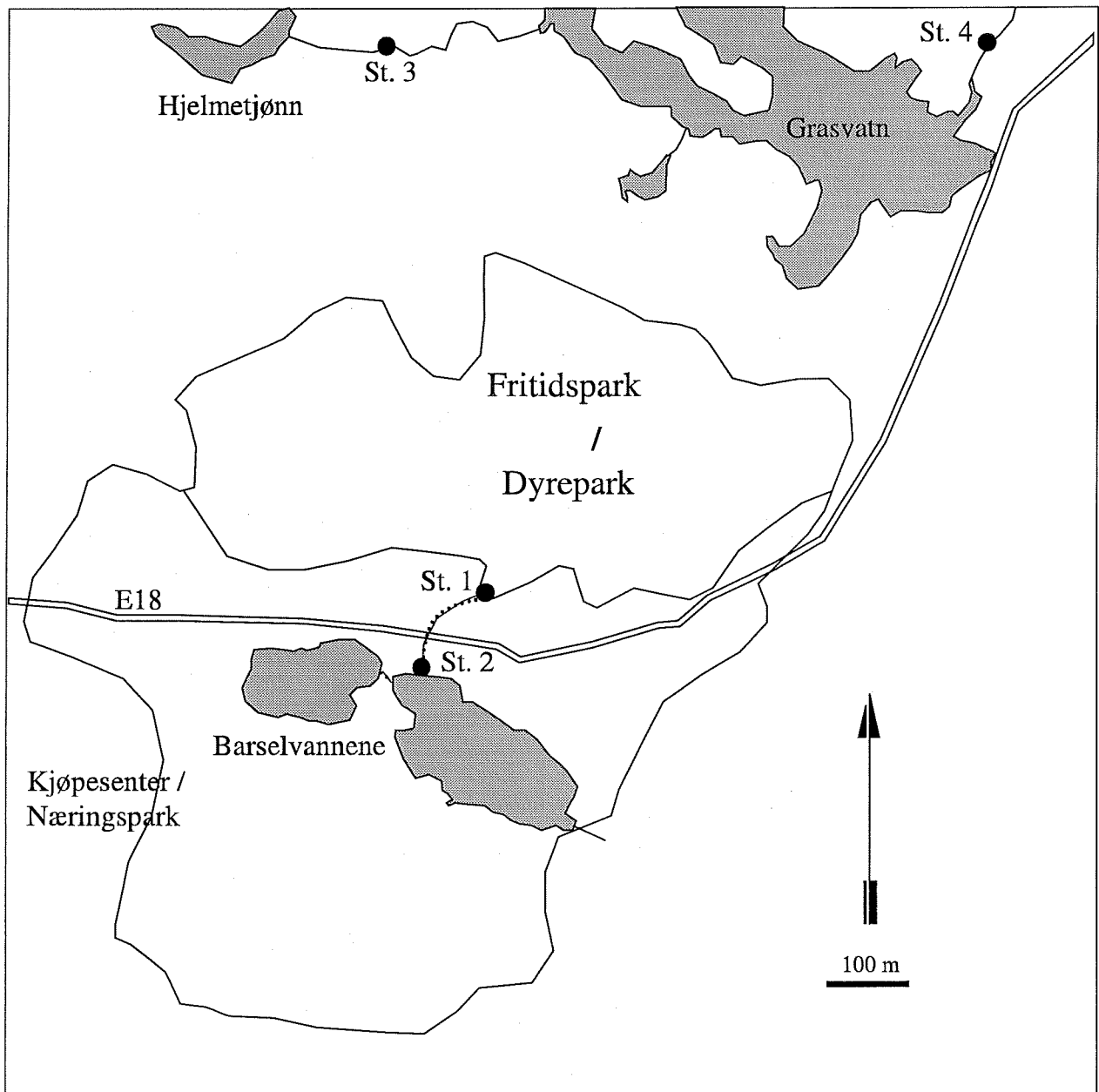


RAPPORT LNR 4475-2001

Næringssaltavrenning fra Kristiansand Dyrepark



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 Nærings saltavrenning fra Kristiansand Dyrepark (<i>Nutrient runoff from Kristiansand Zoo</i>) | Løpenr. (for bestilling) 4475-02 | Dato Januar 2002 | |
| | Prosjektnr. Undernr. O-20185 | Sider 14 | Pris 200,- |
| Forfatter(e) Kaste, Øyvind | Fagområde Overvåking | Distribusjon Fri | |
| | Geografisk område Vest-Agder | Trykket NIVA | |

| | |
|---|--|
| Oppdragsgiver(e) Kristiansand Dyrepark ASA | Oppdragsreferanse Hans-Petter Westnes |
|---|--|

Sammendrag

For å undersøke mulig nærings saltpåvirkning på to nærliggende innsjøer/vassdrag (Barselvatn og Grasvatn) ble det i tidsrommet okt 2000 – sept 2001 foretatt vannkjemiske undersøkelser i fire bekker som drenerer ut fra Kristiansand Dyrepark. Undersøkelsen viser i hovedtrekk at vannet som renner ut av Dyreparken mot Barselvatn er meget sterkt forurenset av fosfor og nitrogen (middelverdier hhv. 147 og 1470 µg/L). Også i en bekk som drenerer mot Grasvatn ble det funnet høyere konsentrasjoner av total fosfor og nitrogen enn det en forventer å finne i en upåvirket skogsbekk. Resultatene fra undersøkelsene i 2000/01 bekrefter i store trekk nivåene som ble funnet under en vassdragsundersøkelse i 1988/89. Det ser det imidlertid ut til å ha funnet sted en økning i fosfor-konsentrasjonen i Grasvatn siden forrige undersøkelse, fra et middelnivå omkring 2±1 µg/L til 11±6 µg/L. De nye dataene gir ikke grunnlag for å anta at fosforbelastningen på Barselvatn har avtatt siden 1988/89, da det ble antydnet en mulig kritisk utvikling mht. overgjødning. Det er anbefalt (i) en ny innsjøundersøkelse i selve Barselvatn (evt. også Grasvatn), (ii) vurdering av mulige tiltak for å redusere nærings salt-tilførselene til Barselvatn, og (iii) identifisering av potensielle forurensningskilder i nedslagsfeltet til Grasvatn.

