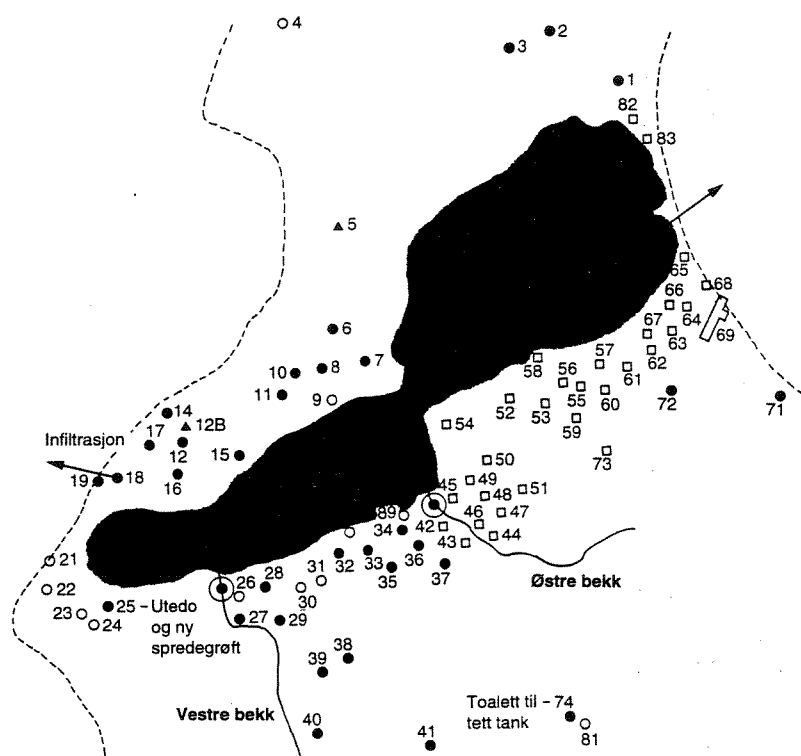




O-92098

Innledende undersøkelse av
Kalvsjøtjernet
i Lunner 1992



NIVA - RAPPORT

Norsk institutt for vannforskning  NIVA

| | |
|-----------------------|------------------------|
| Prosjektnr.: 92098 | Undernr.: |
| Løpenr.: 2946 | Begr. distrib.: FRI |

| | | | | |
|--|---|--|---|---|
| Hovedkontor Postboks 69, Korsvoll 0808 Oslo 8 Telefon (47) 22 18 51 00 Telefax (47) 22 18 52 00 | Sørlandsavdelingen Televeien 1 4890 Grimstad Telefon (47) 37 04 30 33 Telefax (47) 37 04 45 13 | Østlandsavdelingen Rute 866 2312 Ottestad Telefon (47) 62 57 64 00 Telefax (47) 62 57 66 53 | Vestlandsavdelingen Thormøhlensgt 55 5008 Bergen Telefon (47) 55 32 56 40 Telefax (47) 55 32 88 33 | Akvaplan-NIVA AS Søndre Tollbugate 3 9000 Tromsø Telefon (47) 77 68 52 80 Telefax (47) 77 68 05 09 |
|--|---|--|---|---|

| | | |
|--|--------------------------------------|-----------------------|
| Rapportens tittel: Innledende undersøkelse av Kalvsjøtjernet i Lunner 1992 | Dato: 16.9.93 | Trykket: NIVA 1993 |
| | Faggruppe: VASSDRAG | |
| Forfatter(e): Bjørn Faafeng Olav M. Skulberg | Geografisk område: OPPLAND | |
| | Antall sider: 23 | Opplag: |

| | |
|---|------------------|
| Oppdragsgiver: Lunner kommune | Oppdragsg. ref.: |
|---|------------------|

| |
|--|
| Ekstrakt: Kalvsjøtjernet er sterkt preget av høye konsentrasjoner av fosfor, som har ført til høy algeproduksjon og oksygenvinn i dypvannet. Vannkvaliteten er "dårlig" (vannkvalitetsklasse IV) ifølge SFTs system for klassifisering av ferskvann. Dette forringer sterkt bruksverdien av innsjøen. Årsaken til dagens tilstand er tilførsler av urensset avløpsvann fra husholdninger og avrenning fra landbruksarealer. Forurensningen av innsjøen har pågått over så lang tid at det er lagret store mengder fosfor i bunnslammet. Dette lekker ut til det overliggende vannet, spesielt ved lav oksygenkonsentrasjon i dypvannet om ettervinteren og sensommeren. Dette bidrar til "indre gjødsling", dvs. at innsjøen kan opprettholde høy algeproduksjon i lang tid etter at de viktigste tilførselene er sanert. Rapporten foreslår tiltak som kan stabilisere bunnslammet, i tillegg til tiltak mot eksisterende forurensningskilder. |
|--|

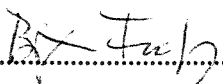
4 emneord, norske

1. algeoppblomstring
2. husholdningskloakk
3. landbruksforurensning
4. tiltaksplan

4 emneord, engelske

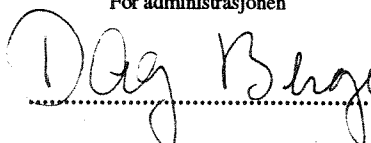
1. algal blooms
2. domestic sewage
3. agricultural runoff
4. measure analysis

Prosjektleder


.....

.....Bjørn Faafeng.....

For administrasjonen


.....

.....Dag Berge.....

ISBN82-577-2368-1

Norsk institutt for vannforskning

O-92098

Innledende undersøkelse av Kalvsjøtjernet i Lunner 1992

dato: 16. september 1993

Prosjektleder: Bjørn Faafeng

Medarbeider : Dag Berge

Tone Jøran Oredalen

Olav Skulberg

for administrasjonen: Dag Berge

Forord

Lunner kommune ba NIVA i brev av 1. april 1992 å gjennomføre en undersøkelse av Kalvsjøtjernet innenfor en ramme på kr 60.000. Undersøkelsen skulle danne grunnlag for tiltak for å bedre vannkvaliteten i innsjøen.

NIVA skisserte i brev av 22. april 1992 et forslag til gjennomføring av en undersøkelse innenfor de gitte rammer.

Det ble gjennomført en befaring til Kalvsjøtjernet 19. april 1993 med representanter for Lunner kommune (miljøvernleder Jan Reistad), Kalvsjøtjernet Vel (Ole Bjøralt) og NIVA (forskningsleder Bjørn Faafeng).

I rapporten presenteres også upubliserte data fra en undersøkelse finansiert av NIVA om forekomsten av giftproduserende alger i Kalvsjøtjernet. Fra denne undersøkelsen rapporteres også vannkjemiske data for Kalvsjøtjernet fra vekstsesongen 1993 fram til slutten av august.

Vannprøver fra bekkene ble samlet inn av Dag Berge. Vann- og sedimentprøver fra Kalvsjøtjernet ble samlet inn av Tone Jøran Oredalen og Unni Efraimsen. Samtlige vannprøver ble analysert på NIVAs kjemilaboratorium. Olav M. Skulberg har presentert observasjoner om giftproduserende alger i Kalvsjøtjernet fra et NIVA-finansiert forskningsprosjekt.

Bjørn Faafeng har vært NIVAs prosjektleder for denne undersøkelsen av Kalvsjøtjernet..

