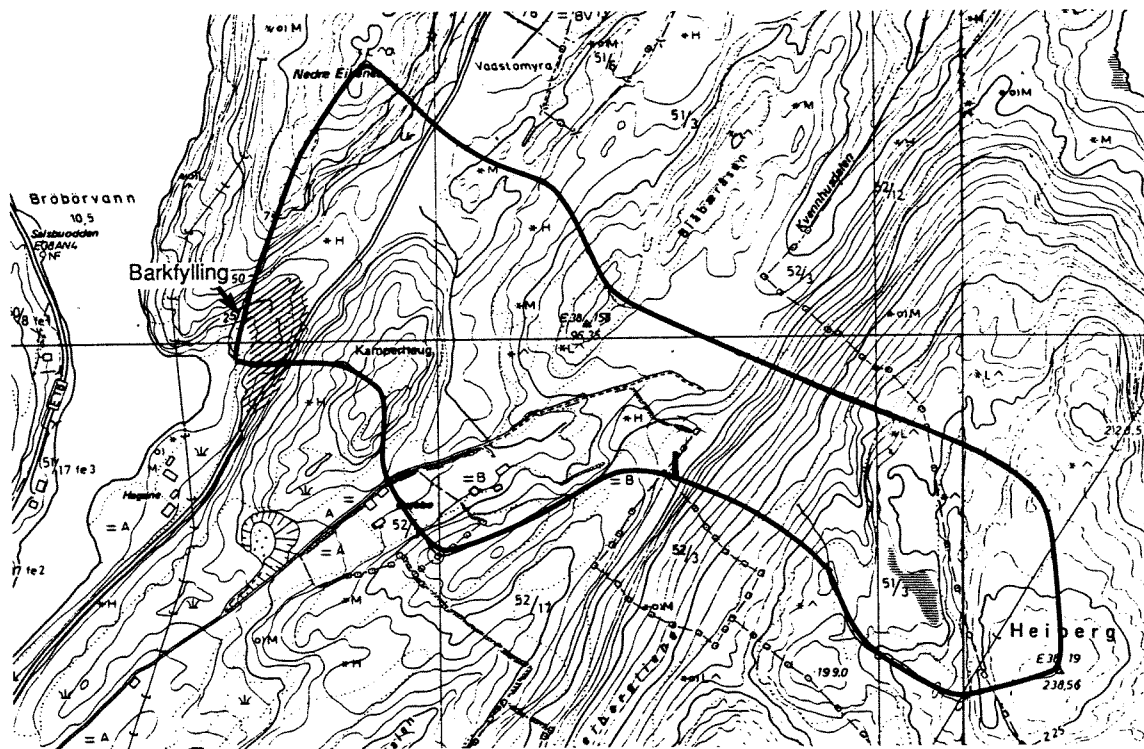


O-88105

Forurensningseffekter av en
barkfylling nederst i
Gjerstadvassdraget i Aust-Agder



NIVA – RAPPORT

Norsk institutt for vannforskning



NIVA

Hovedkontor

Postboks 33, Blindern
0313 Oslo 3
Telefon (02) 23 52 80
Telefax (02) 39 41 29

Sørlandsavdelingen

Grooseveien 36
4890 Grimstad
Telefon (041) 43 033
Telefax (041) 42 709

Østlandsavdelingen

Rute 866
2312 Ottestad
Telefon (065) 76 752

Vestlandsavdelingen

Brevikven 5
5035 Bergen - Sandviken
Telefon (05) 95 17 00
Telefax (05) 25 78 90

Prosjektnr.:

O-88105

Undernummer:

Løpnummer:

2247

Begrenset distribusjon:

Rapportens tittel:

Forurensningseffekter av en barkfylling nederst i Gjerstadvassdraget i Aust-Agder.

Dato:

06.06.89

Prosjektnummer:

O-88105

Forfatter (e):

Atle Hindar
Bjørn Rørslett

Faggruppe:

Vassdrag

Geografisk område:

Aust-Agder

Antall sider (inkl. bilag):

23

Oppdragsgiver:

A/S Egeland's Verk

Oppdragsg. ref. (evt. NTNF-nr.):

Ekstrakt:

Eventuelle forurensningseffekter av en barkfylling ved Brøbørvann nederst i Gjerstadvassdraget i Aust-Agder er undersøkt. Et høyt oksygenforbruk i Brøbørvann skyldes avfall fra tidligere treforedling i vassdraget (sliperier og sagbruk) og ikke barkfyllingen. Det ble funnet nesten utelukkende trefiber i sedimentkjerner på største dyp i vannet. Det er registrert markert frodigere undervannsvegetasjon utenfor barkfyllingen, som tyder på lokalt næringstilsig. Det ble ikke funnet signifikante forskjeller i vannkjemiske parametre oppstrøms og nedstrøms Brøbørvann. Det er relativt høye PAH-konsentrasjoner i overflate-sedimentet i Brøbørvann.

4 emneord, norske:

1. Barkfyllinger
2. Avrenning
3. Tremasseindustri
4. Sedimenter

4 emneord, engelske:

1. Bark dump
2. Run-off
3. Pulp industry
4. Sediments

Prosjektleder:

For administrasjonen:

Atle Hindar

ISBN - 82-577-1542-5

Tor Bokn

NORSK INSTITUTT FOR VANNFORSKNING
SØRLANDSAVDELINGEN
GRIMSTAD

O - 88105

Forurensningseffekter av en barkfylling nederst i
Gjerstadvassdraget i Aust-Agder.

Grimstad, juni 1989

Saksbehandler: Atle Hindar
Medarbeidere: Bjørn Rørslett
Rolf Høgberget
Bjørn Faafeng

FORORD

Tremasseprodusenten A/S Egeland's Verk har i brev av 27.01.88 fra Statens forurensningstilsyn fått pålegg om å undersøke forurensningseffektene av et barkdeponi.

Bakgrunnen for pålegget er bl.a. en uforklarlig dårlig vannkvalitet i Brøbørvann i Gjerstadvassdraget (brev av 05.11.87 fra Miljøvern avdelingen i Aust-Agder til SFT). Det var mistanke om at barkfyllingen er årsaken til disse forholdene.

Norsk institutt for vannforskning (NIVA) utarbeidet program for undersøkelsen. Vårt engasjement ble bekreftet i brev av 20.05.88 fra A/S Egeland's Verk. Undersøkelsen startet umiddelbart.

Nils-Olav Sunde ved bedriften har samlet vannprøver oppstrøms og nedstrøms Brøbørvann. ATIK-vannlaboratorium i Grimstad har analysert vannprøvene. Øvrig feltarbeid og analyse av undervannsfotografier og sedimenter er gjort av NIVA.

Vi vil takke bedriften for velvillighet under arbeidet med undersøkelsen.