| | |
|---------------------|-----------------------|
| Fire norske emneord | Fire engelske emneord |
| 1. Vassdrag | 1. Watercourse |
| 2. Nærings salt | 2. Nutrients |
| 3. Avrenning | 3. Runoff |
| 4. Dyrepark | 4. Zoo |


Øyvind Kaste
Prosjektleder


Brit Lisa Skjelkvåle
Forskningsleder


Nils Roar Sælthun
Forskningsjef

Næringssaltavrenning fra Kristiansand Dyrepark

Forord

NIVA ble høsten 1999 bedt om å utarbeide et forslag til program for undersøkelse av næringssaltavrenning fra Kristiansand Dyrepark til Barselvatn i Ånavassdraget. En revidert versjon av prosjektforslaget, datert 31.8.00, ble akseptert av Fylkesmannen og Dyreparken kort tid etter, og prøvetaking ble igangsatt 2.10.00.

Vår kontaktperson hos Kristiansand Dyrepark, Hans-Petter Westnes, har stått for prøvetaking og forsendelse av prøver til NIVAs laboratorium i Oslo.

Grimstad, januar 2002

Øyvind Kaste

Innhold

| | |
|---|-----------|
| Sammendrag | 5 |
| Summary | 5 |
| 1. Innledning | 6 |
| 1.1 Bakgrunn og formål | 6 |
| 1.2 Materiale og metoder | 6 |
| 1.3 Områdebeskrivelse | 6 |
| 2. Resultater | 8 |
| 3. Vurdering | 10 |
| 3.1 Klassifisering av vannkvalitetstilstand | 10 |
| 3.2 Sammenligning med tidligere undersøkelser | 10 |
| 3.3 Vurdering av belastning på Barselvatn | 11 |
| 3.4 Anbefalinger | 11 |
| 4. Referanser | 12 |
| Vedlegg A. SFTs klassifiseringssystem | 13 |
| Vedlegg B. Primærdata | 14 |

Sammendrag

For å undersøke mulig næringssaltpåvirkning på to nærliggende innsjøer/vassdrag (Barselvatn og Grasvatn) ble det i tidsrommet okt 2000 – sept 2001 foretatt vannkjemiske undersøkelser i fire bekker som drenerer ut fra Kristiansand Dyrepark. Undersøkelsen viser i hovedtrekk at vannet som renner ut av Dyreparken mot Barselvatn (stasjon 1) er meget sterkt forurenset av fosfor og nitrogen. Middelkonsentrasjonene av total fosfor ved denne stasjonen (147 µg/L) lå anslagsvis 20-30 ganger høyere enn det en kan forvente å finne i upåvirkede skogsbekker. Også i en bekk som drenerer mot Grasvatn (stasjon 3) ble det funnet høyere konsentrasjoner av total fosfor (17-34 µg/L) og nitrogen enn det en forventer å finne i en upåvirket skogsbekk. Grasvatn (stasjon 4), som var antatt å være relativt upåvirket av lokal forurensning, hadde tidvis forhøyede konsentrasjoner av både total fosfor (maks 19 µg/L) og total nitrogen (maks 980 µg/L) i utløpet.

Den høye næringsstoffavrenningen fra Dyreparken mot Barselvatn bekrefter resultater fra tidligere undersøkelser i det samme området i 1988/89. Det ser det imidlertid ut til å ha funnet sted en økning i fosfor-konsentrasjonen i Grasvatn siden forrige undersøkelse, fra et middelnivå omkring 2 ± 1 µg/L til 11 ± 6 µg/L. Årsaken til dette er ikke klar, men mulige kilder i Dyreparken/Fritidsparken og Travparken bør forsøkes identifisert. De nye dataene gir ikke grunnlag for å anta at fosforbelastningen på Barselvatn har avtatt siden 1988/89, da det ble antydnet en mulig kritisk utvikling mht. overgjødning. På basis av de nye resultatene er det anbefalt følgende oppfølging: (i) ny innsjøundersøkelse i selve Barselvatn (evt. også Grasvatn) for å få en oppdatert oversikt på næringssaltstatus, algemengder og evt. avlastningsbehov, (ii) vurdering av mulige tiltak for å redusere næringssalt-tilførslene av (særlig fosfor) fra Dyrepark-området til Barselvatn, og (iii) identifisering av potensielle forurensningskilder i nedslagsfeltet til Grasvatn.

Summary

Title: Nutrient runoff from Kristiansand Zoo

Year: 2002

Author: Kaste, Øyvind

Source: Norwegian Institute for Water Research, ISBN No.: ISBN 82-577-4122-1

Four small brooks in the surroundings of Kristiansand Zoo were monitored during Oct 2000 – Sept 2001 in order to assess the nutrient loads on two adjacent lakes (Barselvatn and Grasvatn). The highest mean total phosphorus and nitrogen concentrations (147 and 1470 µg/L, respectively) were found at site 1, which is draining large parts of the Zoo area and subsequently discharges into Lake Barselvatn. Also in a second brook (site 3; within the Lake Grasvatn catchment), draining the outer parts of the Zoo area, nutrient concentrations were elevated, but not to such an extent as at site 1. When comparing with data from 1988/89, total phosphorus concentrations at the outlet of Lake Grasvatn (site 4) seem to have increased, from a mean level of 2 ± 1 µg/L to 11 ± 6 µg/L. Nutrient concentrations at site 1 were of the same magnitude as recorded in 1988/89. Hence, the lake might still be in critical phase with respect to eutrophication (as noted for the first time in 1988/89). On the basis of the new data, it is recommended to: (i) carry out new water quality investigations in Lake Barselvatn (and possibly also in Lake Grasvatn), evaluate possible measures to reduce nutrient inputs to Lake Barselvatn, and (iii) examine potential pollution sources within the Lake Grasvatn catchment.