Innhold

| | side |
|---------------------------------------|------|
| Forord | 1 |
| Innhold | 3 |
| 1. Konklusjoner | 5 |
| 2. Innledning | 7 |
| 2.1 Mål | 7 |
| 2.2 Gjennomføring | 7 |
| 3. Vannkvalitet i to tilløpsbekker | 9 |
| 4. Vannkvalitet i Kalvsjøtjernet | 11 |
| 5. Undersøkelse av sediment | 16 |
| 6. Tilførsler av forurensende stoffer | 17 |
| 7. Tiltak for å bedre vannkvaliteten | 18 |
| Litteratur | 20 |
| Tabellvedlegg | 21 |

1. Konklusjoner

Kalvsjøtjernet er sterkt preget av forurensning av urensset avløpsvann og avrenning fra landbruksarealer over lang tid. Tilførsler av fosfor og nitrogen fra nedbørfeltet har ført til store oppblomstringer av alger i vekstsesongen og betydelig oksygenvinn i dypere vannlag. Forurensningen har gitt grunnlag for oppblomstring av alger som produserer svært kraftige giftstoffer. Innsjøen har derfor betydelig redusert bruksverdi for såvel vannforsyning som bading, fiske og annet friluftsliv.

Av to undersøkte bekker på sørsida av Kalvsjøtjernet var den østre bekken (se figur 3.1) spesielt forurensset av fosfor og tarmbakterier.

Undersøkelsen viser at dagens situasjon i Kalvsjøtjernet forsterkes av at fosfor fra tidligere tiders forurensning, som er sunket til bunns, stadig bringes tilbake til vannmassene og bidrar til "indre gjødsling" av innsjøen. Årsaken til dette er at bunnvannet og bunnslammet (sedimentene) har høyt innhold av råtnende alger og tilført organisk stoff. Selv om forurensende tilførsler reduseres betydelig vil derfor denne prosessen hindre en rask bedring i vannkvaliteten.

For å bedre vannkvaliteten i Kalvsjøtjernet er derfor begge disse typer tiltak nødvendig:

- stabilisering av dypvanns-sedimentene og øking av oksygenkonsentrasjonen i bunnvannet
- fortsatt reduksjon av fosfortilførsler fra husholdninger og landbruksarealer

En vesentlig del av innsjøens nedbørfelt er dyrka areal. Tidligere beregninger viser at landbrukets andel av fosfortilførslene er betydelige. Det er derfor viktig å opprettholde oppmerksomheten på punktkilder (gjødselkjellere og forsiloer) og arealavrenning (gjødselplan, unngå høstpløying, bortledning av overflatevann på dyrka arealer ol.) for å hindre forurensning.

Et betydelig antall boliger rundt innsjøens vestre basseng er ikke tilkoblet det kommunale avløpsnett. Disse bidrar betydelig til å opprettholde uønsket høy fosforkonsentrasjon i Kalvsjøtjernet. Spesielt på nordsida av vestre basseng er innfiltrasjon i grunnen lite aktuelt pga. uegnede løsmasser. Det anbefales derfor å vurdere alternative avløpsløsninger for disse boligene, f.eks. minirensanlegg, biologiske toaletter, oppsamling i tett tank. Kostnadene og effektene ved slike løsninger må veies mot tilsvarende ved tilkobling til det kommunale ledningsnett.

Analysene av den østre bekken på sørsida av Kalvsjøtjernet tyder på tilførsler av urensset kloakkvann til tross for at de fleste boligene i området er tilkoblet det kommunale ledningsnett. Det anbefales at ledningsnett og tilkoblinger i dette området kontrolleres.

For å oppnå rask bedring av vannkvaliteten i Kalvsjøtjernet er det nødvendig å gjennomføre tiltak i innsjøen som kan hindre "indre gjødsling". Det mest aktuelle tiltaket synes å være:

- kjemisk oksidasjon (med nitrat) av forurensede sediment

Praktiske laboratorieforsøk med sediment fra Kalvsjøtjernet bør gjennomføres for å slå fast om denne metoden vil være effektiv.

Denne innledende undersøkelsen tyder på at følgende tiltak også kan være effektive, men praktiske, tekniske og økonomiske forhold ved disse må eventuelt avklares før de kan settes i verk:

- utledning av bunnvann via hevert
- fjerning av forurensede sediment
- fortynning med renere vann fra Oppen Vannverk

2. Innledning

Innsjøen er tidligere undersøkt av ANØ i 1988 og 1989 og resultatene er rapportert i deres rapporter nr. 42/89 (Espvik 1989) og 36/90 (Espvik og Nicholls 1990). Rapportene viser at innsjøen har forhøyet konsentrasjon av fosfor og at dette fører til høy algeproduksjon på sensommeren og oksygenvinn i dypvannet. ANØ har også tatt enkelte stikkprøver i en av tilløpsbekkene til Kalvsjøtjernet og konstaterte høye konsentrasjoner med fosfor og tarmbakterier.

2.1 Mål

Målet med undersøkelsen var i følge henvendelsen å finne svar på spørsmålene:

- *Er det hold i påstandene om at bunnslammet medvirker til selvgjødsling av vannet?*
- *Dersom dette er tilfelle, hvilken metode for fjerning, evt. nøytralisering av bunnslammet vil være mest effektiv i Kalvsjø?*

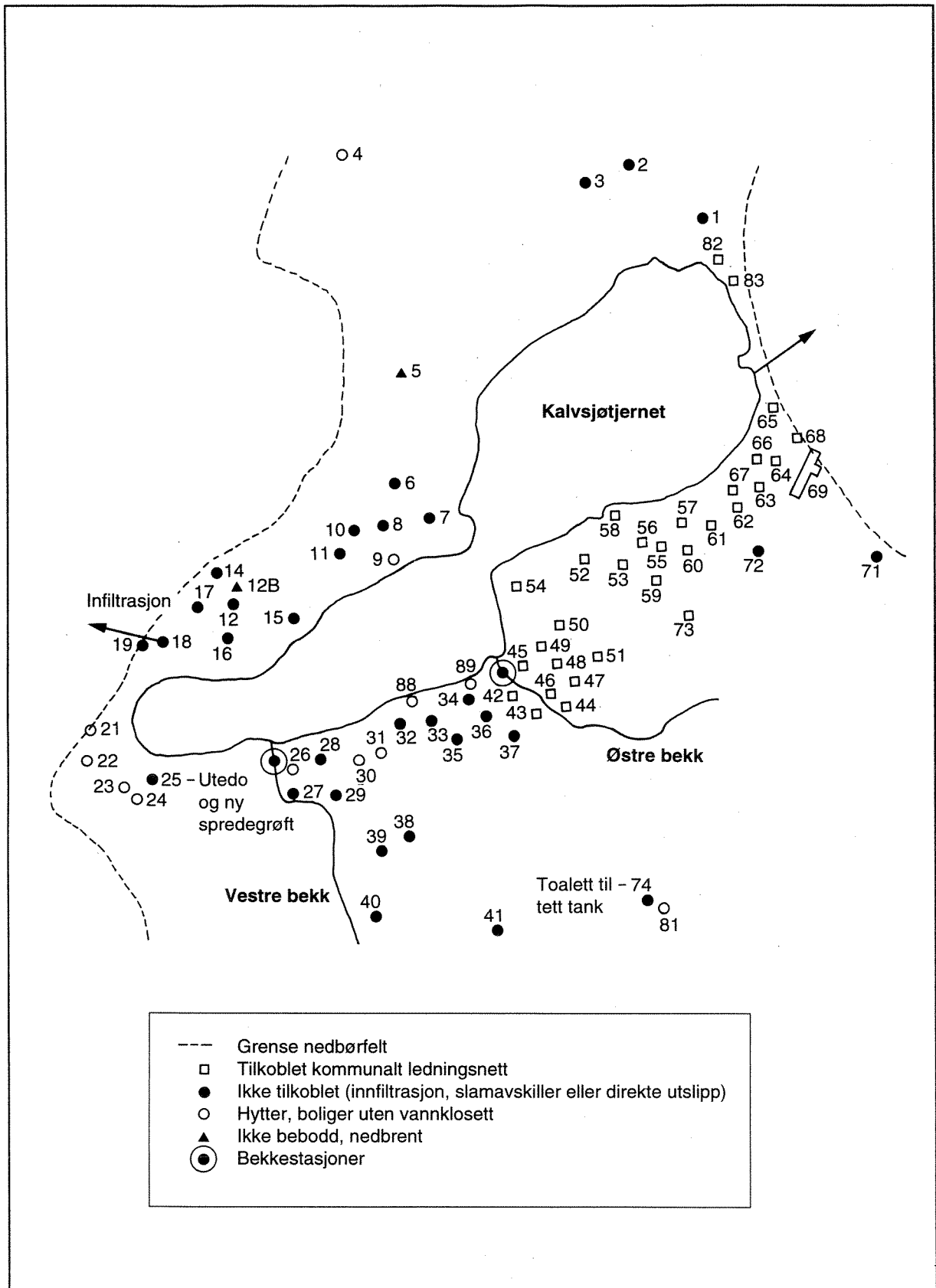
Resultatet av denne innledende undersøkelsene skal danne grunnlag for en tiltaksplan for rehabilitering av innsjøen. Det vil bli lagt spesiell vekt på å vurdere nødvendigheten av tiltak mot avrenning fra landbruksarealer og sanering av utslipp fra husholdninger som ikke er tilkoblet det kommunale avløpsnett.

