



O-89165

Overvåking av
vannkvalitet i forbindelse
med vegfyllingsarbeid
i Gravdalsvann, Bergen.

NIVA – RAPPORT

Norsk institutt for vannforskning  NIVA

Hovedkontor Postboks 69, Korsvoll 0808 Oslo 8 Telefon (02) 23 52 80 Telefax (02) 39 41 89	Sørlandsavdelingen Televeien 1 4890 Grimstad Telefon (041) 43 033 Telefax (041) 43 033	Østlandsavdelingen Rute 866 2312 Ottestad Telefon (065) 76 752 Telefax (065) 78 402	Vestlandsavdelingen Breiviken 5 5035 Bergen-Sandviken Telefon (05) 95 17 00 Telefax (05) 25 78 90
--	---	--	--

Prosjektnr.: O-89165
Undernummer:
Løpenummer: 2492
Begrenset distribusjon:

Rapportens tittel: Overvåking av vannkvalitet i forbindelse med vegfyllingsarbeid i Gravdalsvann, Bergen.	Dato: 05.09.90
	Prosjektnummer: O-89165
Forfatter (e): Håvard Bakke Karl Jan Aanes Torleif Bækken	Faggruppe: Industriforurensn.
	Geografisk område: Hordaland
	Antall sider (inkl. bilag): 38

Oppdragsgiver: Statens Vegvesen Hordaland	Oppdragsg. ref. (evt. NTNf-nr.):
---	----------------------------------

Ekstrakt: Det er bygget ny trasé på R-555 på fylling i Gravdalsvann. Vannkvalitet og miljøforhold i Gravdalsvann er undersøkt før, under og etter fyllingsarbeidet. Vegarbeidet medførte betydelig økt innhold av suspendert stoff i innsjøen. Det økte partikkelinnholdet i vannet medførte ulemper for bruken av vannet ved Norsk Blikkvalseverk, men det ble ikke registrert effekt på produktkvaliteten ved Blikkvalseverket. Anleggsarbeidet medførte ikke påviselige endringer i bunnfaunaen i innsjøen.

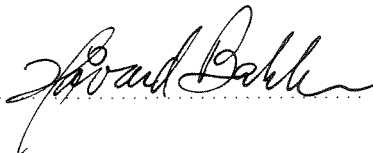
4 emneord, norske:

1. Vegarbeid
2. Suspendert stoff
3. Oksygenforhold
4. Bunnfauna

4 emneord, engelske:

- 1.
- 2.
- 3.
- 4.

Prosjektleder:



Håvard Bakke

For administrasjonen:



Bjørn Olav Rosseland

ISBN 82-577-1808-4

O - 89165

**Overvåking av vannkvalitet
i forbindelse med vegfyllings-
arbeid i Gravdalsvann, Bergen.**

Bergen 05.09.90

FORORD

Den foreliggende rapport er en sammenstilling av resultater og observasjoner fra undersøkelser i Gravdalsvannet, Bergen kommune. Dette er sluttrapportering av et oppdrag utført for Statens Vegvesen, Hordaland, og beskriver forholdene i innsjøen før, under og etter anleggsarbeidet.

Resultatene av vannanalyser gjennom anleggsperioden presenteres, og de økologiske forhold i innsjøen beskrives. Det gis en oversikt over konsekvensene endringene i vannkvaliteten har hatt for Norsk Blikkvalseverk A/S. Bedriften nytter vann fra Gravdalsvannet til prosess- og kjølevann.

Håvard Bakke ved NIVAs Vestlandsavdeling har vært prosjektansvarlig, med assistanse fra NIVAs hovedkontor i Oslo ved cand.real. Karl Jan Aanes og cand. real. Torleif Bækken. Kjemiske analyser er utført ved NIVAs analyselaboratorium i Oslo.