1. Innledning

1.1 Bakgrunn og formål

Kristiansand Dyrepark ligger innenfor nedbørfeltene til Barselvatn (Ånavassdraget), som drenerer mot Kvåsefjorden og Grasvatn som drenerer mot Tovdalselva. Tidligere undersøkelser i Barselvatn har vist at innsjøen kan være inne i en kritisk fase mht. overgjødsling (Hindar, 1990). Det er flere potensielle forurensningskilder rundt Barselvatn (industriområde, kjøpesenter, dyrepark), men i denne omgang ønsket Fylkesmannen i Vest-Agder å kartlegge mulig påvirkning fra Kristiansand Dyrepark. Det er ikke dokumentert overgjødslingsproblemer i Grasvatn som følge av aktiviteter i nedbørfeltet, men Dyreparken ønsket selv å undersøke næringssalt-nivået i bekken fra Hjelmetjønn som teoretisk kan motta forurenset avrenning fra et gjødsel/sagflis-deponi inne på dyrepark-området.

Målet med undersøkelsen har vært å:

- framskaffe data som er nødvendige for kartlegge næringssaltavrenningen fra Dyreparken til Barselvatn.
- påvise eventuell negativ påvirkning av Hjelmetjønn fra deponi

1.2 Materiale og metoder

Prøvetaking og analyser

Dreneringen fra Dyreparken mot Barselvatn går via flere smådammer som samler seg i ett punkt like nord for E18 (stasjon 1), hvorfra fra vannet går i rør som munner ut i kanten av Barselvatnet (stasjon 2) (**Figur 1**). I tillegg er det tatt prøver i bekken fra Hjelmetjønn (stasjon 3), samt i utløpet av Grasvatn (stasjon 4). Sistnevnte stasjon var antatt å være lite påvirket av næringssalter fra Fritidsparken / Dyreparken. I løpet av en ett-års periode (2.10.00-20.9.01) ble det tatt prøver hver 14. dag på stasjon 1 og fire ganger (høst, vinter, vår, sommer) på hver av de øvrige stasjonene. Kartreferanse (UTM-koordinater) for stasjonene er gitt i **Vedlegg B1**.

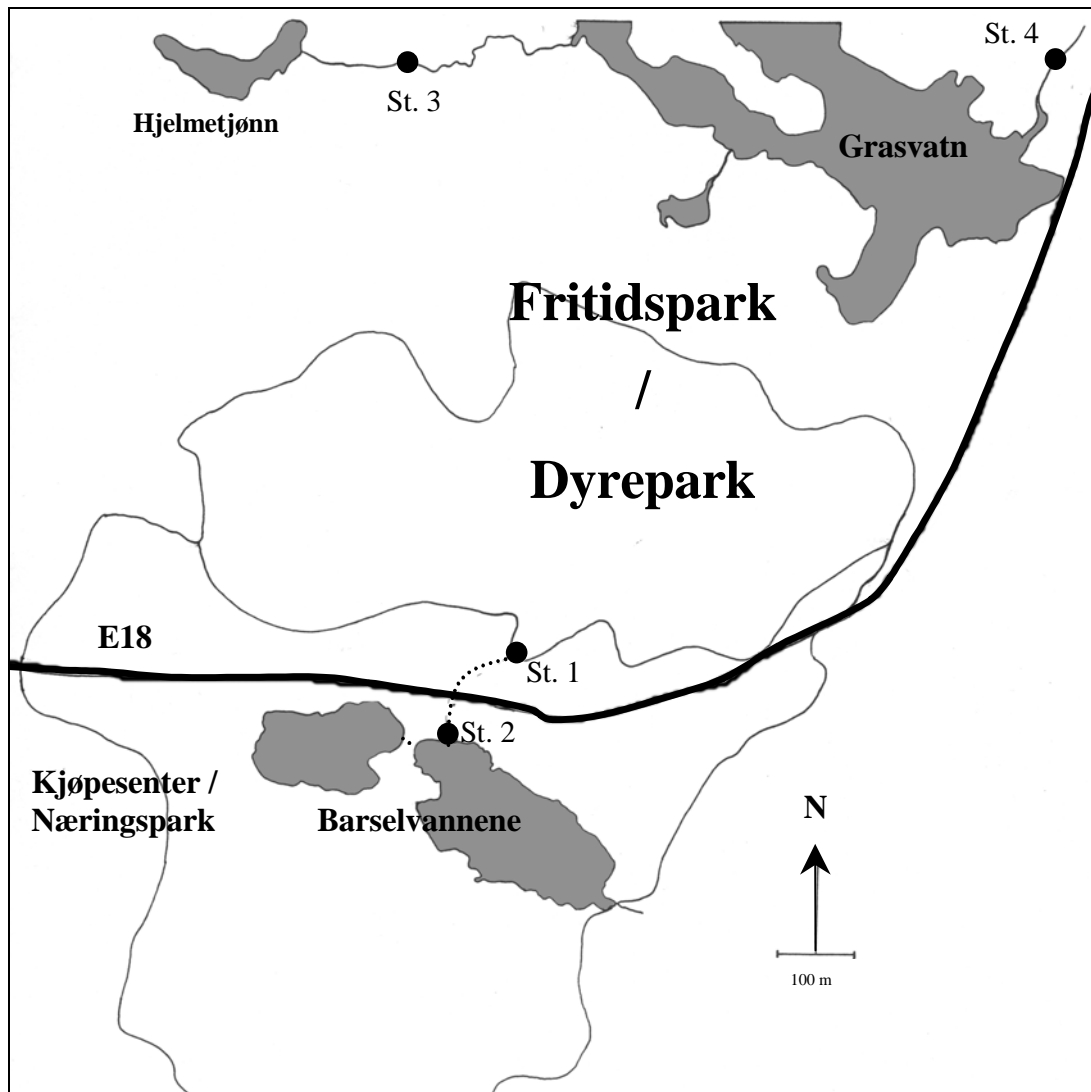
Alle prøver ble analysert med hensyn på total fosfor og total nitrogen.