2.2 Gjennomføring

Et enkelt prøvetakingsprogram ble gjennomført i de to viktigste tilløpene til Kalvsjøtjernet i 1992. Undersøkelsen av bekkene ble gjennomført med prøvetaking i de 2 viktigste tilløpsbekkene (på sørsida av innsjøen) i perioden juni 1992 til desember 1992, ialt 7 prøver fra hver bekk. Vannprøvene ble analysert for total fosfor, total nitrogen og tarmbakterier av NIVA.

Sedimentprøver ble hentet fra innsjøen 18.mars 1993. Sedimentkjerner ble analysert for fraksjoner av fosfor og innhold av organisk stoff og jern. Dette er avgjørende for å vurdere sedimentenes potensiale for å lekke fosfat til vannet i perioder med oksygenfritt bunnvann. Samtidig ble det målt temperatur og oksygenkonsentrasjon fra overflaten til bunnen i hvert av de to bassengene.

Det ville også vært ønskelig å samle inn mer informasjon om oksygen- og fosfatkonsentrasjonen i bunnvannet gjennom sesongen og tilsvarende for algemengden i overflatevannet, men de økonomiske rammene har ikke gitt anledning til det i denne omgangen. Vannføringsmålinger i bekkene ville ha gjort det mulig å beregne stofftransporten i bekkene.



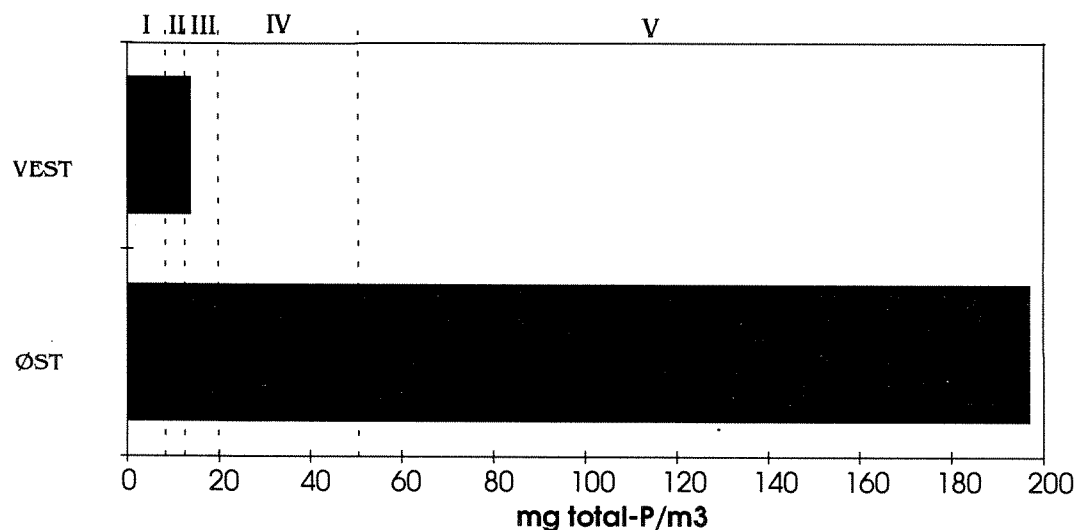
Figur 3.1 Kalvsjøtjernet med prøvetakingsstasjoner i to bekker. Boliger er angitt med symboler i henhold til avløpsløsninger.

3. Vannkvalitet i 2 tilløpsbekker

Vannprøver ble samlet inn fra de to største tilløpsbekkene på sørsida av Kalvsjøtjernet (se figur 3.1). Prøvene ble tatt der bekkene krysser veien mellom Roa og Jevnaker slik at det alt vesentlige av forurensningen fra nedbørfeltene er inkludert i disse prøvene. Det ble ikke funnet tilsvarende egnede bekker på nordsida av innsjøen.

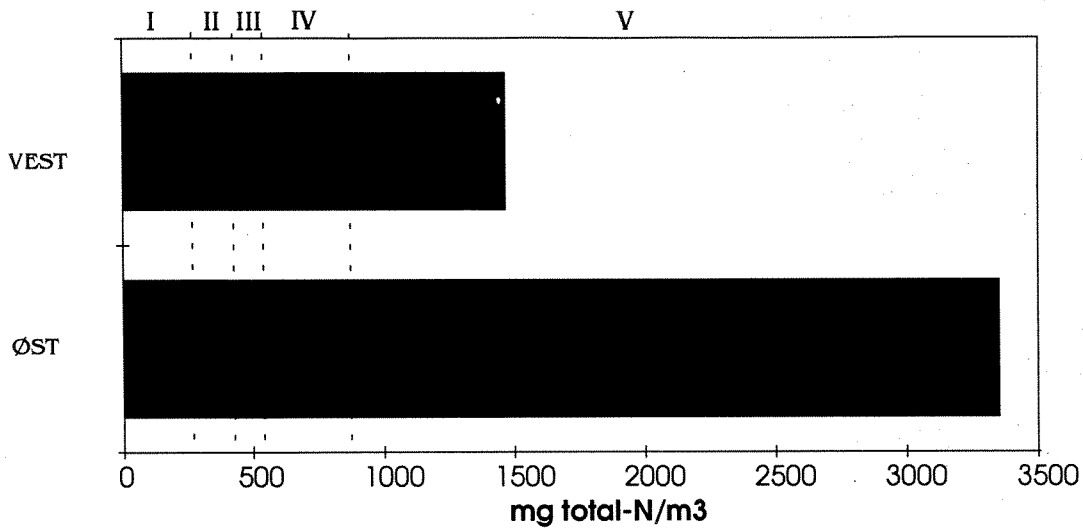
Analyseresultatene fra bekkene er vist i tabell i vedlegg. I figurene 3.2, 3.3 og 3.4 er hovedresultatene fra bekkene vist. Stolpene angir medianverdier for undersøkelsesperioden, dvs. den midterste av verdiene når disse sorteres etter størrelse. Medianverdien gir et bedre bilde av karakteristiske konsentrasjonene i perioden, da gjennomsnittsverdien påvirkes sterkt av enkelte ekstremverdier.