Grimstad, juni 1989

Atle Hindar

INNHOLDSFORTEGNELSE

1. SAMMENDRAG	4
2. INNLEDNING	5
3. MATERIALE OG METODER	7
3.1. Barkfyllingen	7
3.2. Vannkjemi	9
3.3. Undervannsfotografering	9
3.4. Sedimenter	9
4. RESULTATER OG DISKUSJON	10
4.1. Vannkjemi i Brøbørvann	10
4.2. Undervannsvegetasjon	13
4.3. Sedimenter	17
5. REFERANSER	22
6. PRIMÆRDATA	23

1. SAMMENDRAG

Norsk institutt for vannforskning har undersøkt forurensnings-effekter av en barkfylling nederst i Gjerstadvassdraget i Aust-Agder. Tremassefabrikken A/S Egeland's Verk har deponert bark og avfall fra tremasseproduksjonen der siden 1960-tallet.

Bakgrunnen for undersøkelsen er bl.a. uvanlig stort oksygenforbruk i Brøbørvann, som ligger umiddelbart nedenfor fyllingen.

Undersøkelsen har vært tredelt. En del har bestått i vannkjemiske undersøkelser i innløpet og utløpet av Brøbørvann. En annen del har bestått i kartlegging av undervannsvegetasjonen. I tillegg er det gjort undersøkelser av sedimentene i vannet.

Resultatene viser at det ikke er mulig å spore påvirkning av avrenningsvann fra fyllingen på vannkjemien i Brøbørvann. Dette henger dels sammen med fyllingens plassering og dels sammen med den raske vanngjennomstrømmingen i Brøbørvann.

Det er markerte endringer i undervannsvegetasjonen umiddelbart utenfor barkfyllingsområdet. Det er funnet frodige eksemplarer av vasshår og mannasøtgras. Det ble dessuten observert skorpeformede blågrønnalger på bunnen. Dekningsgraden var stedvis mer enn 75 %. Dette indikerer lokal belastning med næringssalter.

Sedimentene på største dyp i innsjøen bestod nærmest utelukkende av trefiber under 6 cm sedimentdyp. Dette ble ikke funnet utenfor barkfyllingen. Dette viser en meget sterk belastning med treavfall fra tidligere treforedlingsaktivitet høyere oppe i vassdraget. Den organiske belastningen dette representerer forklarer det høye oksygenforbruket i bunnvannet og at det kommer gassbobler (bl.a. metan) til overflaten over dypområdet.

Det ble funnet høye konsentrasjoner av polysykliske aromatiske hydrokarboner (PAH) i sedimentet utenfor fyllingen og på største dyp i Brøbørvann. Konsentrasjonen er 10-30 ganger høyere enn det som antas å være bakgrunnsverdier. Den er imidlertid lavere enn

det som er funnet i en innsjø ved Arendal som ikke hadde forurensningskilder i sitt nedbørfelt. Luftforurensninger kan derfor være kilde til PAH i disse sedimentene.

2. INNLEDNING

Tremasseprodusenten A/S Egeland's Verk ligger ved utløpet av Gjerstadvassdraget i Aust-Agder (figur 1). Bedriften har anlagt et barkdeponi ved Brøbørvann. Dette vannet er et elvemagasin nederst i Gjerstadvassdraget. Vannet fra magasinet nyttes til produksjon av elektrisk kraft ved A/S Egeland's Verk.

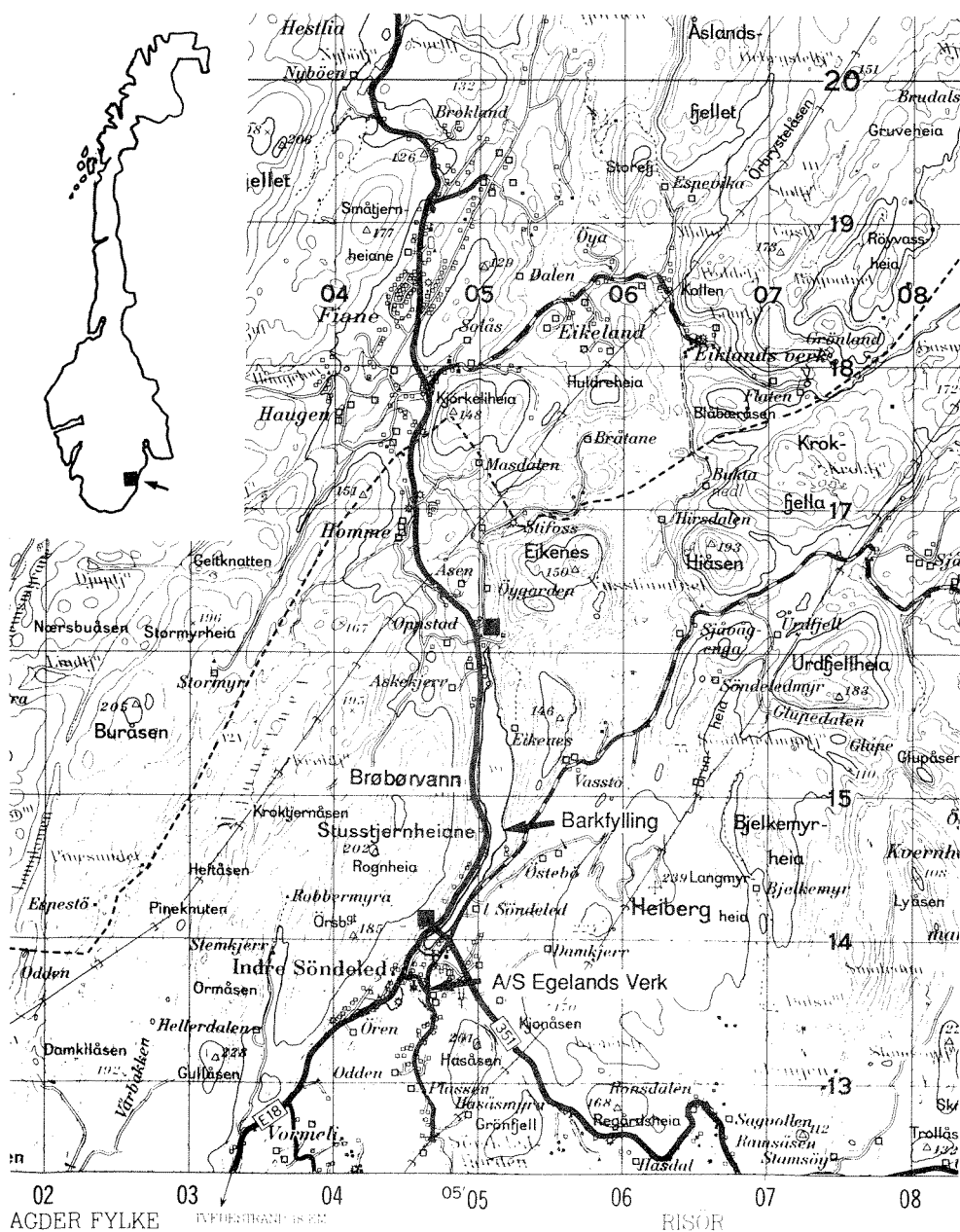
Brøbørvann er lagdelt og det er registrert betydelig oksygenforbruk i bunnvannet. En mulig årsak kan være barkdeponiet ved vannet ifølge Boman (1985).

