av skog, annen utmark samt innsjøoverflater (**Tabell 2**). Omlag 8% av nedbørfeltet består av landbruksarealer. Disse er vesentlig konsentrert i de midtre delene av vassdraget. På grunnlag av opplysninger fra jordbrukssjefen i Songdalen kommune har Fylkesmannen i Vest-Agder utarbeidet en omtrentlig tidsplan for landbruksaktiviteten i vassdraget (**Tabell 3**).

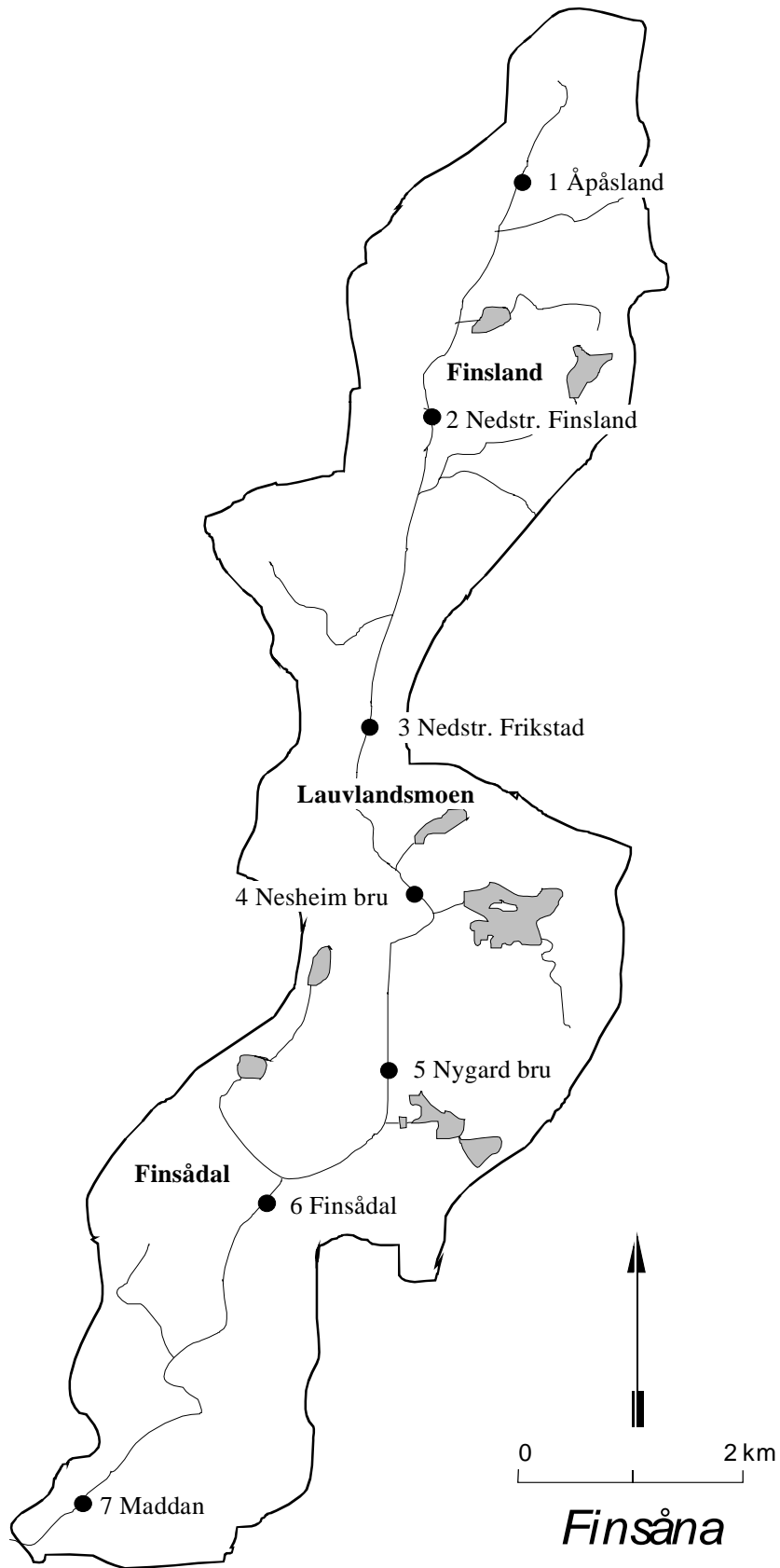
Det er bosatt omlag 320 personer innenfor nedbørfeltet. Ingen av disse er tilknyttet sentralt kloakkrensaneanlegg. Omlag 40% har slamavskiller (med infiltrasjon, sandfilter eller direkte utslipp), 19% har tett tank for WC, 7% har minirensaneanlegg med infiltrasjon og 34% har direkte utslipp.

Tabell 2. Arealfordeling i Finsånavassdraget (data fra Fylkesmannen i Vest-Agder / Songdalen kommune). Benevning: km².

Nedbørfelt	Skog	Annen utmark	Innsjø	Eng	Gjødsla beite	Korn/ grønnfôr	Grønns/ potet	Totalt areal
Stasjon 1	1,275	0,260	0,040					1,575
Stasjon 2	3,246	0,460	0,060	0,365	0,061	0,283		4,475
Stasjon 3	3,843	0,550	0,160	0,426	0,070	0,026		5,075
Stasjon 4	4,143	0,430	0,100	0,548	0,138	0,005	0,011	5,375
Stasjon 5	3,092	0,310	0,470	0,308	0,070			4,250
Stasjon 6	5,319	0,490	0,310	0,176	0,030			6,325
Stasjon 7	8,110	0,750	0,110	0,185	0,070			9,225
SUM	29,028	3,250	1,250	2,008	0,439	0,314	0,011	36,300

Tabell 3. Omtrentlig tidsplan for landbruksaktiviteter i Finsånavassdraget (opplysninger fra jordbrukssjefen i Songdalen kommune systematisert av Frode Rosland, Fylkesmannen i Vest-Agder).

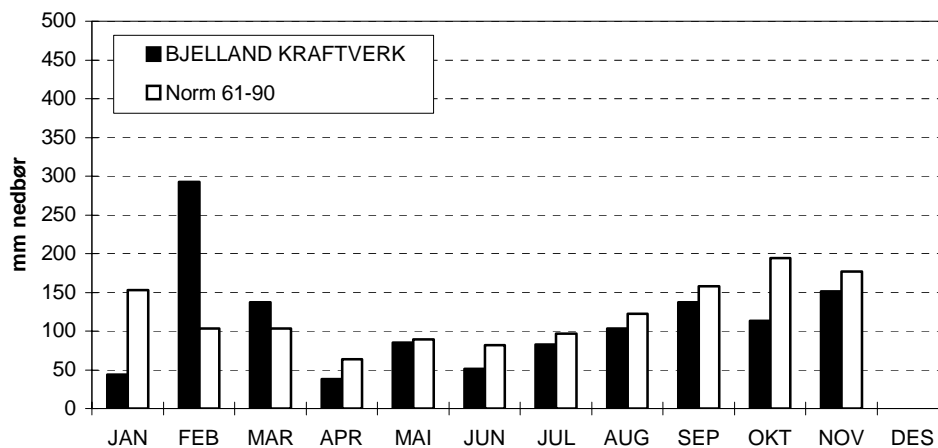
Aktivitet	Tidsrom (ca)
Våronna: Jordbearbeiding, spredning av husdyr- og kunstgjødse	15.04-15.05
Førsteslåtten	05.06-01.07
Spredning av husdyr- og kunstgjødse	20.06-10.07
Andreslåtten	10.08-01.09
Noe spredning av husdyrgjødse etter andreslåtten	Etter 15.08



Figur 2. Vassdraget med nedbørfelt og prøvetakingsstasjoner.

1.4 Hydrologi

Meteorologisk stasjon Bjelland: Årsnedbør 1997: 1357 mm
Normalt: 1485 mm
% av normalen: 91



Figur 3. Månedlig nedbør i 1997 ved meteorologisk stasjon Bjelland. Normal månedsnedbør for perioden 1961-1990 er angitt (DNMI 1998).

Vannføringen i bekken var lav ved alle de ordinære vannkjemirundene, med unntak av 12/3 og 2/9 da den var middels.

2. Vannkjemi

2.1 Næringsalter

Fosfor

Naturlige bakgrunnskonsentrasjoner av fosfor i avrenning fra utmarksområder på Sørlandet ligger på ca. 3-5 $\mu\text{g P/L}$, mens en i områder under marin grense må påregne noe høyere verdier. Naturlige bakgrunnskonsentrasjoner i avrenning fra områder under marin grense er imidlertid vanskelig å fastslå, i og med at det meste av disse arealene er dyrket opp.

Middelkonsentrasjonen av total fosfor ble tredoblet i vassdraget mellom stasjon 1. Åpåsland og stasjon 4. Nesheim, fra 6 $\mu\text{g P/L}$ til 19 $\mu\text{g P/L}$ (**Figur 4**). Deretter avtok fosforkonsentrasjonen gradvis ned til 11 $\mu\text{g P/L}$ ved stasjon 7. Maddan. Fosforkonsentrasjonen økte til et maksimum i juli måned og avtok deretter mot slutten av undersøkelsen. Sommermaksimumet falt sammen med en varm, tørr periode. Det ble også registrert relativt høye fosforkonsentrasjoner i vassdraget i mars måned. Dette var før den biologiske produksjonen hadde kommet i gang, og de høye verdiene kan skyldes lite biologisk opptak. Den høyeste fosforkonsentrasjonen som ble målt i vassdraget, var 24 $\mu\text{g P/L}$ ved stasjon 4. Nesheim.