Vannstand

Det ble satt ned en målestav ved utløpsrøret fra Dyreparken (stasjon 1) for avlesning av vannstand. Denne ble avlest under hver prøvetaking, og dataene er vist i **Vedlegg B2**. Vannstanden i utløpsrøret gir et relativt mål på vannføringen ut fra Dyreparken på de aktuelle prøvetakingstidspunktene. Vannføringen ble estimert ved tre anledninger ved å måle vannhastighet inn i røret, men på grunn av små vannstandsforskjeller ved de tre måletidspunktene gir dataene ikke grunnlag for å framstille noen tilfredsstillende vannføringskurve (sammenheng mellom vannstand og vannføring).

1.3 Områdebeskrivelse

Det totale nedbørfeltet til Barselvatn (nedre basseng) er beregnet til 0.61 km² (**Figur 1**). Av dette drenerer 0.23 km² gjennom Dyreparkens område (stasjon 1). Det er her tatt hensyn til at vannskillet mellom Barselvatn og Grasvatn enkelte steder er endret pga. overføring/kunstig drenering (bl.a. fra savanne-området, vanngrav rundt apene, området rundt tømmerrenna og deler av parkeringsplassen utenfor hovedinngangen). Vannskillet kan også være endret andre steder pga. drens-systemer omkring E18 og kjøpesentrene i den sørvestre delen. Dette skaper noe usikkerhet omkring nedbørfeltgrensene i disse delene av vassdraget.



Figur 1. Barselvatn med nedbørfelt. Prøvetakingsstasjoner i- og utenfor nedbørfeltet er markert.

Med en gjennomsnittlig årsavrenning på ca. 30 l/s/km^2 (NVE, 1987), vil årsmiddelvannføringen ved stasjon 1 være omkring $25 \text{ m}^3/\text{time}$. I tillegg pumpes det omlag $20 \text{ m}^3/\text{time}$ inn i Barselvatn-feltet fra Grasvatn i sommerhalvåret.

Basert på dybdekart gjengitt i Hindar (1990) er det beregnet et middeldyp i det nedre bassenget av Barselvatn på 5.5 meter. Med et innsjøareal på 0.026 km^2 tilsvarer dette et vannvolum på 0.143 mill. m^3 . Maksimalt dyp i dette bassenget er omkring 16 meter. Basert på antatt tilrenning fra nedbørfeltet er det beregnet en teoretisk oppholdstid for vannet i det nedre bassenget på 0.25 år. Inkludert det vannet som pumpes inn i nedbørfeltet fra Grasvatn vil oppholdstiden i realiteten bli noe kortere.

2. Resultater

Naturlige bakgrunnskonsentrasjoner av fosfor og nitrogen i avrenning fra utmarksområder på Sørlandet ligger hhv. i intervallene 3-5 µg P/L og 300-500 µg N/L (Skjelkvåle *et al.*, 1997). Høye konsentrasjoner av humusforbindelser (sterkt brunfarget vann) kan føre til noe høyere total-konsentrasjoner enn det som er nevnt ovenfor, men ved nivåer særlig høyere enn 10 µg/L total fosfor er det ofte tale om lokale forurensningskilder, for eksempel landbruksavrenning eller kloakkutslipp. En stor del av nitrogenet som renner av fra utmarksområder stammer fra langtransportert forurenset luft og nedbør (SFT, 2001). Nitrogenedfallet er høyest i de sørlige og sørvestlige delene av landet, og det er også her en finner de høyeste bakgrunnskonsentrasjonene av nitrogen i innsjøer og bekker.

Status mht fosfor og nitrogen

Undersøkelsen i 2000/01 viser at vannet som renner ut av Dyreparken mot Barselvatn (stasjon 1) er meget sterkt forurenset av fosfor og nitrogen (**Tabell 1**, **Figur 2**). Middelkonsentrasjonene av total fosfor ved denne stasjonen (147 µg/L) lå anslagsvis 20-30 ganger høyere enn det en kan forvente å finne i upåvirkede skogsbekker. Prøvene fra januar og april indikerer at det tidvis forekommer en fortykning av vannet mellom stasjon 1 og 2, med mindre forurenset vann fra nærområdene omkring E18-traseen. Vannet var imidlertid fortsatt svært forurenset idet det rant inn i Barselvannet.

Tabell 1. Middelkonsentrasjoner av total fosfor og total nitrogen.