Barkdeponier kan være kilde til betydelig transport av løste organiske syrer og metaller (Laake 1977, Hindar 1988). Det er delvis fordi det utvikles et reduktivt miljø inne i fyllingen som forårsaker utløsning av metaller. Hvis fyllingen inneholder metallavfall kan dette forsterkes.

Avstanden fra fyllingen til resipient kan være avgjørende for hvor stor del av denne forurensningen som når vassdraget. Laake (1977) viste at det skjer en stor grad av oksydasjon og dermed tilbakeholdelse av metaller de nærmeste hundre metrene fra en slik fylling. De organiske syrene brytes gradvis ned når de føres vekk fra fyllingen. Mengden av de stoffene som føres til vassdraget vil også være avhengig av vanngjennomstrømmingen i fyllingen.

Gjerstadvassdraget har tidligere tjent som resipient for treavfall fra sliperier og sagbruk i nedre del av vassdraget. Det ble drevet fløting i vassdraget fram til omkring 1960. Sliperiet på Stifoss, ca. en km oppstrøms Brøbørvann, ble nedlagt i 1951. En viktig del av denne undersøkelsen har derfor bestått i å se om

denne aktiviteten kan være med å forklare det store oksygenforbruket i bunnvannet i Brøbørvann.



Figur 1. Beliggenheten av barkfyllingen ved Brøbørvann i Gjerstadvassdraget, Aust-Agder. Prøvetakingsstasjoner er inntegnet. Utsnitt av kartblad 1612 I (M 711-serien).

NIVA valgte å dele undersøkelsen i tre deler for å belyse eventuelle forurensningseffekter fra barkfyllingen fra flere sider. En del har bestått i vannkjemiske undersøkelser av indikatorparametre for barkavrenning i innløp og utløp av vannet. Den ble først og fremst gjennomført for å dokumentere eventuell påvirkning fra barkfyllingen på vannkjemien i Gjerstadvassdraget og tilførselen til Sønedeledfjorden.

Den andre delen har bestått i fotografering av undervannsvegetasjon idet det ble antatt at vegetasjonen i fyllingens nærhet ville være påvirket.

Den tredje delen er konsentrert om sedimentene i Brøbørvann. Denne delen ble antatt å avdekke årsaken til det store oksygenforbruket i bunnvannet i Brøbørvann.

3. MATERIALE OG METODER

3.1. Barkfyllingen

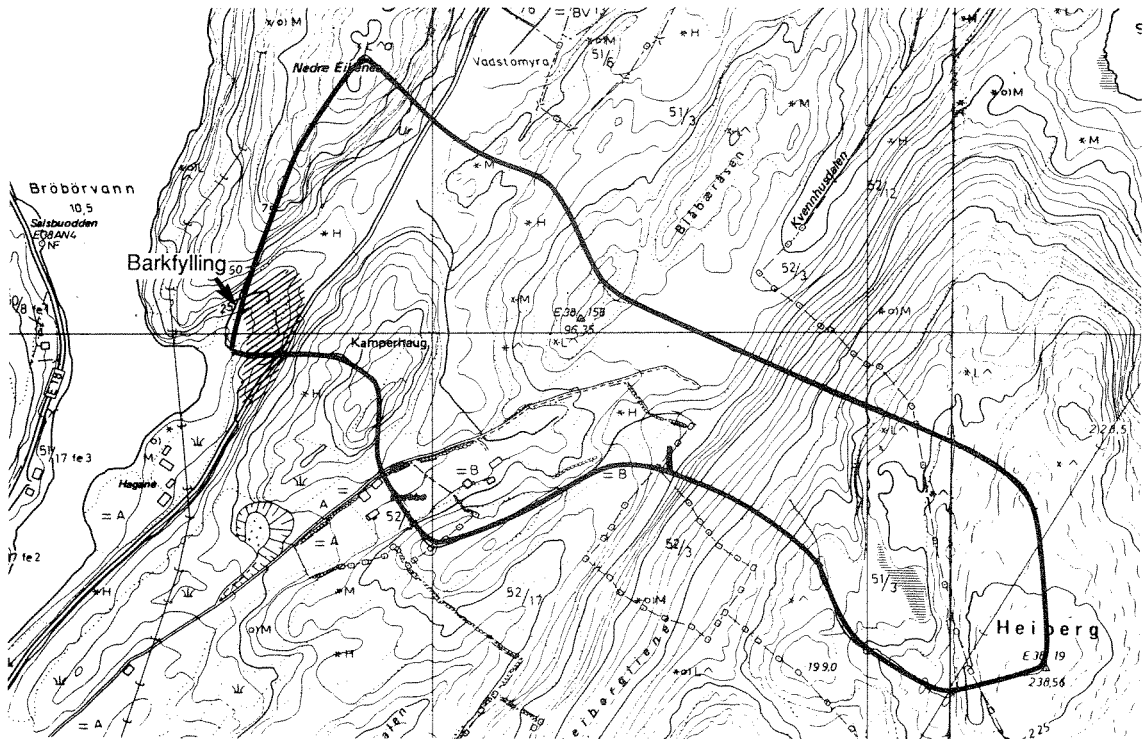
Barkfyllingen ligger tvers over en trang dal som vender ned mot sørøstre side av Brøbørvann (figur 2). Selve fyllingen har en horisontal utstrekning på 150 * 50 meter og er ca. 8 meter høy ved ytre kant. Volumet kan anslås til omkring 20.000 m³. Den vesentligste delen av fyllingen ligger på sørsiden av dalen.

Ifølge bedriften er fyllingen anlagt tidlig på 1960-tallet. De siste 10 årene har det vært lite deponering der og fyllingen har hatt en relativt konstant størrelse. Tidligere ble det lagt fuktig subb fra sliperiet og, i mindre grad, rejekt fra masseframstillingen.

Gjennom fyllingen i bunnen av dalen er det lagt et gjennomgående betongrør. Røret leder vann fra ovenforliggende terreng (0.25 km²) under fyllingen. Fyllingen avskjermes på den måten til en viss grad fra vannsig. Det går også en steinsatt renne gjennom fyllingen som betongrøret delvis er lagt i.

Fyllingsområdet har vært brukt til søppeltømming for diverse avfall. Ifølge bedriften er det privatpersoner som har dumpet avfallet. Avfallet er dels organisk avfall som silo og høy, dels husholdningsavfall. Denne bruken av fyllingsområdet har avtatt den siste tiden.

Det har vært aktivitet på fyllingsområdet i hele undersøkelsesperioden.



Figur 2. Detaljkart av barkfyllingen og dens nedbørfelt.

3.2. Vannkjemi

Det er analysert på følgende parametre: farge (komparatormetode), total fosfor, total nitrogen, total jern og kjemisk oksygenforbruk ved permanganatmetoden. Vannkjemiske analyser er utført etter Norsk Standard.