Fosforverdiene er vist i figur 3.2. Resultatene viser at den østre bekken var sterkt påvirket og må karakteriseres som "Meget dårlig" (tilstandsklasse V) i SFTs system for klassifisering av vannkvalitet (SFT 1992). Den vestre bekken ligger på grensen mellom "Mindre god" (klasse II) og "Nokså dårlig" (klasse III).



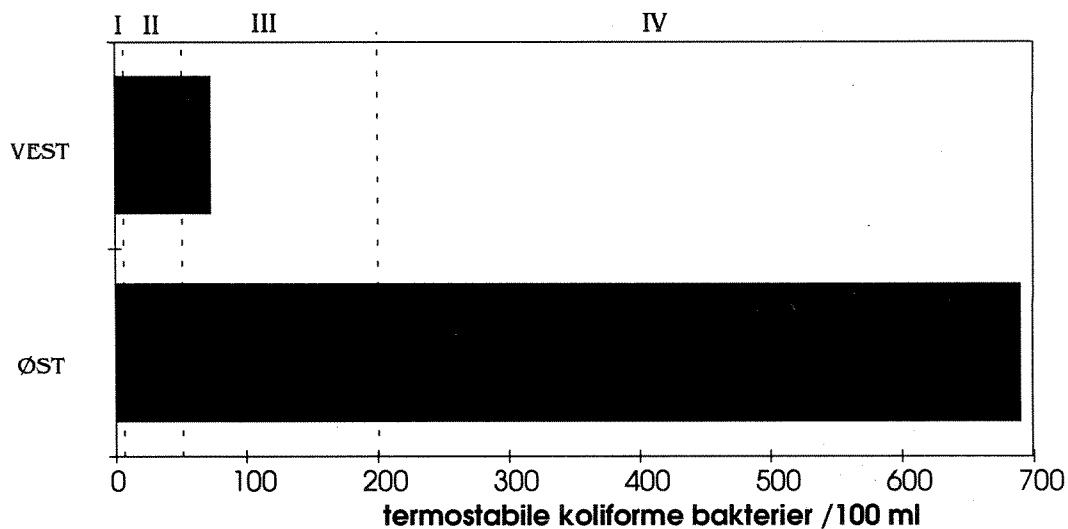
Figur 3.2. Median fosforkonsentrasjon i de to bekkene. SFTs tilstandsklasser er markert med romertall øverst

For nitrogen (figur 3.3) var begge bekkene "Meget dårlig" (klasse V).



Figur 3.3. Median nitrogenkonsentrasjon i de to bekkene. SFTs tilstandsklasser er markert med romertall øverst

Begge bekkene var tydelig påvirket av tarmbakterier, med den vestre bekken som "Dårlig" (Klasse IV) og den østre bekken som "Nokså dårlig" (klasse III). Dette er trolig hovedsaklig indikasjon på urensset kloakkvann.



Figur 3.4. Median konsentrasjon av tarmbakterier i de to bekkene. SFTs tilstandsklasser er markert med romertall øverst

Da undersøkelsen ikke ga anledning til vannføringsmålinger kan ikke stofftransporten til Kalvsjøtjernet beregnes.

4. Vannkvalitet i Kalvsjøtjernet

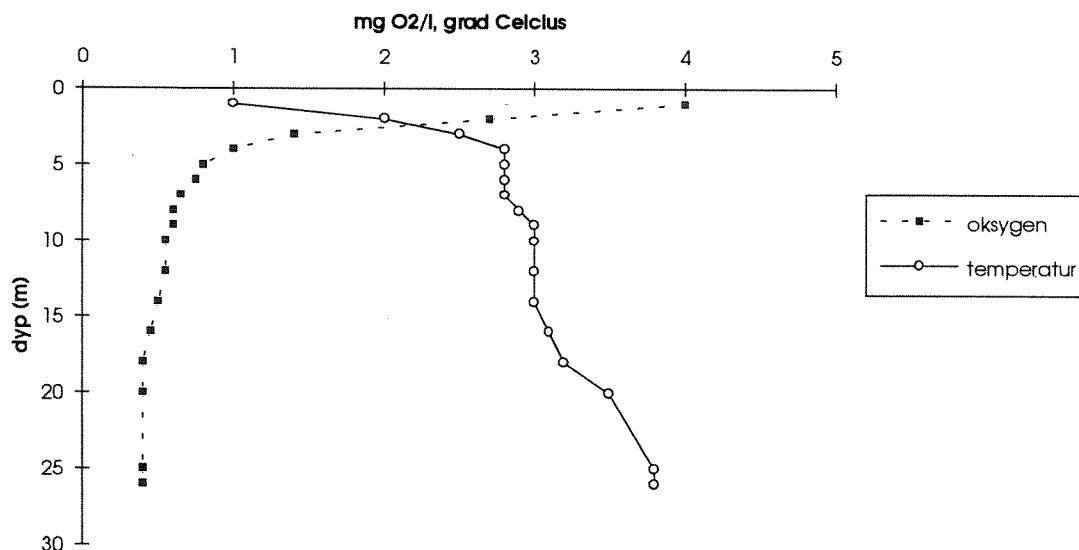
Det foreligger ikke dybdekart over Kalvsjøtjernet.

Det ble målt dybdeprofiler av oksygenkonsentrasjon og temperatur i hver av de to bassengene den 18.3.93 (se figur 4.1 og 4.2). Innsjøen var da fortsatt dekket av ca. 75 cm is. Kurvene er tegnet i samme skala, selv om vestre basseng er dypere enn det østre, for å gjøre sammenlikninger enklere.