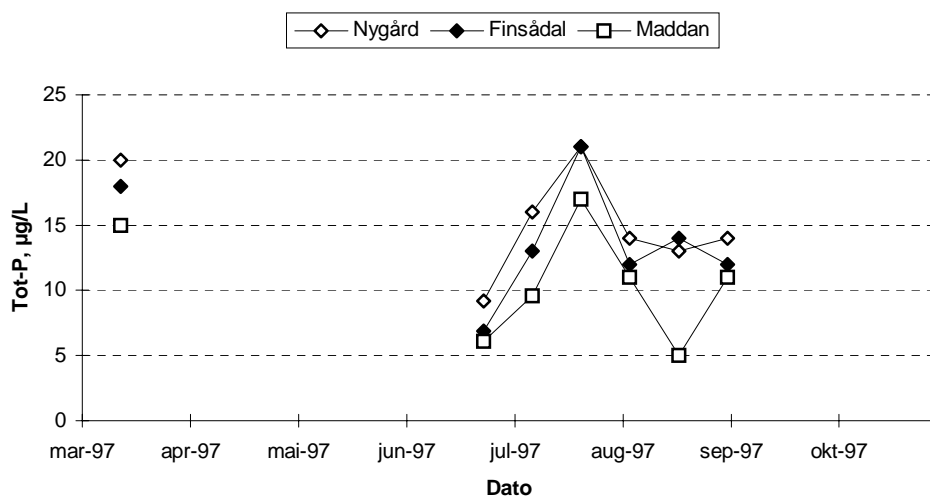
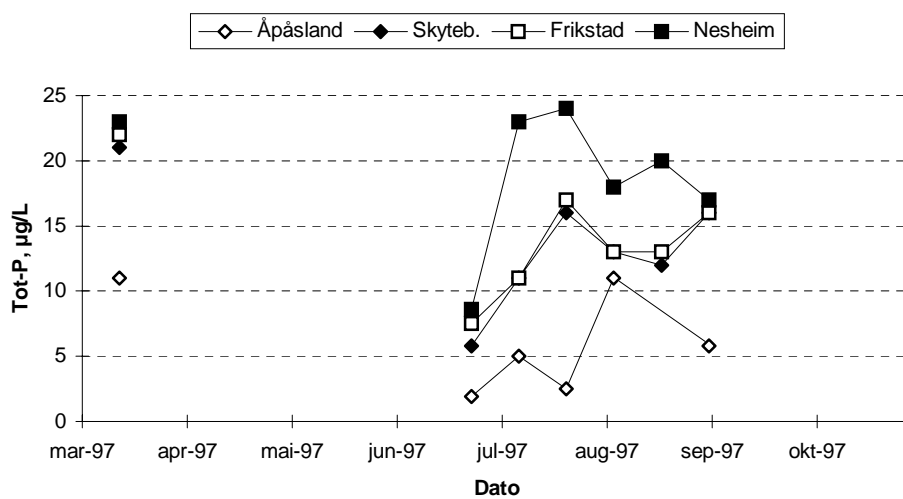
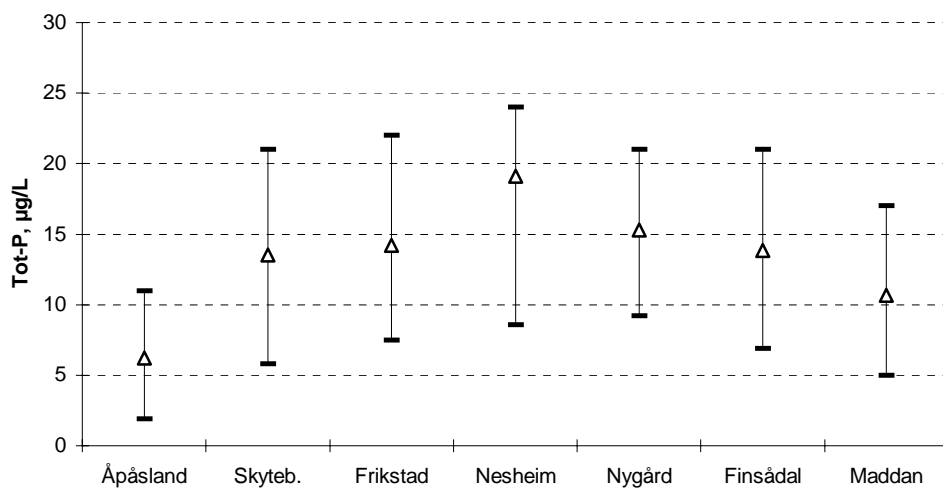
Fosfor som uorganisk, løst fosfat i vann tas vanligvis svært raskt opp biologisk. Dette skyldes at det er underskudd på fosfor i de fleste innsjøer og elver i Norge. I uforurensede systemer er det derfor svært lave, eller ikke målbare konsentrasjoner av løst fosfat. Laveste målbare konsentrasjon (deteksjonsgrensen) av løst fosfat i standardanalyser er 2 $\mu\text{g P/L}$. Dersom det måles konsentrasjoner av løst fosfat som er vesentlig høyere enn dette, er det en indikasjon på at systemet tilføres mer fosfor enn det som kan omsettes biologisk. Fosfatkonsentrasjonene var lave hele tiden på den øverste og nederste stasjonen (vedlegg B). I de midtre delene av vassdraget ble det målt fosfatkonsentrasjoner opp mot 14 $\mu\text{g P/L}$. Dette er ikke ekstremt høyt, men det viser at vassdraget på denne strekningen er klart påvirket av lokale forurensningskilder.

Nitrogen

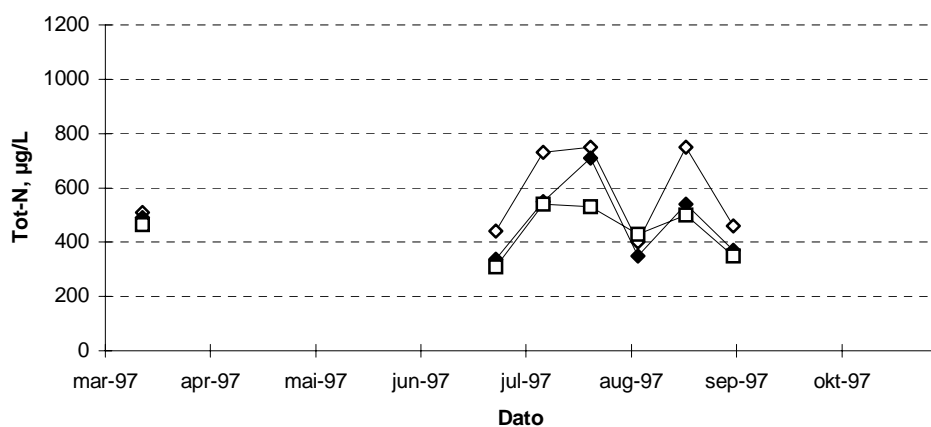
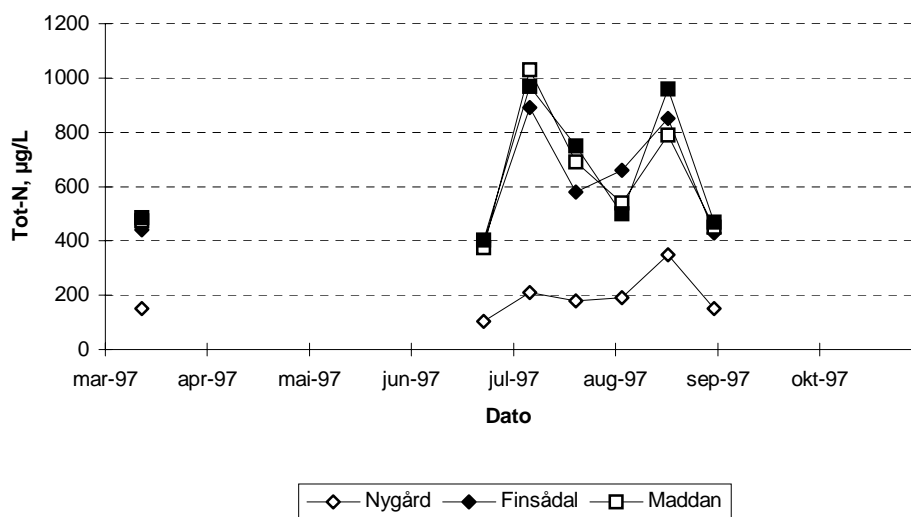
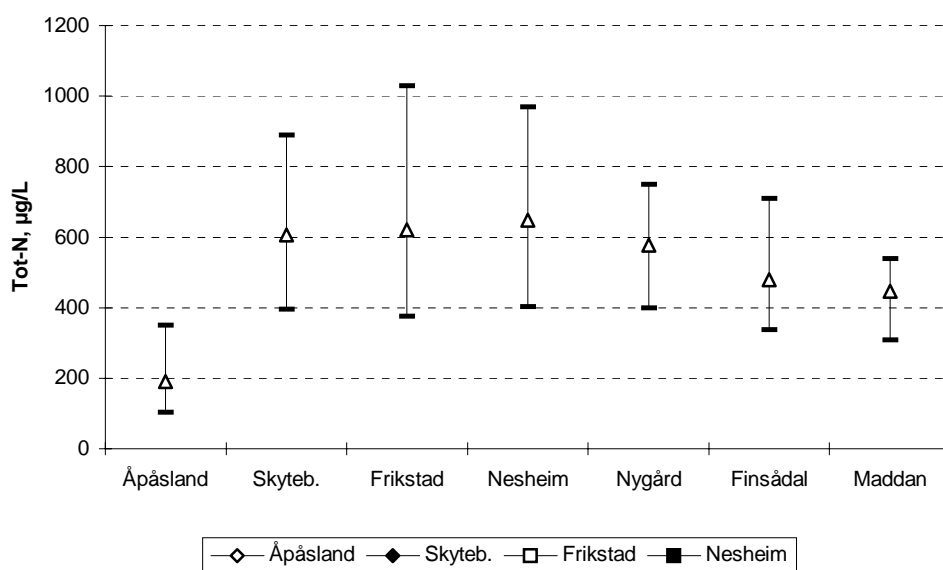
Bakgrunnskonsentrasjoner av total nitrogen i bekker ligger ofte rundt 300-500 $\mu\text{g N/L}$ i utmarksområder på Sørlandet. En stor del av dette nitrogenet stammer fra langtransportert forurenset luft og nedbør (Skjelkvåle 1996, Kaste et al. 1997). Nitrogenedfallet er høyest i de sørlige og sørvestlige delene av landet, og det er også her en finner de høyeste bakgrunnskonsentrasjonene av nitrogen i bekker.