3.3. Undervannsfotografering

Til undervannsfotografering ble det brukt standard fotografisk metodikk for å registrere vegetasjon under vann (Rørslett et al. 1978). I tillegg ble det gjort spredte artsnoteringer i øvrige deler av innsjøen under feltarbeidet.

I tilknytning til registreringen av undervannsvegetasjonen ble vegetasjonens lysklima målt. Det ble brukt en såkalt kvantelysmåler. Denne måler hvor stor lysenergi (PAR=Photosynthetic Active Radiation, bølgeområde 350-700 nm) som er tilgjengelig for fotosyntese.

3.4. Sedimenter

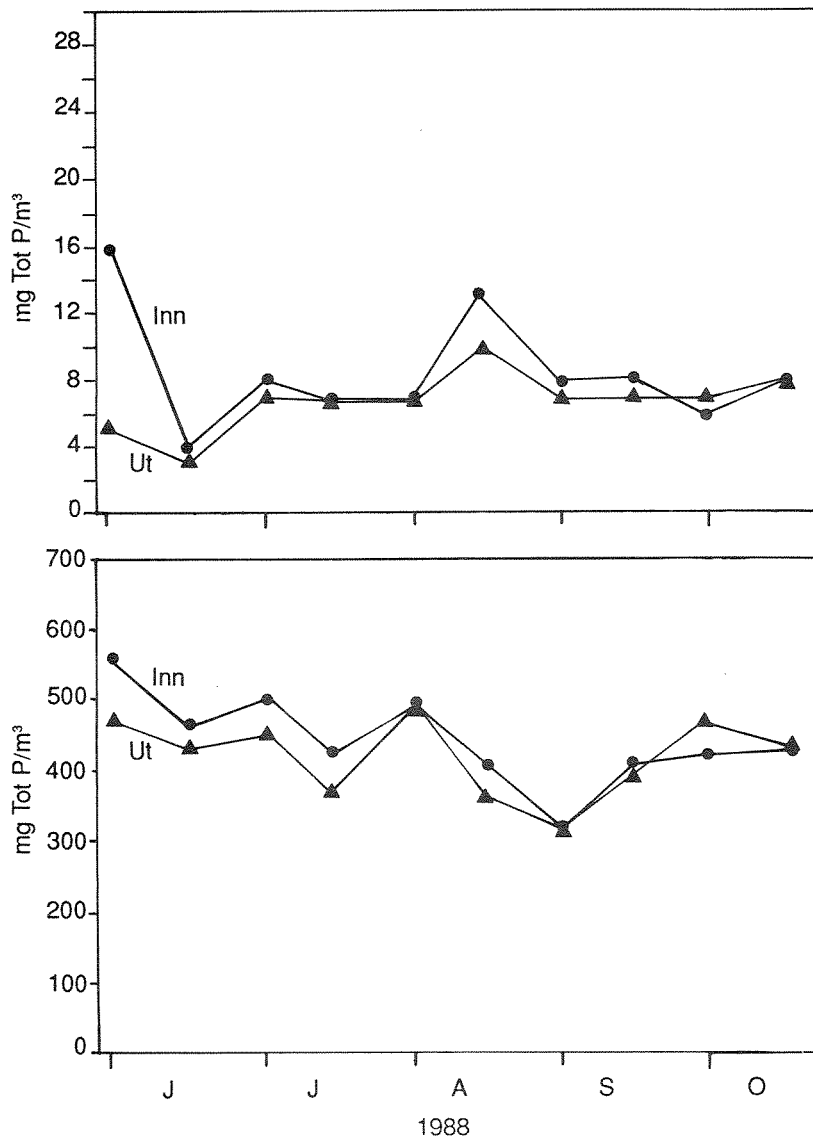
Intakte sedimentkjerner ble tatt opp ved hjelp av en pleksiglasshenter (indre diameter 60 mm, lengde 60 cm). Øvre del av kjernene ble snittet i skiver på 2 cm og lagt i plastbegre.

Analyse av nitrogen og karbon ble gjort på homogeniserte prøver med en CHN elementanalysator. Innhold av polisykliske aromatiske hydrokarboner (PAH) er analysert ved gasskromatografi.