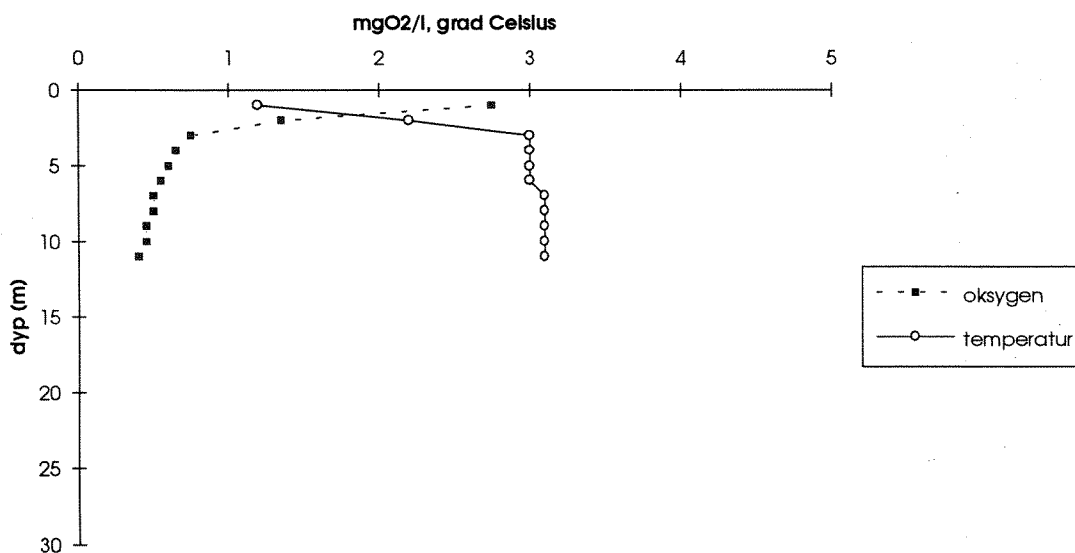
Temperaturprofilen viser en typisk utvikling slik en kan vente under isen med temperaturer nær null oppunder isen og noe økende temperaturer, ca. 3-4°C, under et par meters dyp. Oksygenkonsentrasjonen er ganske lav like under isen og går ned mot ca. 0.5 mg/l på 3-4 meters dyp i begge bassenger. Det måleinstrumentet som ble brukt registrerer ikke nøyaktig verdier lavere enn ca. 0.5 mg/l. Vi kan anta at vannet var praktisk talt oksygenfritt under ca. 10 meters dyp. På 1 meters dyp var temperaturen ca. 1°C. Ved "normale forhold", dvs. ved likevekt med atmosfæren, skulle vannet inneholde vel 13 mg O₂/l. Oksygenkonsentrasjonen på 1 meters dyp i Kalvsjøtjernet tilsvarer en oksygenmetning på bare 30%. Store bunnarealer er derfor utsatt for så lave oksygenkonsentrasjoner under isen at en kan vente betydelig lekkasje av fosfor fra sedimentet. Dette gjelder også perioder om sommeren med stabil temperatursjiktning.

Vannprøven fra 25 meters dyp luktet sterkt av H₂S, noe som bekrefter at vannet var oksygenfritt.

Figur 4.1. Oksygenkonsentrasjon og temperatur i vestre basseng av Kalvsjøtjernet 18.3.93



Figur 4.2. Oksygenkonsentrasjon og temperatur i østre basseng av Kalvsjøtjernet 18.3.93



I forbindelse med henting av sedimentprøver i Kalvsjøtjernet 18. mars 1993, ble det også tatt et par vannprøver på forskjellige dyp i de to bassengene. Prøvene ble analysert på fosfor og resultatene er vist i tabell 4.1.

Tabell 4.1. Fosforkonsentrasjon på grunt og dypt vann i de to bassengene i Kalvsjøtjernet 18.3.93 (mg total-fosfor/m³).

| | 1 meter | 10 meter | 25 meter |
|----------------|---------|----------|----------|
| vestre basseng | 57 | - | 1400 |
| østre basseng | 67 | 113 | - |

Tabellen viser tydelig at fosforkonsentrasjonen i Kalvsjøtjernet øker sterkt med økende dyp fra ca 60 mgP/m³ i overflaten til 1400 mgP/m³ på 25 meters dyp. Dette viser to forhold. For det første at Kalvsjøtjernet fortsatt er en næringsrik innsjø med så høye fosforkonsentrasjoner før isløsning at en fortsatt må vente kraftige oppblomstringer av blågrønnalger. Resultatene viser dessuten at det akkumuleres store mengder fosfor i bunnvannet som følge av lekkasje fra dyp-sedimentene. Dette er fosfor som tidligere er tilført innsjøen og har sunket til bunns. Ved lav oksygenkonsentrasjon vil fosfor, i form av lett tilgjengelig fosfat, frigis fra vannet til sedimentene. Når vannmassene blandes vår og høst bidrar dette sterkt til å holde fosforkonsentrasjonen i overflatevannet på et høyt nivå.

I forbindelse med en undersøkelse av giftproduserende alger tar NIVA prøver av Kalvsjøtjernet 8 ganger gjennom vekstsesongen 1993. I det denne rapporten går i trykken er de fleste resultatene fra de 5 første toktene tilgjengelig (tabell 4.2).

Tabell 4.2 De fem første måleseriene fra en undersøkelse av Kalvsjøtjernet i 1993 (NIVA upublisert)

| dato | siktedyp (m) | farge (FTU) | klorofyll (mg/m ³) | total-P (mg/m ³) | PO4-P (mg/m ³) | total-N (mg/m ³) | NO3-N (mg/m ³) | TOC (mg/m ³) |
|------|-----------------|----------------|-----------------------------------|---------------------------------|-------------------------------|---------------------------------|-------------------------------|-----------------------------|
| 3.5 | 1.9 | 22.4 | 32.7 | 100 | 4 | 1530 | 410 | 3520 |
| 25.5 | 4.0 | 18.4 | 17.0 | 43 | 3 | 1190 | 340 | 1840 |
| 15.6 | 4.8 | 19.9 | 13.0 | 40 | 3 | 975 | 145 | 1470 |
| 7.7 | 2.4 | 17.3 | 21.2 | 29 | 2 | 725 | 47 | 2720 |
| 27.7 | 1.5 | 16.5 | 18.3 | 24 | 2 | - | - | 2060 |

- ikke ferdig analysert

I vårsirkulasjonen var fosforkonsentrasjonen enda høyere enn under isen om vinteren, men reduseres utover våren og sommeren. Dette bekrefter at fosfatrikt bunnvann fra vinterperioden blir blandet opp i hele vannmassen tidlig om våren og gjøres tilgjengelig for algene i overflatelaget, med andre ord at innsjøen er utsatt for kraftig "indre gjødsling".

Fosforkonsentrasjonen avtar kraftig utover våren og sommeren fra 100 mgP/m³ like etter isgang til 24 mgP/m³ mot slutten av juli. Det viser at en stor del av fosforet bindes i alger og andre partikler tidlig i sesongen og synker til bunns. Innsjøen virker altså som en effektiv "fosfor-felle". Derved blir mindre fosfor tilgjengelig for algene utover sommeren. Tilførslene fra nedbørfeltet var ikke store nok sommeren 1993 til opprettholde høye konsentrasjoner i overflatevannet. Dette er nok en indikasjon på at det er primært den "indre gjødslingen" som opprettholder den høye fosforkonsentrasjonen i Kalvsjøtjernet.

For å hindre masseoppblomstring av alger bør fosforkonsentrasjonen reduseres til 10-15 mgP/m³ gjennom hele vekstsesongen.

Foreløpige verdier fra 1993 (tabell 4.2) viser også høyere konsentrasjoner av nitrogen om våren, med avtakende verdier utover sommeren. Verdiene av både nitrogen og fosfor er høyere enn det som er målt tidligere (tabell 4.3). Dette forklares i stor grad av at de spesielt høye konsentrasjonene i 1993 ble registrert i mai måned, mens første målinger i 1988 og 1989 ble foretatt sent i juni.