Konsentrasjonene av tot-N i vassdraget fulgte samme mønster som fosfor, med en tredobling av middelkonsentrasjonen mellom stasjon 1. Åpåsland (190 $\mu\text{g N/L}$) og stasjon 4. Nesheim (650 $\mu\text{g N/L}$) (**Figur 5**). Nitrogenkonsentrasjonen avtok gradvis fra stasjon 4. ned mot stasjon 7. Maddan, men avtaket var ikke så kraftig, relativt sett, som for fosfor. Dette skyldes trolig at fosfor er mer biologisk aktivt og dermed holdes mer effektivt tilbake i bekkestrengen, sammenlignet med nitrogen.

Ved stasjonene 2-4 ble det registrert to tydelige nitrogentopper i løpet av undersøkelsen, den ene i begynnelsen av juli og den andre i slutten av august. Disse toppene kan ha sammenheng med gjødselspredning på landbruksarealene i området (**Tabell 3**). En relativt stor andel organisk nitrogen (>50 %) tyder på at det i så fall dreier seg om husdyrgjødsel. Det ble ikke oppdaget tilsvarende topper på referansestasjonen øverst, og på stasjonene 5, 6 og 7 var nitrogentoppene noe mer dempet og forskjøvet i tid. Den høyeste konsentrasjonen av tot-N (1030 $\mu\text{g N/L}$) ble målt på stasjon 3. Frikstad den 8. juli.



Figur 4. Total fosfor. Øverst: middel,- min- og maks-verdier. Midten og nederst: Sesongvariasjon på ulike stasjoner.



Figur 5. Total nitrogen. Øverst: middel-, min- og maks-verdier. Midten og nederst: Sesongvariasjon på ulike stasjoner.

Høye konsentrasjoner av nitrogenfraksjonen ammonium i overflatevann er en indikator på forurensning fra lokale kilder som f.eks. kommunal kloakk eller landbruk. I uforurenset bekkevann er ammoniumkonsentrasjonene vanligvis lave, < 50 µg N/L. Det ble gjennomgående målt lave ammoniumkonsentrasjoner (< 60 µg N/L), også på de stasjonene som var mest påvirket av lokale forureningskilder (vedlegg B). Dette viser at jorda har stor evne til å holde på ammoniumet, og en stor del av ammoniumet som blir tilført vassdraget blir sannsynligvis tatt opp raskt biologisk.

Kalium

Kalium kan være en indikator på landbruksforurensning ved at naturgjødning, og i de fleste tilfeller kunstgjødning, inneholder dette plantenæringsstoffet. Kaliumkonsentrasjonene i naturlig bekkevann på Sørlandet er oftest under 1 mg/L (Skjelkvåle 1996), men en må regne med noe forhøyede konsentrasjoner i områder som ligger under marin grense. Konsentrasjonene av kalium i vassdraget økte 4-5 ganger fra referansestasjonen øverst til de jordbrukspåvirkede stasjonene i de midtre delene av vassdraget (vedlegg B).

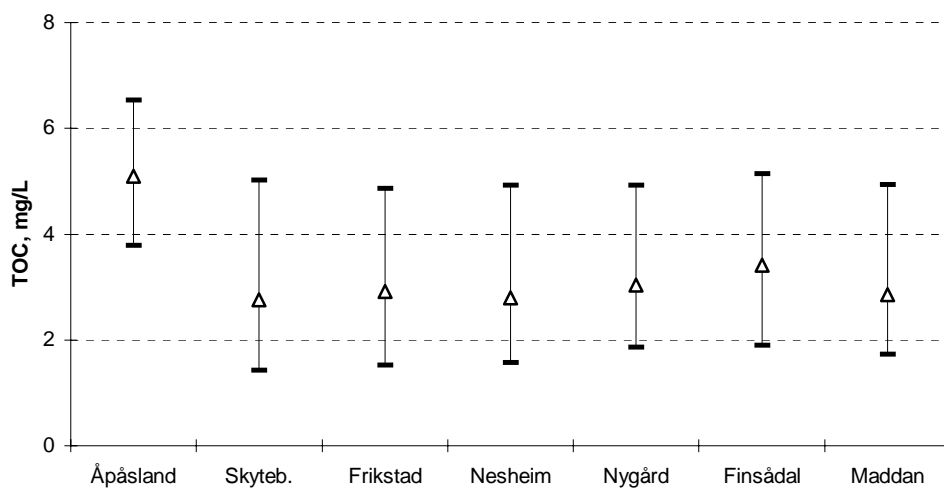
2.2 Organisk stoff og partikler

Organisk stoff er i denne undersøkelsen målt som totalt organisk karbon (TOC). TOC-konsentrasjoner i overflatevann varierer vanligvis i området 1-15 mg/L i Norge, avhengig av humustilførsler (Berglund et al. 1984). Humus er tungt nedbrytbare organiske forbindelser som bl.a. gir den karakteristiske brune fargen på avrenningsvann fra myrområder. På grunn av de store variasjonene en ofte finner av organisk stoff i naturlig uforurenset vann, er denne parameteren forholdsvis lite egnet som indikatorer på lokal forurensning - med mindre en kjenner de naturlige bakgrunnskonsentrasjonene i området svært godt. Vannets innhold av organisk stoff kan imidlertid ha stor innvirkning på andre vannkvalitetsparametre (bl.a. næringsstoffenes tilstandsform), og data for TOC eller tilsvarende er derfor viktige ved tolkningen av disse. Vannets innhold av partikler kan også variere svært mye i naturlige vannforekomster. De høyeste partikkelkonsentrasjonene kan en vanligvis måle i områder under marin grense.

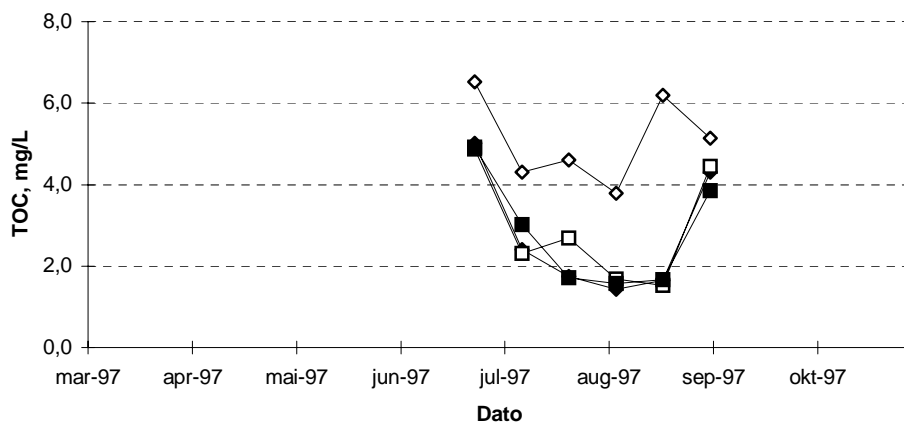
Referansestasjonen hadde om lag dobbelt så høy TOC-konsentrasjon (5,1 mg/L i middel) som de andre stasjonene (**Figur 6**). Dette skyldes naturlige humusstoffer som bl.a. dreneres ut fra myrområder. TOC-konsentrasjonen ved de øvrige stasjonene var rundt 3 mg/L i gjennomsnitt. TOC-konsentrasjonen hadde omlag samme sesongmessige variasjon på de undersøkte stasjonene, med et jevnt avtak fra juni til august, og deretter en økning. Det ble ikke registrert noen dramatiske topper i TOC-konsentrasjonen som kan føres tilbake til menneskelig aktivitet i nedbørfeltet. Lokalitetene var generelt sett lite påvirket av partikler (0,3-2 NTU).