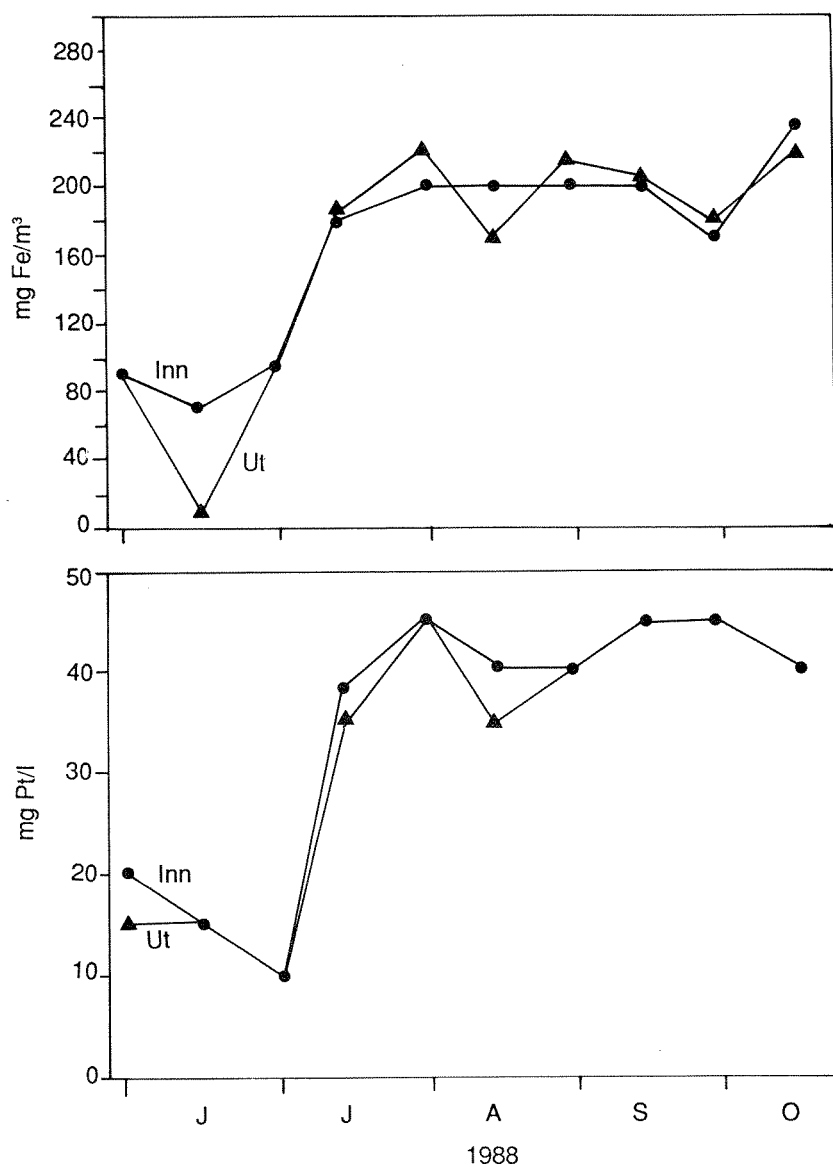
4. RESULTATER OG DISKUSJON

4.1. Vannkjemi i Brøbørvann

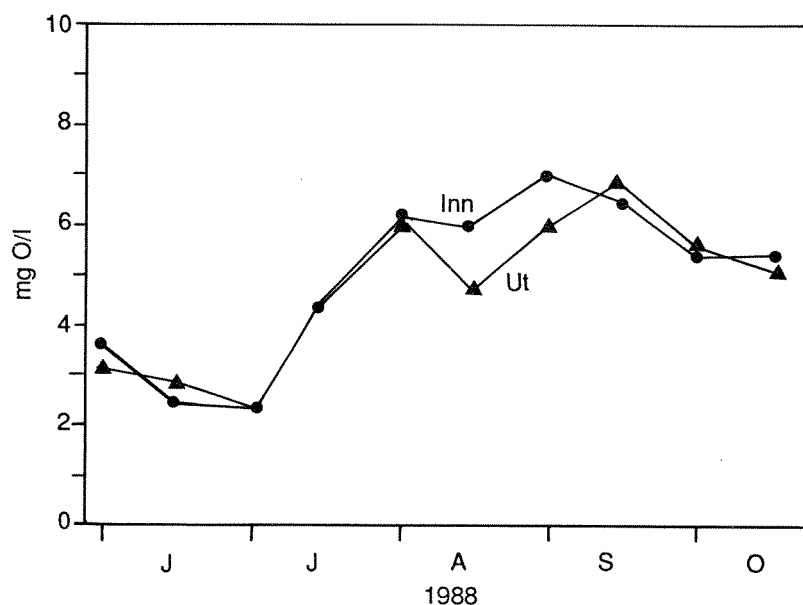
Vannkjemiske analyser ble gjort for om mulig å spore effekter av barkfyllingen på vannkjemien i Brøbørvann. Resultatene er framstilt i figurene 3-5.



Figur 3. Variasjon i konsentrasjonen av total fosfor og total nitrogen i innløp og utløp av Brøbørvann i 1988.



Figur 4. Variasjon i konsentrasjonen av total jern og fargetall i innløp og utløp av Brønbørvann i 1988.



Figur 5. Variasjon i konsentrasjonen av organisk stoff målt som kjemisk oksygenforbruk i innløp og utløp av Brønbørvann i 1988.

Det ser ut til at fargetall, totalt jerninnhold og kjemisk oksygenforbruk varierer på samme måte, med høye verdier fra midt i juli og til undersøkelsene ble avsluttet midt i oktober. Dette skyldes humusstoffer som er oppløst i vannet.

Konsentrasjonen av fosfor og nitrogen tyder på at det er utslipp av kloakk og avrenning fra landbruk i vassdraget. Total nitrogenkonsentrasjon på 400-500 mg N/m³ er vesentlig høyere enn f.eks. Otra og Nidelva, som begge har middelverdier på omkring 300 mg N/m³ (Hindar og Grande 1987 og Hindar et al. 1989).

Som det går fram av figurene var det ingen forskjell av betydning på vannkvaliteten i innløp og utløp av Brønbørvann på disse parametrene. Det viser at vannkvaliteten i Gjerstadvassdraget ikke endres når vannet passerer Brønbørvann.

Nedbørfeltet til Brøbørvann er på omkring 360 km² og middelvannføringen omkring 9 m³/s. Nedbørfeltet til barkfyllingen er omkring 0.25 km² og middelvannføringen gjennom fyllingsområdet blir derfor 8 l/s. Forholdene mellom avrenning i hovedvassdraget og barkfyllingsområdet er så stort at det skal være meget store konsentrasjoner i fyllingens avrenningsvann for å spore effekter i utløpet av Brøbørvann.

Et regneeksempel viser at for å få en økning i jernkonsentrasjonen i utløpet av Brøbørvann på en prosent, må middelkonsentrasjonen av jern i avløpet fra fyllingen være 2 mg Fe/l. Dette er 10 ganger høyere konsentrasjon enn det en finner i hovedvassdraget. For å få vesentlige forskjeller mellom innløp og utløp i Brøbørvann (10 % økning) må konsentrasjonen i avløpet være omkring 20 mg Fe/l.

Laake (1977) fant jernkonsentrasjoner på 10-30 mg Fe/l i sigevannet fra en bark/papiravfall/fiber-fylling i Påldalen i Vennesla. Det er utenkelig at konsentrasjonen i avløpet fra fyllingen ved Brøbørvann er større enn dette. Ved befaring ble det ikke funnet tegn som tydet på massiv jern- eller manganutfelling nedstrøms fyllingen.

Konklusjonen på de teoretiske beregningene her er at konsentrasjonsøkningen for jern og næringssalter neppe utgjør en betydelig kilde til økte konsentrasjoner av jern i Gjerstadvassdraget. Vannkvalitetsmålingene i tiden mai-oktober i 1988 bekrefter dette.

4.2. Undervannsvegetasjon

Vegetasjonen i Brøbørvatnet ble undersøkt 4.10.1988 på to stasjoner, st. 1 (bukta utenfor barkfyllingen) og st. 2 (ved innløp)

Brøbørvann kan betegnes som en middels artsrik innsjø, med en artsrikdom som er noe høyere enn forventet ut ifra innsjøens

størrelse, beliggenhet og vannkvalitet. De observerte artene er satt opp i tabell I.

Tabell I. Registrerte vann- og strandplanter i Brøbørvann. Dybdeangivelse refererer til observert dyp ved prøvetakingsdato 4.10.1988.

Navn	Vitenskapelig navn	Dybdeintervall
Småvasshår	<i>Callitriche palustris</i>	<1
Flaskestarr	<i>Carex rostrata</i>	<1
Sennegras	<i>Carex vesicaria</i>	<1
Nålsivaks	<i>Eleocharis acicularis</i>	1-2
Elvesnelle	<i>Equisetum fluviatile</i>	0-1
Mannasøtgras	<i>Glyceria fluitans</i>	0-1
Stivt brasmegras	<i>Isoetes lacustris</i>	1-3.3
Mykt brasmegras	<i>Isöetes setacea</i>	0-2.3
Krypsiv	<i>Juncus bulbosus</i>	0-3.0
Tjønngras	<i>Littorella uniflora</i>	-2.3
Botnegras	<i>Lobelia dortmanna</i>	-2
Gul nøkkerose	<i>Nuphar lutea</i>	1-2.8
Hvit nøkkerosse	<i>Nymphaea alba</i> (coll.)	<2
Evjesoleie	<i>Ranunculus reptans</i>	0-2
Flótgras	<i>Sparganium angustifolium</i>	0-2.9
Sylblad	<i>Subularia aquatica</i>	<1
Vrangblærerot	<i>Utricularia ochroleuca</i>	0.5-5.1
Torvmose	<i>Sphagnum</i> spp.	1-6.1
Ferskvannssvamp	<i>Spongilla lacustris</i>	0-5.5
Blågrønnalger	Chanophyceae	2-4

Det var betydelig ulikhet i vegetasjonstrekk stasjonene imellom. På st. 2 var krypsiv helt dominerende og forekom i tette belter på omkring 1.5-2.0 m dyp. Ved st. 1 forekom svært frodige eksemplarer av bl.a. vasshår og mannasøtgras nær utløpet av bekkesig fra barkfyllingen. Det ble observert skorpeformede

blågrønnalger på bunnen fra 2 til ca 3.5 m dyp på denne stasjonen. Stedvis kom dekningsgraden opp i mer enn 75%. Tilsvarende forekomster ble ikke observert på st. 2.