Tabell 4.3. Gjennomsnittsverdier for 4 målinger fra 1 meters dyp i vekstsesongene i hhv. 1988 og 1989 (ANØ 1990)

| år | total-P (mgP/m ³) | total-N (mgN/m ³) | klf-a (mg/m ³) |
|------|----------------------------------|----------------------------------|-------------------------------|
| 1988 | 60 | 604 | 13 |
| 1989 | 27.5 | 430 | 9.5 |

Verdiene fra 1993 viser også betydelig høyere verdier for våren og forsommeren enn det som ble observert i 1989 (tabell 4.4).

Tabell 4.4. Vannkjemiske analyseresultater fra 1 meters dyp i Kalvsjøtjernet 1988 og 1989 (ANØ 1989 og 1990)

| dato | siktedyp (m) | total-P (mgP/m ³) | total-N (mgN/m ³) | NO ₃ -N (mgN/m ³) | klf-a (mg/m ³) |
|-------------|-----------------|----------------------------------|----------------------------------|---|-------------------------------|
| 1988 | | | | | |
| 20.6 | 2.6 | 32 | 750 | 170 | 14.6 |
| 13.7 | 0.9 | 47 | 610 | - | 13.9 |
| 3.8 | 1.5 | 133 | 500 | 10 | 12.1 |
| 24.8 | 1.6 | 27 | 555 | 50 | 11.2 |
| 1989 | | | | | |
| 20.6 | 1.7 | 28 | 480 | 15 | 3.3 |
| 12.7 | 2.4 | 24 | 420 | 10 | 6.0 |
| 1.8 | 2.2 | 35 | 420 | 2 | 16.8 |
| 22.8 | 2.1 | 23 | 400 | 5 | 11.9 |

Giftige blågrønnalger

NIVAs undersøkelser i Kalvsjøtjernet har vist at en toksinproduserende blågrønnalge har masseutvikling i planktonet. Noen holdepunkter om fenomenet behandles i det følgende.

Høsten 1991 mottok NIVA materiale av blågrønnalger fra Kalvsjøen. Prøvene var innsamlet på tre tidspunkter (4. november, 10. desember og 18. desember). I alle prøvene dominerte den trådformige blågrønnalgen *Oscillatoria agardhii* Gom.. Vannblomst med denne blågrønnalgen gjorde seg gjeldende i prøvetakingsperioden.

Det innsamlede materialet ble etter forbehandling benyttet til biotester for påvisning av eventuelle toksiner. Disse ble utført ved Norges veterinærhøgskole. Det ble samtidig isolert en klon av *O. agardhii* (NIVA-CYA 299) fra Kalvsjøen. Denne ble oppdyrket i massekultur og benyttet til toksisitetstesting. Under arbeidet med isoleringen av *O. agardhii* ble det observert tilstedeværelse av grønne og røde former i materialet fra Kalvsjøen. Forholdet er tilsvarende som vi har påvist i andre innsjøer med masseutvikling av denne blågrønnalgen (f.eks. Kolbotnvatnet, Gjersjøen). Forsøket på å isolere den røde formen har hittil ikke ført frem.

I vegetasjonsperioden 1992 var *O. agardhii* fortsatt fremtredende i planktonet i Kalvsjøen. Det samme gjelder for inneværende år.

Resultatene av biotestene for akutt toksisitet (standard tester på mus) er vist i tabell 4.5. Markert toksisk virkning av *O. agardhii* fra Kalvsjøtjernet var fremtredende. Forgiftningssymptomer, anatomiske forandringer og dødstid demonstrerte et usedvanlig sammensatt virkningsmønster. De toksikologiske observasjoner tyder på at så vel levergifter (hepatotoksiner) som nervegifter (nevrotoksiner) er til stede i *O. agardhii* fra Kalvsjøtjernet. Både dødstiden på ca. 30 minutter, forandringer av levervekt og de heftige, utløste kramper styrker denne antakelsen. Det kan samtidig nevnes at blågrønnalgetoksinet microcystin er påvist kjemisk (HPLC-metode) i NIVA-CYA 299.

Undersøkelsene viser altså så langt at en toksinproduserende stamme av *O. agardhii* har forekomst i Kalvsjøtjernet og at denne danner et kompleks av toksiner med særlig potent gifteffekt. Lokaliteten og blågrønnalgepopulasjonen trenger forskningsmessig oppmerksomhet for bl.a. å bedømme risiko for forgiftningsfare.

Tabell 4.5 Resultater av biotester for akutt toksisitet* av algetoksiner fra Kalvsjøtjernet

| <i>Prøve</i> | <i>Dødstid</i> | <i>Levervekt, prosent</i> | <i>Merknader</i> |
|---|----------------|---------------------------|---|
| <i>Vannblomstmateriale 04.11.1991</i> | <i>30 min.</i> | <i>6,0</i> | <i>Hepatotoksisk virkning</i> |
| <i>Vannblomstmateriale 18.12.1991</i> | <i>30 min.</i> | <i>6,3</i> | <i>Hepatotoksisk og nevrotoksisk virkning</i> |
| <i>Klonkultur av <u>O. agardhii</u></i> | <i>27 min.</i> | <i>5,4</i> | <i>Hepatotoksisk og nevrotoksisk virkning</i> |

* Utført etter standard metode med intraperitoneal injeksjon av mus.

5. Undersøkelse av sediment

Det ble tatt sedimentprøver i vestre basseng fra innsjøens antatt dypeste punkt. Det ble foretatt analyser av de øverste 5 cm av sedimentet på følgende parametre:

- tørrstoff (TS) og gløderest (GR)
- totalt innhold av fosfor, nitrogen og jern
- forskjellige fraksjoner av fosfor

For bestemmelse av fosforfraksjonene i sedimentet er det benyttet en metode beskrevet av Hieltjes og Lijklema (1980). Sedimentprøven ekstraheres i forskjellige kjemikalier som antas å løse opp fosfor bundet i forskjellige kjemiske forbindelser. Disse fraksjonene har forskjellige egenskaper, og på bakgrunn av sammensetningen av disse fraksjonene er det mulig å antyde hvor sterkt fosforet er bundet til sedimentene og evt. om det lett kan frigjøres store mengder under anarobe (oksygenfrie) forhold.

Tabell 5.1. Tørrstoff (%TS), gløderest (%GR), fosfor, nitrogen, organisk karbon og jern i overflatesedimentet (0-5cm) fra vestre basseng i Kalvsjøtjernet.

| %TS | %GR | mgP/gTS | mgN/gTS | mgTOC/gTS | mgFe/gTS |
|------|-----|---------|---------|-----------|----------|
| 10.1 | 7.4 | 2.9 | 9.8 | 107 | 797 |

Jerninnholdet i sedimentene er svært høyt i Kalvsjøtjernet. Dette gir høy kapasitet for binding av fosfor så lenge det er rikelig med oksygen til stede. Dette bekreftes av at en vesentlig del av fosforet er bundet til jernfraksjonen i sedimentet (tabell 5.2). I Kalvsjøtjernet, som i andre overbelastede innsjøer, er bunnvannet anaerobt (oksygenfritt) store deler av året slik at dette fosforet frigis til vannet.

Forholdet mellom nitrogen og fosfor i sedimentet (N/P) er svært lavt, noe som bekrefter at innsjøen er overbelastet med fosfor og at forholdene i innsjøen forøvrig (dyp og liten overflate, liten gjennomstrømming ol.) bidrar til at innsjøen er følsom for denne type påvirkning.