2.3 Surhet

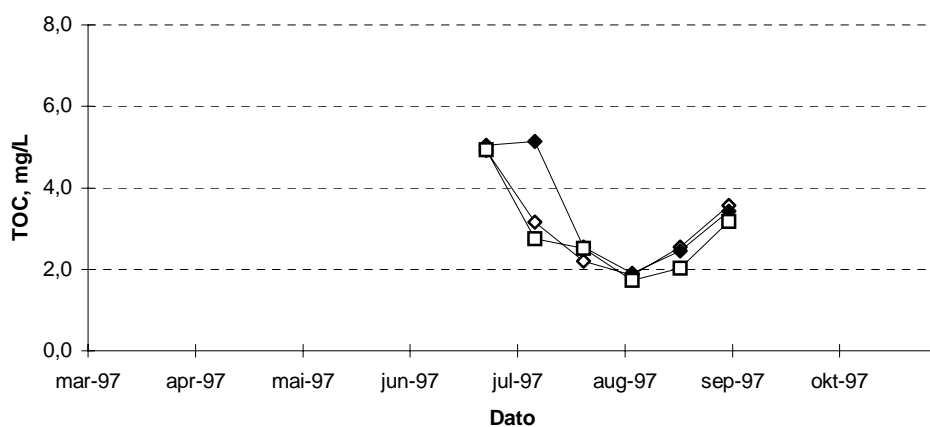
Svovel og nitrogen fra langtransportert forurenset luft og nedbør har ført til forsuring av mange vassdrag i Sør-Norge. Problemet er spesielt stort på Sørlandet og deler av Vestlandet hvor tilførselene av atmosfærisk svovel og nitrogen er store, samtidig som hard og kalkfattig berggrunn gir liten avsyringskapasitet (bufferevne). Surt vann (pH under 5,5) og høye aluminiumskonsentrasjoner har medført fisketomme vann. Som et resultat av internasjonale forhandlinger er svovelinholdet i nedbøren nå i ferd med å avta, og det er allerede registrert en svak pH-økning i vassdragene (Skjelkvåle 1996).



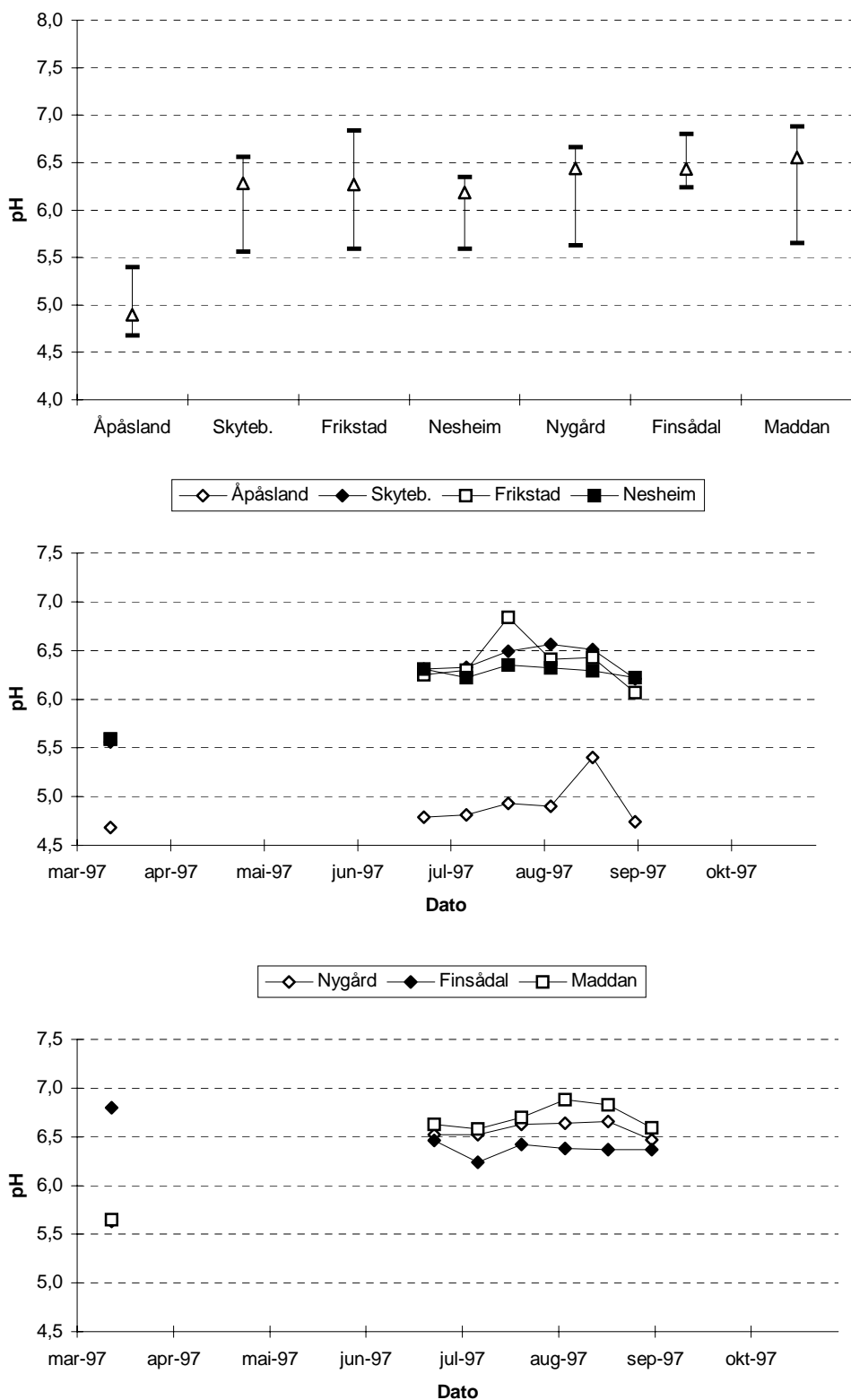
—◇— Åpåsland —◆— Skyteb. —□— Frikstad —■— Nesheim



—◇— Nygård —◆— Finsådal —□— Maddan



Figur 6. Totalt organisk karbon (TOC). Øverst: middel,- min- og maks-verdier. Midten og nederst: Sesongvariasjon på ulike stasjoner.



Figur 7. pH. Øverst: middel,- min- og maks-verdier. Midten og nederst: Sesongvariasjon på ulike stasjoner.

Ved tolkning av resultatene fra denne undersøkelsen er det viktig å være klar over at nær alle prøvene er innsamlet i sommerhalvåret, på en tid da vassdragene vanligvis er mindre sure enn i vinterhalvåret. Den biologiske produksjonen i sommerhalvåret bidrar til å øke pH, samtidig som tilførselen av surt vann fra utmarksområdene er små på denne tiden av året. Det vanlige i sur nedbør-undersøkelser er derfor å foreta månedlig prøvetaking gjennom hele året.

Den øverste stasjonen var sterkt påvirket av forsurening, med en middelvei på 4,9 (**Figur 7**). Laveste pH (4,7) ble målt i mars. Selv i løpet av sommeren holdt pH-verdiene seg stort sett under 5,0, med unntak av ett tilfelle i august, da det ble målt pH 5,4. Ved de pH-verdiene som er målt på denne stasjonen vil det foreligge store mengder labilt aluminium i vannet som vil være giftig for fisk.

Fra stasjon 2 og nedover ble det registrert betydelig høyere pH-verdier, både i mars-prøven og i løpet av sommeren. Det er trolig flere årsaker til dette, men geologi, jordsmonn og jordbrukskalking er trolig blant nøkkelfaktorene. pH-verdiene på stasjonene 2-7 holdt seg over 6,0 gjennom hele sommersesongen. Dette er et gunstig pH-nivå for fisk, men det er mye som tyder på at vannkvaliteten i vassdraget kan være betydelig dårligere i løpet av vinterhalvåret. En stikkprøve som ble tatt på samme strekning i mars 1997 viser pH-verdier på omkring 5,6, og det er sannsynlig at verdiene også kan ligge et godt stykke under dette, for eksempel under snøsmeltingen om våren.

3. Næringsstofftilførsler

Dette kapitlet inneholder beregninger av næringsstofftilførsler fra ulike kilder basert på opplysninger om arealbruk og avrenning samt eksisterende transportkoeffisienter for ulike areal typer og kilder (Holtan og Åstebøl 1990, Bratli *et al.* 1995). Det er beregnet tilførsler til hvert delnedbørfelt som avgrenses av de 7 prøvetakingsstasjonene.

3.1 Avrenning fra utmarksområder

Nitrogeninnholdet i nedbøren er forholdsvis godt dokumentert gjennom det statlige overvåkingsprogrammet for sur nedbør (Skjelkvåle 1996). På Birkenes-stasjonen i Aust-Agder, som må regnes som den mest representative for Finsånavassdraget, er nitrogenavsetningen for tiden omkring 1200 kg N/km²/år. Atmosfærisk tilførsel av fosfor er bare sporadisk undersøkt i Norge, men Bratli *et al.* (upubl.) anslår bidraget til 20-35 kg P/km² på Sørlandet (25 kg P/km² benyttet til beregninger i denne rapporten). Nitrogenforbindelsene i nedbøren stammer til en viss grad fra naturlige kilder, men det meste blir tilført som nitrogenoksider fra forbrenningsprosesser og som ammoniakkdamp fra landbruket. Kildene til fosfor i nedbøren er dårligere undersøkt, men det antas at en vesentlig del tilføres fra nærområdet i form av støvpartikler og pollen (Bratli *et al.* unpubl.).