En klart frodigere vegetasjon ved barkfyllingen enn ved innløpsområdet og markert forekomst av blågrønnalger viser at det er lokalt næringstilsig på stasjonen utenfor barkfyllingen. Forøvrig er vegetasjonen i samsvar med innsjøens sure og næringsfattige vannkvalitet.

Bunnforholdene på de to stasjonene var gjennomgående nokså like. Begge steder dominerte dyholdig finpartikulært slam. Ved st. 2 var det stedvis innslag av sand eller stein, noe som reflekterer større grad av vanngjennomstrømming på denne lokaliteten. Det ble også observert en viss forekomst av synketømmer.

Undervannslysklima

Plantevekst krever tilgang på tilstrekkelig lysenergi. Undervannslysklimaet er derfor en viktig parameter for å bedømme vekstmulighetene i et akvatisk system. Lysforholdene kan karakteriseres på flere ulike måter. Måling av siktedyp vha Secchi-skive gir en lettforståelig verdi for å tolke optiske egenskaper i en vannkvalitetssammenheng, men har begrenset anvendelse for å angi lysklimaet for vegetasjon. Ved hjelp av en kvantelysmåler kan man direkte måle hvor stor lysenergi som er tilgjengelig for fotosyntese.

Målingene av nedstrålende PAR (se avsnitt 3.3) i Brøbørvann viste at lyset ble hurtig svekket nedover i vannsøylen, se figur 6. PAR-verdiene i dyp 'v' kunne beskrives med likningen,

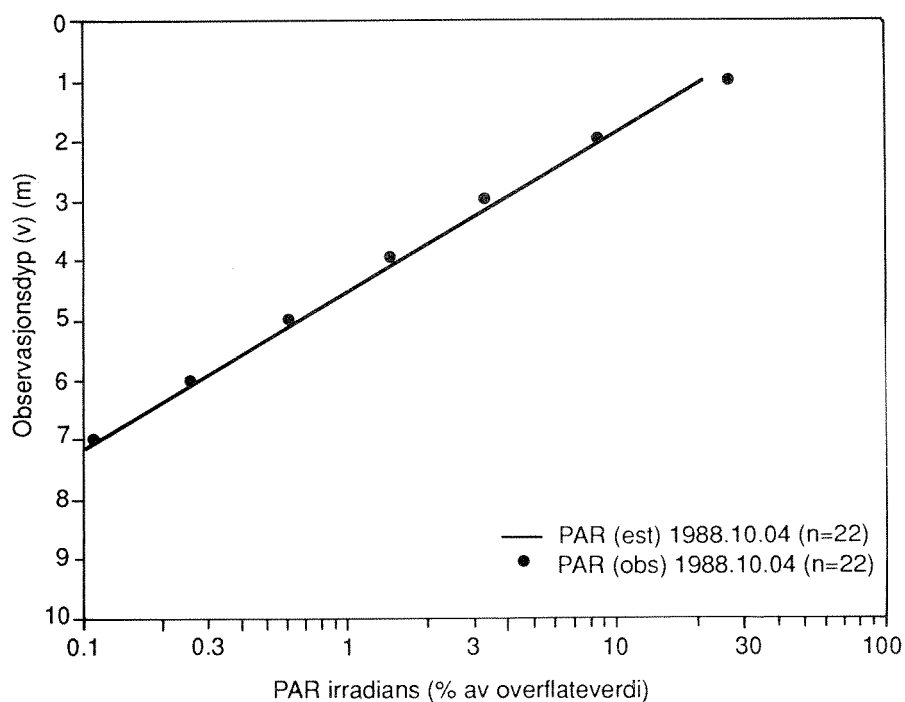
$$I(v) = I(0^-) * F * \exp(-K(v) + o^2(v)/2), \text{ der}$$

$$K(v) = 0.87 \text{ v og } o^2(v) \sim 10^{-2} \text{ for v mellom 1 og 8 m}$$

$I(z)$ er kvanter PAR per areal og tidsenhet (PPFD $\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$) ved dyp z . Luftmålingene refereres som $I(0^-)$.

F er en faktor som beskriver refleksjonstapet i overflaten ($z=0$). F varierer med solhøyde og bølgegang, fra 0.94 og nedover. Denne faktoren ble ikke målt direkte i felt.

Ved log-lineær regresjon anslås $I(0^+) = I(0^-) * F$



Figur 6. Svekning av fotosyntetisk tilgjengelig lys (PAR) i Brønbørvann den 04.10.88.

Som vanlig ved denne type målinger blir verdien av $I(0^+)$ mindre enn 80% av overvannsverdien $I(0^-)$. Dette skyldes at svekningen i det øverste vannlaget er kombinert med en endring i spektral-sammensetning.

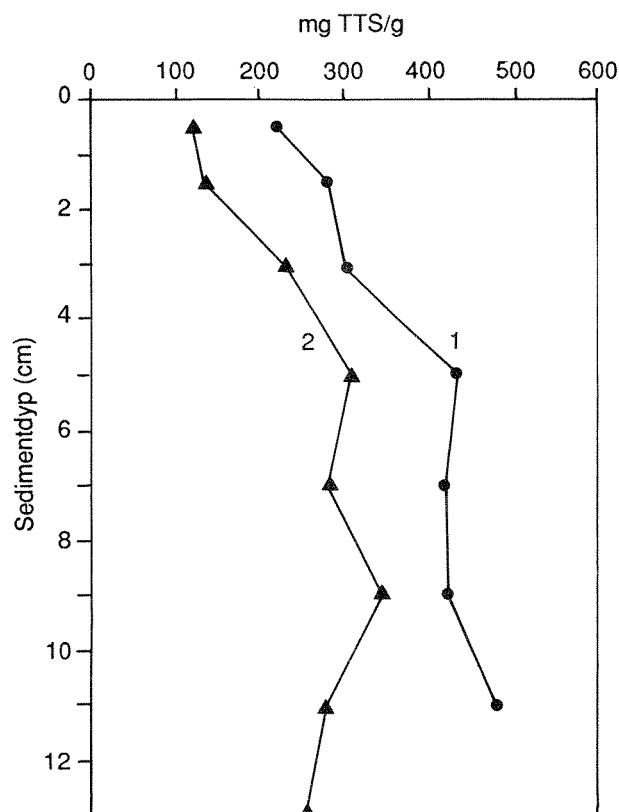
Lysforholdene i Brøbørvann er relativt dårlige og indikerer at makrovegetasjon ikke vil klare seg i større dyp enn ca. 3.5 meter. Det samsvarer bra med våre feltobservasjoner. Riktignok ble en blærerotart (Utricularia ochroleuca) observert helt ned til 5.1 m men denne arten er "mobil" siden den ikke har utviklet rotsystem. Hoved-mengden av arten ble da også funnet i dyp mindre enn 3.5 m.