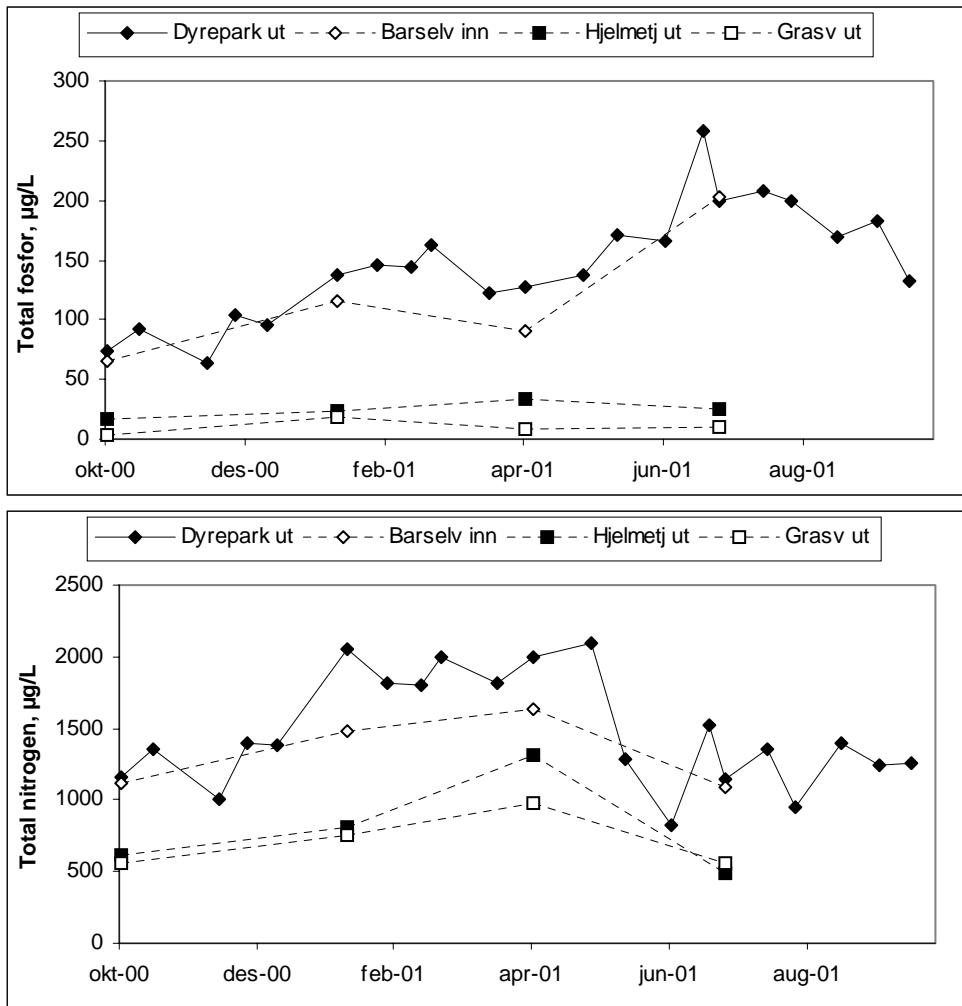
| | Tot-P | Tot-N | Ant prøver |
|---------------------|-------|-------|------------|
| 1 Utløp Dyreparken | 147 | 1471 | 21 |
| 2 Innløp Barselvatn | 119 | 1333 | 4 |
| 3 Utløp Hjelmetjønn | 25 | 808 | 4 |
| 4 Utløp Grasvatn | 11 | 715 | 4 |

Utløpet av Hjelmetjønn hadde også noe forhøyede konsentrasjoner av total fosfor (17-34 µg/L) og nitrogen (485-1310 µg/L) i forhold til hva en ville forvente å finne i en upåvirket skogsbekk. Dette tyder på at Hjelmetjønn påvirkes av det omtalte gjødseldeponiet eller annen aktivitet i det aktuelle nedbørfeltet. Også i Grasvatn, som var antatt å være relativt upåvirket av lokal forurensning, hadde tidvis forhøyede konsentrasjoner av både total fosfor (maks 19 µg/L) og total nitrogen (maks 980 µg/L) i utløpet. Middelkonsentrasjonene ved denne stasjonen var imidlertid betydelig lavere enn ved de øvrige stasjonene (**Tabell 1**). Potensielle forurensningskilder i nedbørfeltet til Grasvatn kan være stallområdet i Travparken, gårdsbruk ovenfor Travparken eller deler av Fritidsparken/Dyreparken.

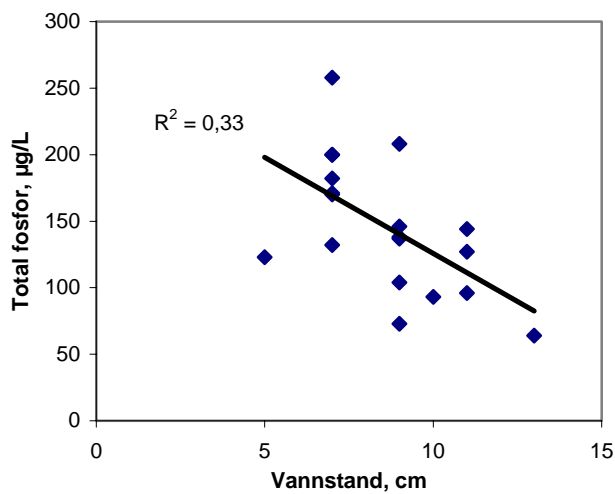
Sesongvariasjoner i konsentrasjonene av fosfor og nitrogen

Resultatene fra stasjon 1 viser en noe ulik sesongvariasjon for total fosfor og nitrogen ut fra Dyrepark-området (**Figur 1**). Fosforkonsentrasjonene var lavest om høsten og høyest om sommeren, da vannføringen var lavest og aktiviteten i parkområdet på det høyeste. De høye sommerverdiene oppstod på tross av at pumping av lite forurenset vann fra Grasvatn inn i nedbørfeltet på denne tiden trolig bidro til å fortykke næringssaltavrenningen. Konsentrasjonene av total nitrogen fulgte en "klassisk" sesongvariasjon, med de laveste verdiene i sommerhalvåret (veksts sesongen).

Det ble observert en negativ korrelasjon (sammenheng) mellom vannstand konsentrasjon av total fosfor ved stasjon (signifikant på 95% konfidensnivå) (**Figur 3**). Det vil si at konsentrasjonene avtok ved økende vannføring ut fra Dyreparken, sannsynligvis pga. økende fortykning med vann fra utmarksområdene etter perioder med nedbør. Det ble ikke funnet noen tilsvarende sammenheng mellom vannstand og konsentrasjonen av total nitrogen. På bakgrunn av denne forskjellen, bør det undersøkes nærmere om det kan være et kontinuerlig utslipp med høyt fosfor/nitrogen-forhold innenfor området (f.eks. en utett kloakkledning).



Figur 2. Konsentrasjoner av total fosfor og total nitrogen i bekkevann fra stasjon 1-4.



Figur 3. Sammenheng mellom vannstand og konsentrasjoner av total fosfor ved stasjon 1.