Dersom nedbøren faller på vannoverflater, vil alt fosfor og nitrogen bli tilført vassdraget. Fra nedbør som faller over land blir det meste av næringsstoffene bundet i jorda eller i vegetasjonen, slik at en relativt liten andel blir tilført vassdragene. Det vil imidlertid alltid vaskes ut en viss mengde næringssalter fra utmarksområder (skog, myr, fjell) pga. naturlige jordprosesser. I følge Bratli *et al.* (1995) kan normalavrenningen fra utmarksområder på Sørlandet anslås til 6 kg P/km²/år og 340 kg N/km²/år (basert på en spesifikk avrenning på 35 L/s/km²).

Totalt er det beregnet en stofftransport fra utmarksområdene i Finsånavassdraget på 225 kg fosfor/år og 12500 kg nitrogen/år (**Tabell 4**).

Tabell 4. Finsånavassdraget. Arealavrenning fra utmark og næringsstoffbidrag fra nedbør avsatt direkte på innsjøoverflater. Koeffisienter hentet fra Bratli *et al.* (1995) og Bratli *et al.* (upubl.).

Nedbørfelt	Utmark			Innsjøoverflater		
	Areal (km ²)	kg N/år	kg P/år	Areal (km ²)	kg N/år	kg P/år
Stasjon 1	1,535	522	9	0,040	48	1
Stasjon 2	3,706	1260	22	0,060	72	2
Stasjon 3	4,393	1494	26	0,160	192	4
Stasjon 4	4,573	1555	27	0,100	120	3
Stasjon 5	3,402	1157	20	0,470	564	12
Stasjon 6	5,809	1975	35	0,310	372	8
Stasjon 7	8,860	3012	53	0,110	132	3
SUM	32,278	10975	194	1,250	1500	31

3.2 Landbruk

Punktkilder

Næringsstofftilførsler fra punktkilder i landbruket stammer hovedsakelig fra siloanlegg, gjødsellager og melkerom: **Siloanlegg:** På basis av opplysninger om standard på siloanlegg, samt husdyrmengde er det beregnet antatt lekkasje av næringsstoffer fra siloanlegg. Koeffisienter for husdyrs inntak av silofor, stoffinnhold i pressaft og stofftap for ulike standarder av siloanlegg er hentet fra Bratli *et al.* (1995).

Gjødsellager: Antatt lekkasje av næringsstoffer er beregnet på basis av opplysninger om standard på gjødsellagre, samt husdyrmengde. Koeffisienter for beregning av næringsstoffinnhold i husdyrgjødsel og stofftap fra gjødsellagre er hentet fra Bratli *et al.* (1995). **Melkerom:** Antatt lekkasje av næringsstoffer er beregnet på basis av opplysninger om antall melkekuer, samt disponering av melkeromsavløp. Koeffisienter for beregning av stoffinnhold i melkeromsavløp, samt stofftap ved ulike disponeringsmåter er hentet fra Bratli *et al.* (1995). Totalt er det beregnet et bidrag fra punktkilder i landbruket på 65 kg fosfor/år og 140 kg nitrogen/år (**Tabell 5**).

Tabell 5. Antatt forurensningsproduksjon fra silo, gjødsellager og melkerom i Finsånassdraget. Eventuelle lekkasjer fra rundballer er ikke medregnet. Koeffisienter hentet fra Bratli *et al.* (1995).

	St. 1	St. 2	St. 3	St. 4	St. 5	St. 6	St. 7	SUM
Siloanlegg								
Andel, høy standard		0,67	1,00	0,80	1,00	1,00	1,00	0,87
Andel hvor lekkasjer forekommer		0,33	0,00	0,20	0,00	0,00	0,00	0,13
Inntak av silofor (tonn /år)		322	294	606	160	119	37	1538
Pressaftmengde (tonn /år)		81	74	151	40	30	9	384
P-innhold i pressaft (kg/år)		16	15	30	8	6	2	77
N-innhold i pressaft (kg/år)		161	147	303	80	59	19	769
Antatt P-lekkasje (kg/år)		1	0	2	0	0	0	3
Antatt N-lekkasje (kg/år)		17	4	22	2	2	1	46
Gjødsellager								
Andel tette		0,50	0,50	0,67	1,00	1,00	0,50	0,63
Andel med små lekkasjer		0,25	0,25	0,17	0,00	0,00	0,50	0,21
Andel med plankeporter		0,25	0,25	0,17	0,00	0,00	0,00	0,16
Andel med store lekkasjer		0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
P i husdyrgjødsel (kg/år)		911	1123	1340	588	195	208	4365
N i husdyrgjødsel (kg/år)		5795	6664	8465	3684	1262	1334	27204
Antatt P-lekkasje (kg/år)		17	20	18	3	1	2	60
Antatt N-lekkasje (kg/år)		21	25	23	3	1	3	74
Melkerom								
Utslipp ledes til gjødsellager (andel)		1,00	0,00	0,50	1,00	1,00	0,00	0,50
Infiltrasjon i grunnen (andel)		0,00	0,67	0,25	0,00	0,00	1,00	0,33
Direkte til vassdrag (andel)		0,00	0,33	0,25	0,00	0,00	0,00	0,17
Melkekyr (antall)		38	33	47	14	11	6	149
P i melkeromsavløp (kg/år)		2,2	1,9	2,7	0,8	0,6	0,3	8,5
N i melkeromsavløp (kg/år)		13,2	11,5	16,3	4,9	3,8	2,1	51,7
Antatt P-lekkasje (kg/år)		0	1	1	0	0	0	3
Antatt N-lekkasje (kg/år)		0	10	7	0	0	2	22
Sum P-lekkasje (kg/år)		18	22	21	3	1	2	66
Sum N-lekkasje (kg/år)		38	39	52	5	3	5	142

Arealavrenning

Arealavrenning i landbruket er vanligvis en vesentlig større kilde til nitrogentransport enn punktkilder. Totalt er det beregnet et nitrogenbidrag fra arealavrenning på 5300 kg/år, mens det tilsvarende bidraget fra punktkildene er beregnet til 140 kg/år (**Tabell 6**). Forskjellene er imidlertid mye mindre når det gjelder fosfor: Arealavrenning fra dyrka mark er beregnet til å bidra med 190 kg fosfor/år, mens bidraget fra punktkilder er anslått til 65 kg fosfor/år.

For beregning av arealavrenning er det benyttet veiledende koeffisienter for indre strøk i Vest-Agder (Bratli *et al.* 1997). Dette tilsvarer 68 kg fosfor/km²/år og 1900 kg nitrogen/km²/år. For arealer benyttet til grønnsakproduksjon er koeffisientene i samråd med JORDFORSK (Nils Vagstad, pers. medd.) doblet i forhold til de veiledende.

Tabell 6. Arealavrenning fra jordbruket i Finsånassdraget. Koeffisienter hentet fra Bratli *et al.* (1995).

Nedbørfelt	Dyrka areal km²	Nitrogen kg/år	Fosfor kg/år
Stasjon 1	0,000		
Stasjon 2	0,709	1347	48
Stasjon 3	0,522	992	35
Stasjon 4	0,702	1355	48
Stasjon 5	0,378	718	26
Stasjon 6	0,206	391	14
Stasjon 7	0,255	485	17
Sum	2,772	5288	189

3.3 Bebyggelse

Næringsstofftilførsler fra bebyggelse er beregnet på basis av opplysninger om antall personer bosatt i nedbørfeltet, samt valg av avløpsløsninger. Koeffisienter for spesifikk næringsstoffproduksjon (g/personequivall/døgn), samt renseeffekt ved ulike rensenanordninger i spredt bebyggelse er hentet fra Bratli *et al.* (1995). Totalt er det beregnet at bebyggelsen i vassdraget årlig bidrar med omlag 120 kg fosfor og 1060 kg nitrogen (**Tabell 7**).

Tabell 7. Næringsstofftilførsler fra bebyggelse i Finsånavassdraget. Koeffisienter hentet fra Bratli *et al.* (1995).

	St. 1	St. 2	St. 3	St. 4	St. 5	St. 6	St. 7	SUM
Antall p.e.								
1. Tilknyttet rensanlegg								
2. Tilknyttet slamavskiller								
a) Med infiltrasjon		38	22	16				77
b) Med sandfilter				13				13
c) Direkte utslipp	13		26					38
3. Direkte utslipp	6			67	6	3	26	109
4. Minirensanlegg (med infiltrasjon)	3			13		3	3	22
5. Tett tank (med sandfilter)	8	3	32	16				59
SUM	69	51	141	22	6	29	318	
Utslipp P, kg/år								
1. Tilknyttet rensanlegg								
2. Tilknyttet slamavskiller								
a) Med infiltrasjon		4	2	1				7
b) Med sandfilter				7				7
c) Direkte utslipp	7		15					22
3. Direkte utslipp	4			42	4	2	16	68
4. Minirensanlegg (med infiltrasjon)	2			7		2	2	12
5. Tett tank (med sandfilter)	1	0	3	1				5
SUM	17	17	60	5	4	18	121	
Utslipp N, kg/år								
1. Tilknyttet rensanlegg								
2. Tilknyttet slamavskiller								
a) Med infiltrasjon		135	78	56				269
b) Med sandfilter				49				49
c) Direkte utslipp	52		104					156
3. Direkte utslipp	28			294	28	14	112	477
4. Minirensanlegg (med infiltrasjon)	12			49		12	12	86
5. Tett tank (med sandfilter)	3	1	14	7				26
SUM	230	184	463	35	26	124	1062	

3.4 Samlede næringsstofftilførsler til vassdraget

Basert på beregninger i de foregående seksjonene er det anslått en årlig fosfortilførsel til vassdraget på 600 kg P/år, eller 17 kg/km²/år (**Tabell 8**). Av dette er bidraget fra landbruk og bebyggelse anslått til hhv. 40 og 20%. Omlag 3/4 av landbrukstilførslene stammer fra arealavrenning, resten utgjøres hovedsakelig av lekkasjer fra gjødsellagre. Avrenning fra siloer og melkerom bidrar lite til forurensning av vassdraget.