4.3. Sedimenter

Intakte sedimentkjerner fra en vik utenfor barkfyllingen og fra største dyp i Brøbørvann viste stor variasjon i sammensetning. I begge kjerner var det et organisk lag på toppen, som bestod av døde planterester. Dette laget inneholdt relativt mye vann slik at det totale tørrstoffinnholdet ble lavt (figur 7).

Tørrstoffinnholdet i sedimentet utenfor barkfyllingen var større enn i sedimentet på største dyp. Det gjaldt alle sjikt og skyldes trolig at nedbrytingen går raskere her enn i det dypeste området. Vanninnholdet er større i et dårlig mineralisert sediment.

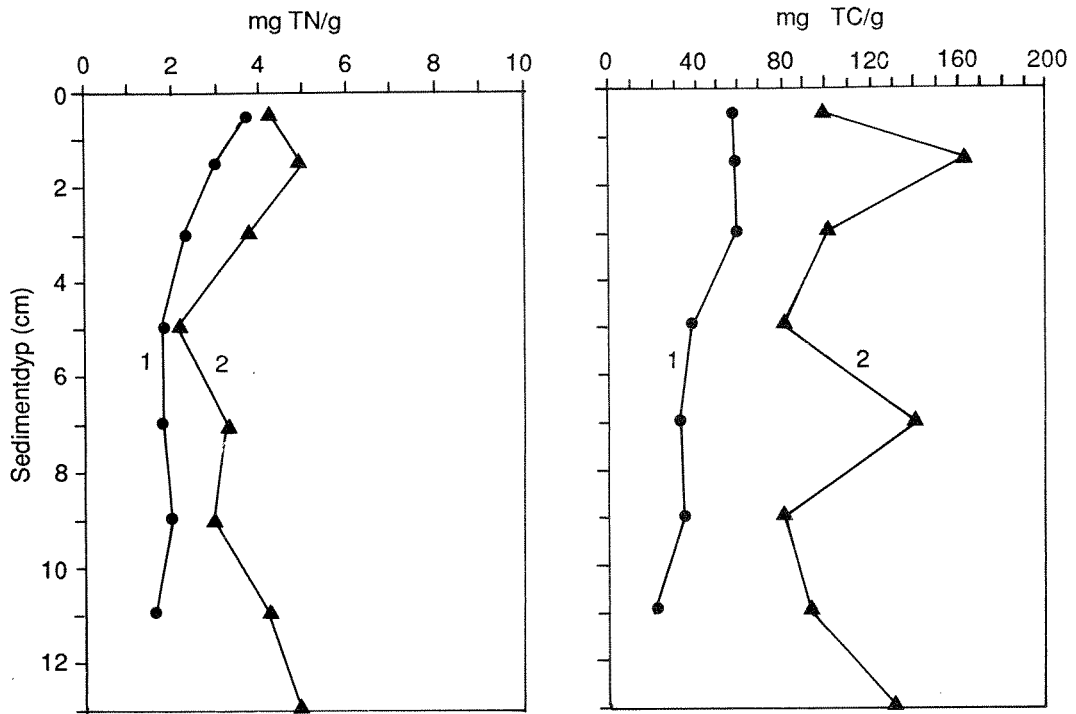
Det var et markert skille i sedimentsøylen på største dyp. Under de seks øverste cm bestod sedimentet utelukkende av trefiber. Alle fibrene så ut til å være av omtrent samme størrelse. Det skyldes størrelsesfraksjonering horisontalt i vannet. Fibrene så svært lite nedbrydt ut, men det var gassdannelse i sedimentkjernen.



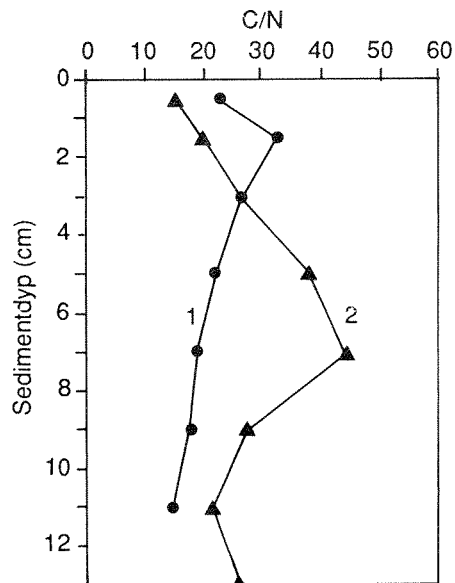
Figur 7. Konsentrasjon av totalt tørrstoff (TTS) i innsjøsedimentet utenfor barkfyllingen (stasjon 1) og i sedimentet på største dyp (stasjon 2).

Gassproduksjonen fra dette sedimentet ble også iaktatt under feltarbeidet i begynnelsen av oktober 1988. Da kom det bobler opp til overflaten i et relativt stort område sentralt i vannet. Gassen antas å være hovedsakelig metan, som dannes ved anaerob nedbryting av organisk stoff. Det var ikke lukt av hydrogensulfid i sedimentkjernene.

Det høye karboninnholdet i trefiber vises klart i figur 8. Også forholdet karbon/nitrogen i dette sedimentet er høyt (figur 9). Det noe høyere nitrogeninnholdet i kjernen fra største dyp (figur 8) skyldes sannsynligvis at sedimentet her er dårligere mineralisert enn sedimentet utenfor fyllingsområdet.



Figur 8. Konsentrasjon av total karbon (TC) og total nitrogen (TN) i sedimentkjerner fra området utenfor barkfylling (st. 1) og fra største dyp (st. 2) i Brønbørvann.



Figur 9. Forholdet mellom karbon og nitrogen (C/N) i sedimentkjerner fra området utenfor barkfylling (st. 1) og fra største dyp (st. 2) i Brønbørvann.

Resultatene tyder på at det ikke skjer spesielt stor akkumulasjon av organisk stoff utenfor barkfyllingen. Resultatene viser videre at nedbryting av trefiber forårsaker gassproduksjon og er kilden til det høye oksygenforbruket i bunnvannet i Brøbørvann.

Trefibrene stammer åpenbart fra nedlagte tresliperier og sagbruk høyere oppe i vassdraget. Ifølge A/S Egeland's Verk ble denne aktiviteten avsluttet i 1951 (Stifoss tresliperi). Med en sedimenttilvekst på 1-2 mm/år, stemmer det bra med at fibrene ble funnet i et sedimentdyp på omlag 6 cm.