3. Vurdering

3.1 Klassifisering av vannkvalitetstilstand

Basert på SFTs klassifiseringssystem for vannkvalitet i ferskvann (Andersen *et al.*, 1997) må vannkvaliteten i utløpet fra Dyreparken mot Barselvatn (stasjon 1) og ved utløpet til Barselvatn (stasjon 2) karakteriseres som ”meget dårlig” både mht. fosfor og nitrogen (**Tabell 2**). På tross av at konsentrasjonene var betydelig lavere ved utløpet av Hjelmetjønn, tilstanden her likevel ”dårlig” i hht. til kriteriene fastsatt av SFT. I utløpet av Grasvatn var tilstanden mht. fosfor klart bedre (klasse II). Det må her tillegges at klassifiseringen av stasjonene 2-4 er relativt usikker pga. få innsamlede prøver (4 fra hver stasjon).

Tabell 2. Klassifisering av vannkvalitetstilstand ved undersøkte stasjoner. Grenseverdier for de ulike tilstandsklassene er hentet fra SFT-veileder 97:04 (**Vedlegg A**; Andersen *et al.*, 1997). Tilstandsklasser: I: ”meget god”, II: ”god”, III: ”mindre god”, IV: ”dårlig”, V: ”meget dårlig”.

| | Tot-P | Tot-N |
|---------------------|-------|-------|
| 1 Utløp Dyreparken | V | V |
| 2 Innløp Barselvatn | V | V |
| 3 Utløp Hjelmetjønn | IV | IV |
| 4 Utløp Grasvatn | II | IV |

3.2 Sammenligning med tidligere undersøkelser

Stasjon 1, 2 og 4 er tidligere undersøkt i 1988/89 (**Tabell 3**). På grunn av stor variasjon (stort standardavvik), ulikt antall prøver og ulik sesongfordeling av prøvene er det ikke mulig å sammenligne undersøkelsene direkte, men sammenstillingen nedenfor kan likevel gi en pekepinn på mulige endringer.

Tabell 3. Middelkonsentrasjoner av total fosfor og total nitrogen (\pm standardavvik) i tidsrommene 1988/89 og 2000/01. Dataene fra Fylkesmannen i Vest-Agder er tidligere rapportert i Kaste *et al.* (1995).

| | Tidsrom | Ant. prøver | Tot-P | Tot-N | Referanse |
|---------------------|---------|-------------|--------------|----------------|---------------|
| 1 Utløp Dyreparken | 1988/89 | 8 | 85 \pm 68 | 1318 \pm 519 | FM V-Agder |
| | 2000/01 | 21 | 147 \pm 48 | 1471 \pm 380 | Denne unders. |
| 2 Innløp Barselvatn | 1988/89 | 7 | 109 \pm 60 | 1717 \pm 834 | FM V-Agder |
| | 2000/01 | 4 | 119 \pm 60 | 1333 \pm 271 | Denne unders. |
| 4 Utløp Grasvatn | 1988/89 | 8 | 2 \pm 1 | 741 \pm 076 | Hindar (1990) |
| | 2000/01 | 4 | 11 \pm 6 | 715 \pm 200 | Denne unders. |

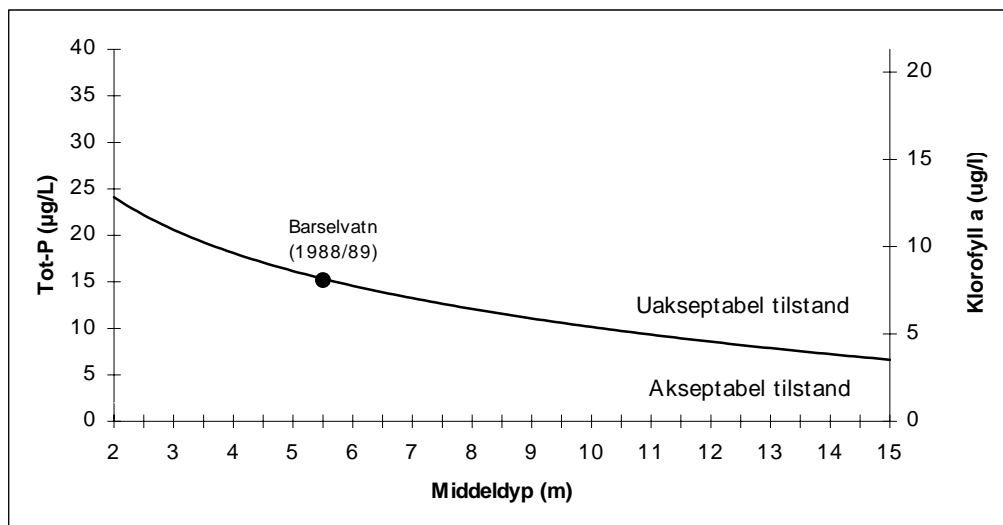
Både ved stasjon 1 og 2 var det relativt like konsentrasjonsnivåer for fosfor og nitrogen i de to undersøkelsesperiodene (middelverdiene ligger innenfor ± 1 standardavvik). Dette viser at det ikke er noe nytt fenomen med høy næringsstoffavrenning fra dette området. I utløpet av Grasvatn (st 4) økte verdiene fra bakgrunnsnivå i 1988/89 til påvirket nivå i 2000/01. Årsaken til dette er ikke klar, men mulige kilder i Dyreparken/Fritidsparken og Travparken bør forsøkes identifisert. En generell økning i

humuskonsentrasjonen (brunere vann) i Sørlandsvassdragene på 1990-tallet (SFT, 2001) kan til en viss grad bidra til økte konsentrasjoner av total fosfor i vannet, men neppe i den størrelsesorden det her er tale om. Konsentrasjonene av total nitrogen i utløpet av Grasvatn var omlag de samme i 2000/01 som målt i 1988/89.

3.3 Vurdering av belastning på Barselvatn

Undersøkelser i Barselvatn i 1988/89 indikerte at innsjøen kunne være inne i en kritisk fase mht. overgjødning (Hindar, 1990). Middelkonsentrasjonen av total fosfor i utløpet den gang (8 prøver) var 15 ± 5 $\mu\text{g/L}$. Basert på FOSRES-modellen for fosforbelastning i grunne sjøer (Berge, 1987) kan Barselvann med et middeldyp på 5.5 meter tåle en midlere konsentrasjon av total fosfor i sommerperioden på $15 \mu\text{g/L}$, uten at det er stor fare for oppblomstring av uakseptabel algevekst. Som det framgår av **Figur 4**, lå middelkonsentrasjonen i 1988/89 helt opp mot denne grensen. Konsentrasjonene av alger (målt som klorofyll a) i 1988/89 var imidlertid beskjedne ($0.6\text{-}1.0 \mu\text{g/L}$), noe som kan være en indikasjon på at deler av fosforet var lite tilgjengelig for algevekst (for eksempel fosfor bundet til organisk stoff og partikler).