De årlige nitrogentilførslene er anslått til 19 tonn. I motsetning til fosfor, stammer nitrogentilførslene hovedsakelig fra naturlige kilder eller fra langtransportert forurenset luft og nedbør. Disse kildene bidrar med omlag 65% av de totale nitrogentilførslene til vassdraget. Blant de lokale kildene er det kun avrenning fra landbruksareal (28%) og bidrag fra husholdningskloakk (6%) som har kvantitativ betydning.

Tabell 8. Finsånavassdraget. Samlede næringsstofftilførsler fordelt på kilder.

	St. 1	St. 2	St. 3	St. 4	St. 5	St. 6	St. 7	SUM
P-tilførsler (kg/år)								
Utmark	9	22	26	27	20	35	53	194
Innsjøoverflater	1	2	4	3	12	8	3	31
Dyrka mark	0	48	35	48	26	14	17	189
Siloanlegg	0	1	0	2	0	0	0	3
Gjødsellager	0	17	20	18	3	1	2	60
Melkerom	0	0	1	1	0	0	0	3
Kloakk	0	17	17	60	5	4	18	121
SUM	10	107	105	159	66	61	93	601
N-tilførsler (kg/år)								
Utmark	522	1260	1494	1555	1157	1975	3012	10975
Innsjøoverflater	48	72	192	120	564	372	132	1500
Dyrka mark	0	1347	992	1355	718	391	485	5288
Siloanlegg	0	17	4	22	2	2	1	46
Gjødsellager	0	21	25	23	3	1	3	74
Melkerom	0	0	10	7	0	0	2	22
Kloakk	0	230	184	463	35	26	124	1062
SUM	570	2947	2900	3545	2479	2767	3758	18966

4. Vurdering av resultatene

4.1 Klassifisering av vannkvalitetstilstand

De undersøkte lokalitetene er klassifisert i henhold til SFTs vurderingssystem for vannkvalitet i ferskvann (**Tabell 9**). På grunn av at det er samlet inn relativt få prøver fra hver lokalitet er klassifiseringsgrunnlaget forholdsvis usikkert. Usikkerheten vil generelt øke med graden av forurensning (Faafeng og Fjeld 1996). Vannkvalitetsvariasjonene kan være store i små, forurensede bekker som Finsåna. Klassifiseringssystemet er nærmere forklart i vedlegg A.

Referansestasjonen ved Åpåslund var lite påvirket av næringssalter, men sterkt påvirket av surhet (hhv. klasse 1 "god" og klasse 4 "dårlig"). Stasjonene 2-6 var markert påvirket av næringssalter og moderat påvirket av surhet (hhv. klasse 3 "nokså dårlig" og klasse 2 "mindre god"). Den nederste stasjonen ved Maddan var moderat påvirket av både næringssalter og forsuring (klasse 2 "mindre god").

Tabell 9. Samlet vurdering av vassdragets vannkvalitetstilstand. Klasse 1 er best, 5 er dårligst (se vedlegg A).

Lokalitet	Antall prøver	Tilstandsklasse	
		Næringssalter	Surhet
1) Åpåslund	7	1	4
2) Nedstr. Finsland (skytebane)	7	3	2
3) Nedstr. Frikstad	7	3	2
4) Nesheim bru	7	3	2
5) Nygard bru	7	3	2
6) Finsådal	7	3	2
7) Maddan (ved klekkeri)	7	2	2

4.2 Sammenligning med tidligere undersøkelser

Det er ikke tidligere foretatt noen større vannkvalitetsundersøkelse i Finsåna. Det foreligger noen enkeltmålinger fra perioden 1989-1991 som er analysert av Høgskolen i Agder (**Tabell 10**), men dette er for lite til å foreta sammenligninger. Vannkvaliteten i mindre bekker som Finsåna vil variere over året, både i forhold til klimamessige forhold og menneskelige aktiviteter i nedbørfeltet.

Tabell 10. Vannanalyser fra st. 7 Maddan foretatt i perioden 1989-1991 (kilde: Høgskolen i Agder).

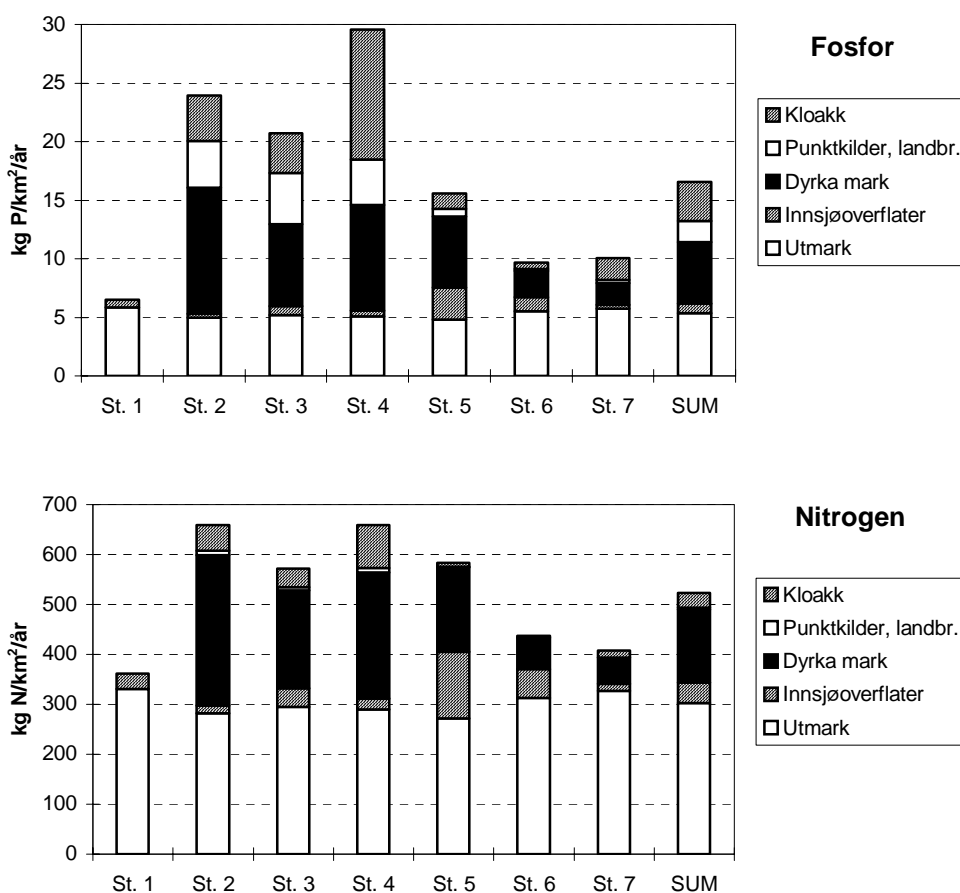
	28/11/89	09/07/90	08/08/90	23/10/91	Mid. denne unders.	Min/max denne unders.
pH	5,97	5,63	6,80	6,00	6,55	5,65-6,88
TOC (mg/L)	3,2	4,2	2,9	2,9	2,9	1,7-4,9
Tot-P, µg P/L	5	11	9	6	11	5-17
Tot-N, µg P/L	692	400	798	600	446	308-540

4.3 Næringsstofftilførsler

Det er god relativ overensstemmelse mellom de målte konsentrasjonene av næringsalter på de ulike stasjonene (**Figur 4, Figur 5**) og de teoretisk beregnede næringssalttilførslene i de enkelte nedbørfeltene (**Figur 8**). Det ble registrert en tredobling av fosforkonsentrasjonene mellom stasjon 1 og 4, mens tilførselsberegningene viser en femdobling. Det er vanlig å måle noe lavere fosforkonsentrasjoner i bekken enn det som kan beregnes teoretisk fordi noe av det tilførte fosforet vil holdes tilbake pga. biologiske prosesser og sedimentasjon.

For nitrogenet ble det målt en tredobling av konsentrasjonen mellom stasjon 1 og 4, mens de teoretiske beregningene antyder at nitrogentilførslene ved stasjon 4 er dobbelt så høye som ved stasjon 1. Dette forholdet kan skyldes at vannkvalitetsundersøkelsen er gjennomført på en tid av året hvor nitrogenbidraget fra arealavrenning og punktkilder er relativt stort (de teoretiske beregningene er gjennomsnittstall for hele året). En må imidlertid også være oppmerksom på at det ligger en forholdsvis stor usikkerhet i beregningene, i og med at de er basert på erfaringsmessige koeffisienter for et større geografisk område (Vest-Agder) (Bratli et al. 1995).

Vannkvaliteten i Finsånassdraget påvirkes relativt mye av lokale forurensningskilder. Dette gjelder spesielt fosforkonsentrasjonen, som vanligvis er lav i avrenning fra utmarksområder. Landbruket er totalt sett den viktigste forurensningskilden, men i enkelte områder, som i nedbørfeltet oppstrøms stasjon 4, bidrar den spredte bebyggelsen nesten like mye. Hovedkildene innenfor landbruket er arealavrenning fra dyrka mark og tilsig fra gjødsellagre.