Øvre lag i sedimentkjernene ble også analysert på polysykliske aromatiske hydrokarboner (PAH) for å se om det var spor av slike forbindelser fra barkfyllingen. Resultatene er vist i tabell 2.

Resultatene viser at det var større konsentrasjoner av PAH-forbindelser på største dyp enn utenfor barkfyllingen. De totale konsentrasjoner var hhv. omkring 7.000 og 2.000 g/kg. Årsaken til dette kan være større sedimentasjon av finpartikulært materiale på største dyp. Mesteparten av forskjellen utgjøres av fenantren, som er en relativt flyktig forbindelse. Forskjellen mellom stasjonene i Brøbørvann tyder på at barkfyllingen ikke er kilde til PAH.

Konsentrasjonen begge steder er langt over det en betrakter som bakgrunnskonsentrasjoner av PAH (200-300 g/kg). Slike høye konsentrasjoner er også funnet i Mjåvann ved Arendal (Hindar 1988). Der var konsentrasjonen i overflatesedimentet 10.000 g/kg til tross for at det ikke var kilder til PAH-utslipp innenfor nedbørfeltet. Det ble tilskrevet lokale kilder (smelteverk) eller langtransportert forurenset nedbør. Konsentrasjonene ser derfor ikke ut til å være spesielt høye for dette området, men datagrunnlaget er utilstrekkelig til å slå dette fast.

Tabell 2. Konsentrasjoner av polysykliske aromatiske hydrokarboner (PAH) i de øverste 10 mm av sedimentkjerner i Brøbørvann. Kjerne 1 er hentet utenfor barkfyllingsområdet, mens kjerne 2 er hentet på største dyp sentralt i vannet.

Konsentrasjoner i : Ug/kg tørket materiale (Pbb)

PAH	1	2	3	4	5	6
Naftalen						
2-Metylnaftalen						
1-Metylnaftalen						
Bifenyl						
Acenaftylen						
Acenaften						
Dibenzofuran						
Fluoren						
Dibenzotiofen						
Fenantren	240	3200				
Antracen		457				
2-Metylantracen						
1-Metylfenantren						
9-Metylantracen						
Fluoranten	300	606				
Pyren	122	480				
Benzo(a)fluoren						
Benzo(b)fluoren						
1-Metylpynen						
Benzo(ghi)fluoranten						
Benzo(a)antracen **		237				
Trifenylen/Chrysen * 1)	148	438				
Benzo(b)fluoranten **	x) 415	x) 888				
Benzo(j,k)fluoranten **						
Benzo(e)pyren	316	Maskert				
Benzo(a)pyren **	246	176				
Perylen						
Indeno(1,2,3-cd)pyren **	242	? 511				
Dibenz(a,c og/eller a,h)antracen ** 2)						
Benzo(ghi)perylene						
Anthanthrene						
Coronen						
Sum	2029	6993				
Derav KPAH (** + *)						
% KPAH						
% Tørrstoff						

x) Benzo(j,k)fluoranten inkludert

** og * markerer potensielt kreftfremkallende egenskaper etter IARC (1983), henholdsvis tilstrekkelig underlag fra dyreforsøk til å indikere årsaks-sammenheng og begrenset underlag, dvs. trolig årsakssammenheng. Sum av ** og * utgjør KPAH.

- 1) Bare chrysen * (halvparten regnet med i KPAH).
- 2) Bare (a,h)-isomeren **

5. REFERANSER

Boman, Eva. 1985. Undersøkelse av Gjerstadvassdraget og det nære sjøområdet utenfor, 1981-1984. O-82051, NIVA, Grimstad. 60 s.

Hindar, A. 1988. Overvåking av Mjåvann nedstrøms Heftingsdalen søppelfyllplass i 1987. O-85063, NIVA, Grimstad. 17 s.

Hindar, A., Lindstrøm, E.-A. og Rørslett, B. 1989. Vannkvalitet og forurensningskilder i Nidelva, Aust-Agder - Konsekvenser av reguleringer for drikkevannskvaliteten i innsjøen Rore. O-88137, NIVA, Grimstad. (in prep.)

Hindar, A. og Grande, M. 1987. Otra 1980-1986. Tiltaksorientert overvåking. Overvåkingsrapport 292/87. O-8000208, SFT/NIVA, Grimstad. 106 s.

Hindar, A. og Grande, M. 1988. Avrenning fra barkfyllinger ved Rygene i nedre del av Nidelav, Aust-Agder. O-86149, NIVA, Grimstad. 32 s.

Laake, M. 1977. Sigevannspreblemer ved fyllplass for bark og trefiber i Påldalen, Vennesla, Vest-Agder. O-12/73, A2-08, NIVA, Oslo. 66 s.

Rørslett, B., Green, N.W. & Kvalvågnæs, H. 1987. Stereophotography as a tool in aquatic biology. *Aquat. Bot.* 4:73-81.

6. PRIMÆRDATA

Vannkjemiske data fra Brøbørvann

Dato	Stasjon	Farge mg Pt/l	Tot P ug/l	Tot N ug/l	Tot Fe ug/l	Org.stoff mg O/l
05/30/88	33	20	16	550	90	3.6
05/30/88	66	15	5	470	90	3.1
06/15/88	33	15	4	460	70	2.5
06/15/88	66	15	3	430	10	2.8
07/01/88	33	10	8	500	95	2.3
07/01/88	66	10	7	450	95	2.3
07/14/88	33	38	7	420	180	4.4
07/14/88	66	34	7	370	185	4.4
08/01/88	33	45	7	490	200	6.2
08/01/88	66	45	7	490	220	6.0
08/15/88	33	40	13	405	200	6.0
08/15/88	66	35	10	365	170	4.7
08/31/88	33	40	8	320	200	7.0
08/31/88	66	40	7	320	215	6.0
09/15/88	33	45	8	410	200	6.5
09/15/88	66	45	7	395	205	6.9
09/30/88	33	45	6	425	170	5.4
09/30/88	66	45	7	470	180	5.6
10/17/88	33	40	8	430	235	5.4
10/17/88	66	40	8	435	220	5.1

Brøbørvann

Sedimenter

		TC mg/g	TN mg/g	TTS mg/g	C/N		
Kjerne	1	Sjikt					
		0.5	0-1	58.3	3.77	219	15.5
		1.5	1-2	59.6	2.96	282	20.1
		3	2-4	61.2	2.3	306	26.6
		5	4-6	39.9	1.78	436	22.4
		7	6-8	35.1	1.8	422	19.5
		9	8-10	38.2	2.05	427	18.6
	11	10-12	24.9	1.6	486	15.6	
	13	12-14					
	2	0.5	0-1	99.7	4.34	122	23.0
		1.5	1-2	164	5.03	136	32.6
		3	2-4	103	3.82	233	27.0
		5	4-6	82.9	2.13	313	38.9
		7	6-8	144	3.23	285	44.6
9		8-10	84.2	2.99	351	28.2	
11		10-12	96.2	4.24	286	22.7	
13	12-14	137	4.97	265	27.6		