Med de fosforkonsentrasjonene som ble målt i ved stasjon 1 i 2000/01 er det sannsynlig at avløpet fra Dyreparken er en viktig årsak til fosforbelastningen på Barselvatn (stasjon 1 representerer nær 40% av innsjøens nedbørfelt). For å få en oppdatert oversikt over næringsstatus og eventuelt avlastningsbehov for Barselvatn, foreslås en ny undersøkelse knyttet til selve innsjøen i løpet av de nærmeste årene.



Figur 4. Grense for akseptabelt trofinivå (næringsstatus) i innsjøer med forskjellig middeldyp. Kurven er basert på FOSRES-modellen for fosforbelastning i grunne sjøer (Berge, 1987). Punktet i diagrammet viser innsjøkonsentrasjon i 1988/89 (Hindar, 1990).

3.4 Anbefalinger

På basis av de nye resultatene fra bekker omkring Dyreparken anbefales følgende oppfølging (prioritert rekkefølge):

- (i) Ny innsjøundersøkelse i Barselvatn (eventuelt også Grasvatn) for å få en oppdatert oversikt på næringsstatus, algemengder og eventuelt avlastningsbehov med hensyn til fosfortilførsler.

- (ii) Gjennomgang av mulige tiltak for å redusere tilførslene av næringssalter (særlig fosfor) fra Dyrepark-området til Barselvatn. Blant disse kan være:
- Etablering av avskjærende grøfter for å redusere forurensende avrenning fra innhegninger etc.,
 - Forbedrede rutiner for gjødselhåndtering,
 - Inspeksjon av eksisterende kloakkledningsnett for mulige lekkasjer,
 - Åpning av rørlagte bekkestrekninger (øker bekkenes selvrensingsevne)
 - Etablering av biologiske rensemetoder (for eksempel kunstige dammer/våtmarker hvor næringssalter kan holdes tilbake eller høstes). Eksempler på dette er gitt av Braskerud (1995) og Bakke & Hustvedt (2001).
- (iii) Identifisering av potensielle forurensningskilder i nedslagsfeltet til Hjelmetjønn og Grasvatn.

4. Referanser

- Andersen, J.R, Bratli, J.L., Fjeld. E., Faafeng, B., Grande, M., Hem, L., Holtan, H., Krogh, T., Lund, V., Rosland, D., Rosseland, B.O. & Aanes, K.J. 1997. Klassifisering av miljøkvalitet i ferskvann. SFT-veiledning 97:04, TA-1468/1997, 31 s.
- Bakke, R. & Hustvedt, P.R. 2001. Arealavrenning og økologiske rensiltak på Jæren. Vann 4-2001, 327-331.
- Berge, D. 1987. Fosforbelastning og respons i grunne og middels grunne innsjøer. NIVA-rapport 2001, 44 s.
- Braskerud, B. 1995. Fangdammer rensr bekkene. Vann 2-95, 286-295.
- Hindar, A. 1990. Forurensningssituasjonen i vassdrag ved Fritidsparken / Travparken, Kristiansand i 1988-89. NIVA-rapport 2366, 31 s.
- Kaste, Ø., Frigstad, O.F. & Hindar, A. 1995. Undersøkelser av avrenning fra sulfidholdige bergarter rundt Travparken/Sørlandshallen i Kristiansand kommune. NIVA-rapport 3314, 33 s.
- NVE, 1987. Avrenningskart for Norge. Referanseperiode 1931-1960. Norges vassdrags- og energidirektorat, Oslo.
- SFT 2001. Overvåking av langtransportert forurenset luft og nedbør. Årsrapport – Effekter 2000. SFT-rapport 834/2001, TA-1830/2001, 197 s.
- Skjelkvåle, B.L., Henriksen, A., Faafeng, B., Fjeld, E., Traaen, T.S., Lien, L., Lydersen, E. & Buan, A.K. 1997. Regional innsjøundersøkelse 1995. En vannkjemisk undersøkelse av 1500 norske innsjøer. Statens forurensningstilsyn, rapport 677/96, 73 s.

Vedlegg A. SFTs klassifiseringssystem

Klassifisering av tilstand.

På grunnlag av målte konsentrasjoner kan tilstandsklassen bestemmes ut tabellen 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-råvann, friluftsbad og rekreasjon, fritidsdsfiske og jordvanning - åker og eng.

Klassifisering av vannkvalitetstilstand i ferskvann. Et utvalg av de viktigste parametrene. Utdrag fra SFTs veileder 97:04 (Andersen *et al.* 1997).