Figur 8. Næringsstoffbidrag fra ulike kilder, regnet som kg per km².

4.4 Vurdering av behov for tiltak

Vannkvalitetsundersøkelsen som ble gjennomført i Finsåna i 1997 viser at vassdraget er tydelig påvirket av lokale forurensningskilder. Dette gir seg utslag i forhøyede næringssaltkonsentrasjoner, spesielt av fosfor. Fosforet vil i sommerhalvåret kunne føre til uønsket begroing og vegetasjonsvekst, som bl.a. kan redusere kvaliteten på bunndyr-/fiskehabitater og føre til økt oksygenforbruk ved nedbrytning av planterester.

De lokale forurensningskildene er hovedsakelig lokalisert i de midtre delene av vassdraget. Landbruket er totalt sett den viktigste forurensningskilden, men kloakkutslipp fra spredt bebyggelse har også stor relativ betydning i deler av nedbørfeltet.

Den generelle vannkvaliteten i Finsåna vil neppe være kritisk for de vannlevende organismene i bekken, men ved en såpass stor konsentrasjon av landbruksaktiviteter nær en sårbar resipient bør det tas en del forholdsregler i forbindelse med håndtering av husdyrgjødsel, silopressaft, plantevernmidler, drivstoff etc. nær vassdraget. Dersom noen av disse elementene havner direkte i bekken, kan fiskebestandene settes i fare.

For å redusere forurensningstilførslene, samt faren for akutt-utslipp til bekken foreslås følgende forholdsregler og tiltak:

1. Forholdsregler mot akutt forurensning:

- a) Husdyrgjødsel og silopressaft må ikke spres på frosset mark eller i forbindelse med kraftig nedbør.
- b) En bør unngå gjødselspredning helt inntil bekken, iallfall på strekninger hvor det mangler kantvegetasjon.
- c) På erosjonsutsatte arealer bør en være spesielt nøye med å pløye ned gjødsla raskt. Dette hindrer også avdamping av ammoniakk fra åkerarealene.

2. Tiltak for å redusere forurensningstilførsler (prioritert rekkefølge):

- a) Tiltak mot arealavrenning i landbruket (f.eks. etablering av vegetasjonssoner langs bekken, redusert høstpløying).
- b) Bedring av utslippsløsninger i spredt bebyggelse.
- c) Tiltak rettet mot punktkilder i landbruket (f.eks. utbedring av utette gjødsellagre).

I tillegg til momentene ovenfor, anbefales følgende faglige oppfølging:

- a) Ny vannkvalitetsundersøkelse etter at forurensningsbegrensende tiltak er satt i verk (dokumentasjon av effekter).
- b) En undersøkelse av begroingsalger og bunndyr i vassdraget, for å dokumentere eventuelle negative effekter av overgjødsling eller forsuring.
- c) For å få et bedre bilde av forsuringssituasjonen i vassdraget, bør det gjennomføres en vannkjemisk undersøkelse i vinterhalvåret, da en erfaringsmessig ser de største forsuringseffektene.

5. Litteratur

- Berglind, L., I. Dahl, E.T. Gjessing, D. Klaveness og M. Læg Reid. 1984. Organisk materiale. I: Vennerød, K. (red.). Vassdragsundersøkelser. Norsk limnologiforening / Universitetsforlaget: 110-126.
- Bratli, J.L., H. Holtan og S.O. Åstebøl. (upubl). Miljømål for vannforekomstene - tilførselsberegninger. Upubl. manus til SFT veileder 95:02.
- Bratli, J.L., H. Holtan og S.O. Åstebøl. 1997. Miljømål for vannforekomstene - tilførselsberegninger. SFT-veileder 95:02, TA-1139/1995, 70 s.
- DNMI 1998. Meteorologisk stasjon 4137 Bjelland, nedbørhøyder for 1997 samt normalperioden 1961-1990. Det norske meteorologiske institutt, Oslo.
- Faafeng, B. og E. Fjeld. 1996. Landsomfattende trofiundersøkelse av norske innsjøer. Statistisk analyse av usikkerhet i sesongmiddelverdier. NIVA-rapport 3427, 21 s.
- Holtan, H. og D.S. Rosland. 1992. Klassifisering av miljøkvalitet i ferskvann. SFT-veiledning nr. 92:06, TA-905/1992, 32 s.
- Holtan, H. og S.O. Åstebøl. 1990. Håndbok i innsamling av data om forurensningstilførsler til vassdrag og fjorder. Revidert utgave. NIVA-rapport 2510, 53 s.
- Kaste, Ø., A. Henriksen, and A. Hindar. 1997. Retention of atmospherically-derived nitrogen in subcatchments of the Bjerkreim River in Southwestern Norway. *Ambio* 26: 296-303.
- NVE 1996. Hydrologisk kart for Mandalsvassdraget. Norges vassdrags- og energiverk, hydrologisk avdeling, Oslo.
- Skjelkvåle, B.L. (red.) 1996. Overvåking av langtransportert forurenset luft og nedbør. Årsrapport - effekter 1995. Statens forurensningstilsyn (SFT), rapport 671/96, 193 s.

Vedlegg A. SFTs klassifiseringssystem

Klassifisering av tilstand.

På grunnlag av målte konsentrasjoner kan tilstandsklassen bestemmes ut fra **Tabell 11** nedenfor. Tilstandsklassen tar ikke hensyn til hvorvidt de målte konsentrasjonene er høyere eller lavere enn bakgrunnskonsentrasjonen. SFTs veileder inneholder også et verktøy for å vurdere egnet av vannet for ulike brukerinteresser som drikkevann, jordvanning, friluftsbad og rekreasjon, fiskeoppdrett og sportsfiske.

Tabell 11. Klassifisering av vannkvalitetstilstand i ferskvann. Et utvalg av de viktigste parametrene. Utdrag fra SFTs veileder fra 1992 (Holtan og Rosland 1992).

Virksomheter av:	Parametre	Tilstandsklasser				
		I "God"	II "Mindre god"	III "Nokså dårlig"	IV "Dårlig"	V "Meget dårlig"
Næringsalter	Totalfosfor ($\mu\text{g P/L}$)	<7	7-11	11-20	20-50	>50
	Totalnitrogen ($\mu\text{g N/L}$)	<250	250-400	400-550	550-800	>800
	Klorofyll a ($\mu\text{g kl.a/L}$)	<2	2-3,7	3,7-7,5	7,5-20	>20
	Siktedyp (m)	>7	4-7	2-4	1-2	<1
	Oksygenmetning (%)	>80	50-80	30-50	15-30	<15
Organiske stoffer	TOC (mg C/L)	<2,5	2,5-3,5	3,5-6,5	6,5-15	>15
	KOF _{Mn} (mg O/L)	<2,5	2,5-3,5	3,5-6,5	6,5-15	>15
	Fargetall (mg Pt/L)	<15	15-25	25-40	40-80	>80
	Oksygenmetning (%)	>80	50-80	30-50	15-30	<15
Forsurende stoffer	Alkalitet (mmol/L)	>0,2	0,05-0,2	0-0,05	0	0
	pH	>6,7	6,0-6,7	5,3-6,0	4,7-5,3	<4,7
Miljøgifter	Kobber ($\mu\text{g Cu/L}$)	<2	2-5	5-15	15-20	>50
	Sink ($\mu\text{g Zn/L}$)	<10	10-30	30-60	60-110	>110
	Kadmium ($\mu\text{g Cd/L}$)	<0,04	0,04-0,1	0,1-0,2	0,2-0,5	>0,5
	Bly ($\mu\text{g Pb/L}$)	<1	1-3	3-5	5-10	>10
	Nikkel ($\mu\text{g Ni/L}$)	<3	3-10	10-30	30-100	>100
	Krom ($\mu\text{g Cr/L}$)	<1	1-3	3-10	10-50	>50
	Kvikksølv ($\mu\text{g Hg/L}$)	<0,01	0,01-0,04	0,04-0,1	0,1-0,3	>0,3
	Aluminium ($\mu\text{g Al/L}$)	<5	5-20	20-50	50-100	>100
	Jern ($\mu\text{g Fe/L}$)	<50	50-100	100-300	300-600	>600
	Mangan ($\mu\text{g Mn/L}$)	<20	20-50	50-100	100-150	>150
Partikler	Turbiditet (FTU)	<0,5	0,5-1	1-2	2-5	>5
	Suspendert stoff (mg/L)	<1,5	1,5-3	3-5	5-10	>10
	Siktedyp (m)	>7	4-7	2-4	1-2	<1
Tarmbakterier	Termostabile koli. bakt. (antall/100 ml) v/44°C	<5	5-50	50-200	200-1000	>1000