Tabell 5.2. Fraksjoner av fosfor i overflatesedimentet (0-5cm) fra dypeste område i vestre basseng i Kalvsjøtjernet. Alle verdier i $\mu\text{gP/g}$ tørrvekt.

| adsorbert-P | jernbundet-P | kalsiumbundet-P |
|-------------|--------------|-----------------|
| <0.01 | 2.35 | 0.333 |

En antar at resterende fosfor (0.217 mgP/gTV) er bundet til organisk stoff (residual-P). Prosentvis fordeling av fosfor i sedimentet er da (tabell 5.3):

Tabell 5.3 Prosentvis fordeling av fosforfraksjoner fra overflatesediment (0-5cm) fra dypeste område i vestre basseng i Kalvsjøtjernet

| adsorbert-P | jernbundet-P | kalsiumbundet-P | residual-P |
|-------------|--------------|-----------------|------------|
| <0.3 | ≥ 81.0 | ≥ 11.5 | ≥ 7.5 |

Det ble registrert at en ekstremt høy andel av fosforet, vel 80%, var bundet til jernfraksjonen. Normalt finner en mindre enn 40-50% i denne fraksjonen (Pettersen 1986). Mye av dette frigjøres under anaerobe forhold slik en ofte finner det i Kalvsjøtjernet. En relativt beskjeden andel av fosforet er bundet til organisk stoff. Dette har klare konsekvenser for hvilke tiltak som er aktuelle for bedring av vannkvaliteten (se kapittel 7).

6. Tilførsler av forurensende stoffer

Avløpssystemet

Boliger nær Kalvsjøtjernet på øst og sørøstsida er tilknyttet offentlig ledningsnett. Det oppgis at dette er i god stand og et det registreres lite overløp. Det er tatt stikkprøver på avløpsnettet for å beregne tilføringsgrad, innlekking ol. (saneringsplan, ANØ 1991). Fra omlag midt på sørsida (ved pumpestasjonen) og vestover, samt hele nordsida er uten tilkobling til offentlig ledningsnett og påfølgende rensing (se kart, figur 3.1). Skøyen Øst gård skal ha oppsamling i tett tank, mens øvrige boliger på nordsida (men sør for Bergensbanen) har lite tilfredsstillende avløpssystem. Med unntak av enkelte hytter som ikke har innlagt vann, og ett hus i sørvestre ende av vannet som har ny spredegrøft, har disse utslipp til terreng eller grøft. I dette området finnes lite egnede masser for infiltrering. Det har ikke vært nye tilkoblinger til det kommunale ledningsnettet etter 1989.

Landbruk

Det finnes 6 gårdsbruk i Kalvsjøtjernets nedbørfelt, hvorav 4 oppgis å ha utarbeidet en gjødselplan. Forøvrig oppgis at spredeareal for husdyrgjødsel og gjødselkjellere/siloer er kontrollert og funnet i orden. Vinterspredning av husdyrgjødsel er ikke registrert. Landbrukskontoret i Lunner har oppgitt antall husdyr på gårdene i nedbørfeltet (se vedlegg).

Det er tidligere gjort overslag over tilført mengde fosfor til Kalvsjøtjernet (ANØ 1990) ut fra tilgjengelig statistikk. Følgende verdier ble oppgitt:

Tabell 6.2. Beregnet tilførsel av fosfor pr. år til Kalvsjøtjernet fra forskjellige kilder (ANØ 1990)

| <i>kilder:</i> | <i>tilført P (kg/år)</i> |
|--|------------------------------|
| <i>skog og myr</i> | <i>13</i> |
| <i>dyrket, gjødslet mark</i> | <i>250</i> |
| <i>innsjøflate</i> | <i>4</i> |
| <i>befolkning:</i> | |
| <i>tilknyttet renseanlegg</i> | <i>6</i> |
| <i>lekkasjer, overløp</i> | <i>16</i> |
| <i>spredt bebyggelse, div. løsninger</i> | <i>14</i> |
| <i>spredt bebyggelse, med WC</i> | <i>53</i> |
| <i>IALT</i> | <i>357</i> |

Disse verdiene kan være noe foreldet pga. større oppmerksomhet på foruresningsbegrensende tiltak i jordbruket. Tabellen viser likevel at tilførslene fra spredt bebyggelse i 1990 fortsatt bare utgjorde omtrent 20% av tilførslene fra landbruksarealene. Dette indikerer at behovet for reduksjon av arealavrenningen fra landbruksarealer fortsatt er til stede. Dette gjelder både tilført gjødselmengde, -type og -tidspunkt (gjødselplanlegging) og erosjonshindrende tiltak (unngå høstpløying, redusere overflateerosjon).

7. Tiltak for å bedre vannkvaliteten

Undersøkelsen viser at det er lagret store mengder fosfor i Kalvsjøtjernets bunnslam (sedimenter). Dette er fosfor som gjennom lang tid er tilført innsjøen fra urensset avløpsvann og utvasking fra landbruksområdene. Fosforet finnes i en form som lett frigis til det overliggende vannet under oksygenfrie forhold. Det ble registrert svært lave oksygenkonsentrasjoner i Kalvsjøtjernet under isen i mars 1993. En avgjørende faktor for å bedre vannkvaliteten i Kalvsjøtjernet vil derfor være å hindre at bunnvannet blir oksygenfritt eller nær oksygenfritt. På sikt må algeproduksjonen i innsjøen reduseres betydelig for å hindre ytterligere belastning av sedimentet med lett nedbrytbart organisk materiale. Under nedbrytningen forbrukes oksygenet. På kort sikt kan en søke å bryte den "onde sirkelen" av indre gjødsling - høy algeproduksjon - stor organisk belastning på flere måter. Faafeng (1993) har samlet littertur om restaureringsmetoder for eutrofierte innsjøer og beskrevet forskjellige metoder som kan anvendes. De mest aktuelle metodene for en innsjø som Kalvsjøtjernet kan være:

- redusere tilførslene av fosfor og organisk stoff
- fortykning og utspyling med renere vann
- uttapping av oksygenfattig bunnvann
- lufting (oksygenering) av bunnvannet
- destratifisering med "boblegardin", strømsetter el.
- kjemisk oksidasjon av forurensede sedimenter
- fjerning av forurensede sedimenter

Ofte vil det være kostneds-effektivt å kombinere flere av disse metodene.

Punktene over blir kort diskutert i avsnittene under:

Redusere tilførslene av fosfor og organisk stoff

Dette tiltaket bør gjennomføres uavhengig av de øvrige mulige tiltakene. Vannprøver fra den "østre bekken" (se kapittel 3) viser svært høye fosforkonsentrasjoner. Kildene til denne forurensningen bør oppspores og bringes under kontroll. Det kan ikke utelukkes at andre bekker, grøfter eller drensør også tilfører betydelige mengder fosfor til Kalvsjøtjernet. Det anbefales derfor systematisk undersøkelse av mulige forurensningskilder. Spesielt bør avløpsforholdene for boliger som ikke er tilkoblet det offentlige avløpsnett ordnes ved at det vurderes en tilkobling evt. akseptable lokale løsninger (minirensanlegg, biologisk toalett, oppsamling i tett tank, infiltrasjon av avløpsvannet der det er egnede løsmasser).

Fortynning og utspyling med renere vann

En mulighet som bør undersøkes er om Oppen Vannverk har kapasitet til å tilføre vann til Kalvsjøtjernet for å fortykke forurensningene der. En periode med raskere utspyling vil kunne bidra til raskere bedring av vannkvaliteten. Vannet bør tilføres langt vest i innsjøen for å oppnå den ønskete effekt.