| Virkninger av: | Parametre | Tilstandsklasser | | | | |
|--|------------------------------------|------------------|-------------|---------------------|----------------|---------------------|
| | | I "Meget god" | II "God" | III "Mindre god" | IV "Dårlig" | V "Meget dårlig" |
| Næringsalter | Total fosfor, µg P/l | <7 | 7-11 | 11-20 | 20-50 | >50 |
| | Klorofyll a, µg/l | <2 | 2-4 | 4-8 | 8-20 | >20 |
| | Siktedyp, m | >6 | 4-6 | 2-4 | 1-2 | <1 |
| | Prim. prod., g C/m ² år | <25 | 25-50 | 50-90 | 90-150 | >150 |
| | Total nitrogen, µg N/l | <300 | 300-400 | 400-600 | 600-1200 | > 1200 |
| Organiske stoffer | TOC, mg C/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 |
| | Oksygen, mg O ₂ /l | >9 | 6,5-9 | 4-6,5 | 2-4 | <2 |
| | Oksygenmetning, % | >80 | 50-80 | 30-50 | 15-30 | <15 |
| | Siktedyp, m | >6 | 4-6 | 2-4 | 1-2 | <1 |
| | KOF _{Mn} , mg O/l | <2,5 | 2,5-3,5 | 3,5-6,5 | 6,5-15 | >15 |
| | Jern, µg Fe/l | <50 | 50-100 | 100-300 | 300-600 | >600 |
| Mangan, µg Mn/l | <20 | 20-50 | 50-100 | 100-150 | >150 | |
| Forsurende stoffer | Alkalitet, mmol/l | >0,2 | 0,05-0,2 | 0,01-0,05 | <0,01 | 0,00 |
| | pH | >6,5 | 6,0-6,5 | 5,5-6,0 | 5,0-5,5 | <5,0 |
| 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 | >6 | 4-6 | 2-4 | 1-2 | <1 |
| Tarmbakterier | Termotol koli. bakt., ant./100 ml | <5 | 5-50 | 50-200 | 200-1000 | >1000 |
| Miljøgifter (tungmetaller) i vann | Kobber, µg Cu/l | <0,6 | 0,6-1,5 | 1,5-3 | 3-6 | >6 |
| | Sink, µg Zn/l | <5 | 5-20 | 20-50 | 50-100 | >100 |
| | Kadmium, µg Cd/l | <0,04 | 0,04-0,1 | 0,1-0,2 | 0,2-0,4 | >0,4 |
| | Bly, µg Pb/l | <0,05 | 0,5-1,2 | 1,2-2,5 | 2,5-5 | >5 |
| | Nikkel, µg Ni/l | <0,5 | 0,5-2,5 | 2,5-5 | 5-10 | >10 |
| | Krom, µg Cr/l | <0,2 | 0,2-2,5 | 2,5-10 | 10-50 | >50 |
| | Kvikksølv, µg Hg/l | <0,002 | 0,002-0,005 | 0,005-0,01 | 0,01-0,02 | >0,02 |

Nøkkelparametre er gitt i kursiv.

Vedlegg B. Primærdata

B1. Prøvetakingsstasjoner med kartreferanse

| | UTM-ØV | UTM-NS | Kartblad |
|---------------------|--------|--------|----------|
| 1 Utløp Dyreparken | 4495 | 64493 | 1511 II |
| 2 Innløp Barselvatn | 4494 | 64491 | “ |
| 3 Utløp Hjelmetjønn | 4493 | 64499 | “ |
| 4 Utløp Grasvatn | 4502 | 64501 | “ |

B2. Konsentrasjoner av total fosfor (Tot-P) og total nitrogen (Tot-N), samt vannstandsavlesninger ved stasjon 1.

| STNUM | NAVN | DATO | Tot-P µg/L | Tot-N µg/L | Vannstand cm |
|-------|-------------------|------------|---------------|---------------|-----------------|
| 1 | Utløp Dyreparken | 02.10.2000 | 73 | 1160 | 9 |
| 1 | Utløp Dyreparken | 16.10.2000 | 93 | 1360 | 10 |
| 1 | Utløp Dyreparken | 15.11.2000 | 64 | 1010 | 13 |
| 1 | Utløp Dyreparken | 27.11.2000 | 104 | 1400 | 9 |
| 1 | Utløp Dyreparken | 11.12.2000 | 96 | 1380 | 11 |
| 1 | Utløp Dyreparken | 11.01.2001 | 138 | 2050 | 9 |
| 1 | Utløp Dyreparken | 29.01.2001 | 146 | 1820 | 9 |
| 1 | Utløp Dyreparken | 13.02.2001 | 144 | 1800 | 11 |
| 1 | Utløp Dyreparken | 22.02.2001 | 162 | 2000 | |
| 1 | Utløp Dyreparken | 19.03.2001 | 123 | 1810 | 5 |
| 1 | Utløp Dyreparken | 04.04.2001 | 127 | 2000 | 11 |
| 1 | Utløp Dyreparken | 30.04.2001 | 137 | 2090 | 9 |
| 1 | Utløp Dyreparken | 15.05.2001 | 171 | 1290 | 7 |
| 1 | Utløp Dyreparken | 05.06.2001 | 166 | 830 | |
| 1 | Utløp Dyreparken | 22.06.2001 | 258 | 1520 | 7 |
| 1 | Utløp Dyreparken | 29.06.2001 | 200 | 1150 | 7 |
| 1 | Utløp Dyreparken | 18.07.2001 | 208 | 1360 | 9 |
| 1 | Utløp Dyreparken | 30.07.2001 | 200 | 950 | 7 |
| 1 | Utløp Dyreparken | 20.08.2001 | 170 | 1400 | 7 |
| 1 | Utløp Dyreparken | 06.09.2001 | 182 | 1250 | 7 |
| 1 | Utløp Dyreparken | 20.09.2001 | 132 | 1260 | 7 |
| 2 | Innløp Barselvatn | 02.10.2000 | 66 | 1120 | |
| 2 | Innløp Barselvatn | 11.01.2001 | 115 | 1480 | |
| 2 | Innløp Barselvatn | 04.04.2001 | 90 | 1640 | |
| 2 | Innløp Barselvatn | 29.06.2001 | 203 | 1090 | |
| 3 | Utløp Hjelmetjønn | 02.10.2000 | 17 | 620 | |
| 3 | Utløp Hjelmetjønn | 11.01.2001 | 24 | 815 | |
| 3 | Utløp Hjelmetjønn | 04.04.2001 | 34 | 1310 | |
| 3 | Utløp Hjelmetjønn | 29.06.2001 | 25 | 485 | |
| 4 | Utløp Grasvatn | 02.10.2000 | 4 | 560 | |
| 4 | Utløp Grasvatn | 11.01.2001 | 19 | 760 | |
| 4 | Utløp Grasvatn | 04.04.2001 | 9 | 980 | |
| 4 | Utløp Grasvatn | 29.06.2001 | 10 | 560 | |