Vedlegg B. Primærdata

STASJON		DATO	pH	TURB NTU	FARGE mg Pt/L	PO4-P µg P/L	TOT-P µg P/L	NH4-N µg N/L	NO3-N µg N/L	TOT-N µg N/L	K mg/L	TOC mg/L	O2 mg/L	Temp oC
1	Åpåsland	12/03/97	4,68			<2	11	23	63	150	0,3		8,1	2,3
1	Åpåsland	24/06/97	4,79	0,3	26	2	2	4	9	104	0,1	6,5		9,8
1	Åpåsland	08/07/97	4,81	0,5	25	<2	5	<2	40	210	0,1	4,3		12,1
1	Åpåsland	22/07/97	4,93	0,8	34	<2	3	13	10	180	0,2	4,6		14,2
1	Åpåsland	05/08/97	4,90	0,6	35	<2	11	9	<10	190	0,2	3,8		12,8
1	Åpåsland	19/08/97	5,40	1,1	18			15	30	350	0,3	6,2		13,7
1	Åpåsland	02/09/97	4,74	0,5	29	<2	6	4	10	150	0,3	5,1		13,5
1	Åpåsland	Mid	4,89	0,6	28	2	6	10	25	191	0,2	5,1		
1	Åpåsland	Min	4,68	0,3	18	2	2	2	9	104	0,1	3,8		
1	Åpåsland	Max	5,40	1,1	35	2	11	23	63	350	0,3	6,5		
1	Åpåsland	N	7	6	6	6	6	7	7	7	7	6		
2	Skytebane	12/03/97	5,56			8	21	61	358	440	0,8			3,4
2	Skytebane	24/06/97	6,31	0,4	19	3	6	3	291	395	0,9	5,0		10,0
2	Skytebane	01/07/97											9,2	14,8
2	Skytebane	08/07/97	6,33	0,7	16	6	11	23	350	890	0,8	2,4		10,9
2	Skytebane	14/07/97											10,2	11,8
2	Skytebane	22/07/97	6,49	0,6	17	5	16	13	500	580	0,9	1,8	10,1	14,2
2	Skytebane	29/07/97											10,5	10,6
2	Skytebane	05/08/97	6,56	0,6	13	3	13	8	120	660	0,9	1,4	10,5	11,5
2	Skytebane	12/08/97											3,4	14,8
2	Skytebane	19/08/97	6,51	1,0	17	11	12	9	760	850	1,2	1,7	10,4	11,4
2	Skytebane	02/09/97	6,21	0,9	27	6	16	21	290	430	1,0	4,3	11,9	13,2
2	Skytebane	Mid	6,28	0,7	18	6	14	20	381	606	0,9	2,8	9,5	
2	Skytebane	Min	5,56	0,4	13	3	6	3	120	395	0,8	1,4	3,4	
2	Skytebane	Max	6,56	1,0	27	11	21	61	760	890	1,2	5,0	11,9	
2	Skytebane	N	7	6	6	7	7	7	7	7	7	6	8	
3	Frikstad	12/03/97	5,59			9	22	51	376	474	0,8		12,1	3,4
3	Frikstad	24/06/97	6,25	0,5	19	2	8	6	283	375	0,7	4,9		11,1
3	Frikstad	01/07/97											8,9	15,2
3	Frikstad	08/07/97	6,30	0,6	19	5	11	24	440	1030	0,8	2,3		12,2
3	Frikstad	14/07/97											10,0	12,7
3	Frikstad	22/07/97	6,84	0,8	20	5	17	<2	540	690	0,9	2,7	9,7	13,7

NIVA 3814 / 1998

STASJON		DATO	pH	TURB NTU	FARGE mg Pt/L	PO4-P µg P/L	TOT-P µg P/L	NH4-N µg N/L	NO3-N µg N/L	TOT-N µg N/L	K mg/L	TOC mg/L	O2 mg/L	Temp oC
3	Frikstad	29/07/97											10,2	11,5
3	Frikstad	05/08/97	6,41	0,9	16	4	13	19	120	540	1,0	1,7	9,7	11,7
3	Frikstad	12/08/97											7,7	16,8
3	Frikstad	19/08/97	6,43	0,8	11	5	13	28	770	790	1,1	1,5	9,1	11,8
3	Frikstad	02/09/97	6,07	1,0	24	4	16	22	300	450	1,0	4,5	10,9	13,3
3	Frikstad	Mid	6,27	0,8	18	5	14	22	404	621	0,9	2,9	9,8	
3	Frikstad	Min	5,59	0,5	11	2	8	2	120	375	0,7	1,5	7,7	
3	Frikstad	Max	6,84	1,0	24	9	22	51	770	1030	1,1	4,9	12,1	
3	Frikstad	N	7	6	6	7	7	7	7	7	7	6	9	
4	Nesheim bru	12/03/97	5,59			8	23	61	391	485	0,9		12,1	3,5
4	Nesheim bru	24/06/97	6,31	0,9	18	4	9	10	274	403	0,8	4,9		12,0
4	Nesheim bru	01/07/97											8,6	16,2
4	Nesheim bru	08/07/97	6,22	1,3	24	9	23	50	430	970	0,9	3,0		13,4
4	Nesheim bru	14/07/97											8,8	14,6
4	Nesheim bru	22/07/97	6,35	1,1	19	14	24	31	590	750	1,1	1,7	8,3	14,8
4	Nesheim bru	29/07/97											7,9	13,2
4	Nesheim bru	05/08/97	6,32	1,1	16	7	18	41	120	500	1,0	1,6	8,5	13,3
4	Nesheim bru	12/08/97											7,3	17,9
4	Nesheim bru	19/08/97	6,29	1,2	12	10	20	43	790	960	1,4	1,7	7,4	13,7
4	Nesheim bru	02/09/97	6,22	1,0	26	5	17	34	340	470	1,3	3,9	9,4	14,1
4	Nesheim bru	Mid	6,19	1,1	19	8	19	39	419	648	1,0	2,8	8,7	
4	Nesheim bru	Min	5,59	0,9	12	4	9	10	120	403	0,8	1,6	7,3	
4	Nesheim bru	Max	6,35	1,3	26	14	24	61	790	970	1,4	4,9	12,1	
4	Nesheim bru	N	7	6	6	7	7	7	7	7	7	6	9	
5	Nygård bru	12/03/97	5,63			5	20	61	402	509	0,8			3,9
5	Nygård bru	24/06/97	6,52	0,7	16	3	9	16	308	440	0,9	4,9		13,4
5	Nygård bru	08/07/97	6,52	1,0	19	5	16	35	380	730	0,9	3,2		15,9
5	Nygård bru	22/07/97	6,63	1,3	13	5	21	19	540	750	1,1	2,2		16,7
5	Nygård bru	05/08/97	6,64	1,1	22	7	14	17	110	400	1,1	1,9		15,0
5	Nygård bru	19/08/97	6,66	1,3	11	4	13	23	580	750	1,5	2,6		16,7
5	Nygård bru	02/09/97	6,47	0,8	21	5	14	34	330	460	1,3	3,6		14,9
5	Nygård bru	Mid	6,44	1,0	17	5	15	29	379	577	1,1	3,0		
5	Nygård bru	Min	5,63	0,7	11	3	9	16	110	400	0,8	1,9		
5	Nygård bru	Max	6,66	1,3	22	7	21	61	580	750	1,5	4,9		
5	Nygård bru	N	7	6	6	7	7	7	7	7	7	6		
6	Finsådal	12/03/97	6,80			4	18	61	395	491	0,8			3,6

NIVA 3814 / 1998

STASJON		DATO	pH	TURB NTU	FARGE mg Pt/L	PO4-P µg P/L	TOT-P µg P/L	NH4-N µg N/L	NO3-N µg N/L	TOT-N µg N/L	K mg/L	TOC mg/L	O2 mg/L	Temp oC
6	Finsådal	24/06/97	6,46	0,8	21	3	7	3	211	338	0,8	5,0		12,9
6	Finsådal	08/07/97	6,24	1,3	25	3	13	30	290	550	0,7	5,1		15,3
6	Finsådal	22/07/97	6,42	1,3	26	5	21	18	400	710	1,0	2,5		16,3
6	Finsådal	05/08/97	6,38	1,1	23	3	12	17	90	350	1,0	1,9		15,1
6	Finsådal	19/08/97	6,37	2,0	10	3	14	15	420	540	1,3	2,5		16,1
6	Finsådal	02/09/97	6,37	0,7	17	3	12	22	240	370	1,0	3,4		15,4
6	Finsådal	Mid	6,43	1,2	20	4	14	24	292	478	0,9	3,4		
6	Finsådal	Min	6,24	0,7	10	3	7	3	90	338	0,7	1,9		
6	Finsådal	Max	6,80	2,0	26	5	21	61	420	710	1,3	5,1		
6	Finsådal	N	7	6	6	7	7	7	7	7	7	6		
7	Maddan	12/03/97	5,65			2	15	58	369	465	0,7		12,7	4,0
7	Maddan	24/06/97	6,63	0,6	23	2	6	4	182	308	0,8	4,9		13,5
7	Maddan	08/07/97	6,58	0,5	20	2	10	12	290	540	0,7	2,8		15,9
7	Maddan	22/07/97	6,70	0,5	22	2	17	5	380	530	1,1	2,5		17,3
7	Maddan	05/08/97	6,88	0,5	18	<2	11	8	100	430	1,1	1,7		15,7
7	Maddan	19/08/97	6,83	0,4	13	<2	5	28	450	500	1,3	2,0		16,4
7	Maddan	02/09/97	6,59	0,5	23	3	11	15	220	350	0,9	3,2		15,5
7	Maddan	Mid	6,55	0,5	20	2	11	19	284	446	0,9	2,9		
7	Maddan	Min	5,65	0,4	13	2	5	4	100	308	0,7	1,7		
7	Maddan	Max	6,88	0,6	23	3	17	58	450	540	1,3	4,9		
7	Maddan	N	7	6	6	7	7	7	7	7	7	6		