Uttapping av oksygenfattig bunnvann

Ved uttapping av bunnvann til utløpet ved en "hevert" fjernes det oksygenfattige og fosfatrike bunnvannet fra Kalvsjøtjernet. Denne metoden har vært brukt med god effekt i mange innsjøer. Utløpet av heverten plasseres så langt ned i utløpsbekken at en unngår bruk av pumpe. Metoden har imidlertid to ulemper. For det første kan det påløpe betydelige kostnader å legge en såpass lang rørledning (ca. 800 meter). For det annet kan metoden føre til at en flytter problemet fra Kalvsjøtjernet til neste vassdrags-strekning eller innsjø (dvs. Vigga og Jarenvannet). Dette må derfor ses i sammenheng med forventet fosforbelastning og hvor sårbar den nedenforliggende strekningen er. Pga. Kalvsjøtjernets

spesielle beliggenhet bør det også vurderes om heverten kan ledes vestover mot Vassjøtjernet, dvs. over i vassdrag som leder mot Jevnaker.

Lufting (oksygenering) av bunnvannet

Denne metoden må oppfattes som en slags "kunstig åndedrett" for innsjøen og vil neppe alene bidra til at sedimentene får varig redusert oksygenbehov. Bunnvannet i det dypeste bassenget kan ved denne metoden oksygeneres uten å bryte ned temperatursjiktningen i vannet. Dette kan gjøres ved forskjellige typer innretninger som suger opp bunnvann til et reservoar på en flåte, for deretter å oksygenere det før det pumpes ned igjen i dypet. Innretningen bruker kontinuerlig strøm for pumping og lufting og vil kunne oppfattes som et fremmedelement på innsjøen.

Destratifisering (vertikal omblending) med "boblegardin", strømsetter el.

Metoden går ut på fysisk omblending av innsjøens vannmasser gjennom store deler av sesongen ved å pumpe luft ned i bunnvannet eller ved å pumpe overflatevann ned i dypet. På denne måten tilføres bunnvannet hele tida så mye oksygen at en kan hindre "indre gjødsling". Metoden krever betydelig tilførsel av energi (elektrisk strøm) og vil gi dårlige (farlige) isforhold om vinteren.

Kjemisk oksidasjon av forurensede sedimenter

Det høye oksygenforbruket i dypbassenget skyldes som tidligere nevnt nedbrytning av organisk stoff i sedimentet. Denne nedbrytningen kan stimuleres for en periode under kontrollerte betingelser ved tilsats av nitratholdig vann i eller like over sedimentet. Dette både stabiliserer sedimentet ved nedbrytning av det organiske materialet og tilfører det nødvendige oksygenet (fra nitrat: NO_3). Ved riktig dosering skal alt nitrattet som forbrukes omdannes til nitrogengass som frigis til atmosfæren. Før bruk av metoden kreves at det gjøres forsøk med nitrat til sedimentet under kontrollerte betingelser.

Fjerning av forurensede sedimenter

I tilfeller der innsjøen enkelt kan tømmes for vann vha. damluker, hevert el., kan det være aktuelt å fjerne forurensede, fosforrike sedimenter fra innsjøen vha. anleggsmaskiner. Slammet kan etter avvanning brukes til jordforbedringsmiddel. Tiltaket vil som oftest være svært kostbart.

Litteratur

- Espvik, K. 1989. Vassdragsundersøkelse - Viggavassdraget og Vassjøtjern, 1988. Avløpssambandet Nordre Øyeren, ANØ-rapport 42,89. 19s.
- Faafeng, B. 1993. Restaureringsstrategi for eutrofierte innsjøer. NIVA-rapport l.nr. 2857. 73s.
- Hieltjes, A.H.M. og L.Lijklema 1980. Fractionation of inorganic phosphates in calcareous sediments. J. Environ. Qual. 9(3): 405-407
- Espvik, K. og M. Nicholls 1990. Vassdragsundersøkelse - sjøer og bekker i Lunner kommune, 1989. Avløpssambandet Nordre Øyeren, ANØ-rapport 35/90. 21s.
- Pettersson, K. 1986. The fractional composition of phosphorus in lake sediments of different characteristics. Kapittel 13 i: Sediments and water interactions (red. P.G.Sly), Springer-Verlag, New York. s. 149-155.
- Statens Forurensningstilsyn 1992. Klassifisering av miljøkvalitet i ferskvann. Kortversjon. SFT-rapport 92:06, TA-905/1992. 30 s.

Tabellvedlegg

Bekker til Kalvsjøtjern

Stasjon øst

| dato | Tot-N mg/m ³ | Tot-P mg/m ³ | T.coli pr.100ml |
|---------------|----------------------------|----------------------------|--------------------|
| 15.06.92 | 3200 | 319 | 5700 |
| 30.06.92 | 914 | 180 | 300 |
| 16.07.92 | 1320 | 180 | 25 |
| 11.08.92 | 3360 | 197 | 2100 |
| 08.09.92 | 4580 | 97 | 690 |
| 13.10.92 | 3355 | 219 | 750 |
| 09.12.92 | 10400 | 272 | 59 |
| min | 914 | 97 | 25 |
| max | 10400 | 319 | 5700 |
| middel | 3875.6 | 209.1 | 1374.9 |
| median | 3355 | 197 | 690 |

Stasjon vest

| dato | Tot-N mg/m ³ | Tot-P mg/m ³ | T.coli pr.100ml |
|---------------|----------------------------|----------------------------|--------------------|
| 15.06.92 | 1320 | 19 | 72 |
| 30.06.92 | 1470 | 16 | 130 |
| 16.07.92 | 3000 | 17 | 420 |
| 11.08.92 | 1020 | 14 | 170 |
| 08.09.92 | 1575 | 7 | 74 |
| 13.10.92 | 1240 | 6 | 5 |
| 09.12.92 | 3440 | 7 | 41 |
| min | 1020 | 6 | 5 |
| max | 3440 | 19 | 420 |
| middel | 1866.4 | 12.3 | 130.3 |
| median | 1470 | 14 | 74 |

Antall husdyr fordelt på gårdsbruk (gårds- og bruksnr.)

| | <i>107/1</i> | <i>101/1</i> | <i>105/1</i> | <i>105/2</i> | <i>104/6</i> | <i>Sum</i> |
|--------------------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|-------------------|
| <i>Avlshest</i> | | 5 | | | | 5 |
| <i>Unghest</i> | | 6 | | | | 6 |
| <i>Andre hester</i> | | 1 | | | | 1 |
| <i>Mjølkekyr</i> | 23 | | 17 | | | 40 |
| <i>Okser o. 12 mnd.</i> | 14 | 10 | 8 | | 44 | 76 |
| <i>Kviger o. 12 mnd.</i> | 12 | | 7 | | 5 | 24 |
| <i>Okser u. 12 mnd.</i> | 13 | 11 | 5 | | 66 | 95 |
| <i>Kviger u. 12 mnd.</i> | 13 | | 8 | | 5 | 26 |
| <i>Avlspurker</i> | | | | 4 | | 4 |
| <i>Slaktegris</i> | | | | 9 | | 9 |

Norsk institutt for vannforskning  NIVA

Postboks 69 Korsvoll, 0808 Oslo
Telefon: 22 18 51 00 Fax: 22 18 52 00

ISBN 82-577-2368-1