Bergen, september, 1990

Håvard Bakke

INNHOOLD

1.	SAMMENDRAG OG KONKLUSJON.	1
2.	INNLEDNING.	3
2.1.	<u>Problembeskrivelse.</u>	4
2.2.	<u>Områdebeskrivelse.</u>	5
2.3.	<u>Bruk av Gravdalsvannet.</u>	5
2.3.1.	<u>Norsk Blikkvalseverk A/S.</u>	5
2.3.2.	<u>Annen bruk av vannet (informasjoner fra Bergen kommune).</u>	6
3.	VANNKVALITET OG SEDIMENT I GRAVDALSVANNET.	10
3.1.	<u>Vannkvalitet før anleggsarbeidet.</u>	10
3.2.	<u>Sediment i Gravdalsvannet før anleggsarbeidet.</u>	11
3.3.	<u>Bunndyr i Gravdalsvann.</u>	11
3.4.	<u>Effekt av anleggsarbeid på vannkvalitet.</u>	11
3.4.1.	<u>Partikler i vannet.</u>	12
3.4.2.	<u>Oksygenforhold og sedimentanalyse.</u>	12
3.4.3.	<u>Effekt av vannbehandling.</u>	13
4.	BUNNFAUNA I GRAVDALSVANN.	24
4.1.	<u>Innledning.</u>	24
4.2.	<u>Materiale og metoder.</u>	24
4.3.	<u>Resultater og diskusjon.</u>	24
5.	KONSEKVENSER AV FYLLINGARBEIDET.	28
5.1.	<u>Ventet og registrert effekt hos Norsk Blikkvalseverk.</u>	28
5.2.	<u>Vurdering av omfang og kostnader.</u>	30
	REFERANSER.	31
	VEDLEGG 1 - 6.	32

1. SAMMENDRAG OG KONKLUSJON.

- * Norsk Blikkvalseverk A/S i Simonvik bruker Gravdalsvannet som kilde for prosess- og kjølevann i bedriften. Bygging av ny trase av R-555 medførte utfylling av masser i Gravdalsvannet. Denne undersøkelsen er gjort primært for å overvåke mulige effekter av fyllingsarbeidet på aktuelle kvalitetskriterier på vannet som Blikkvalseverket bruker.
- * Undersøkelsen før anleggsstart viste at Gravdalsvannet er sterkt belastet med organisk materiale, og det var anoksiske forhold i dypvannet høsten 1989. Om vinteren ble det total omrøring av vannmassene.
- * Sedimentene ved fyllingsområdet inneholdt mye organisk materiale og det var H₂S produksjon i sedimentene.
- * Arbeidet med vegfylling i sørenden av Gravdalsvannet medførte periodevis en betydelig økning av partikulært materiale i hele innsjøen og i vannet brukt av Norsk Blikkvalseverk. Ved vanninntaket til Blikkvalseverket var høyeste registrerte innhold av suspendert materiale 38,3 mg/l, mot et nivå før og etter anleggsarbeidet på ca 2 mg/l.
- * Perioder med stor partikkelbelastning gav også utslag på vannkvaliteten etter behandling i sandfilter og ionebytter. Både sandfilter og ionebytter hadde prosentvis noe redusert effekt under toppbelastning.
- * Endringene i vannkvalitet medførte ekstraarbeid med rengjøring, og ekstrakostnader med framskyndet skifte av filtermasse i vannbehandlingsenhetene hos Blikkvalseverket. Det ble ikke registrert kvalitetsreduksjon på produktene.

- * Bunnfauna ble undersøkt før og etter anleggsarbeidet. Faunaen var relativt rik og variert, og typisk for en næringsrik innsjø. Det ble ikke påvist noen markert effekt av fyllingsarbeidet på bunnfaunaen.

2. INNLEDNING.

Hovedinnfartsåren til Bergen fra vest, Riksveg 555, omlegges og utbedres. Ved Gravdalsvann i Ytre Laksevåg vil vegtraseen delvis gå på fylling i søndre del av vannet.

Det er til dels store mengder finpartikulært sediment (slam/-dynn) i Gravdalsvann (Mossin, 1988). Norsk Blikkvalseverk A/S bruker vann fra Gravdalsvannet til prosess- og kjølevann, og uttrykte før vegarbeidet startet, bekymring for at evt endring av vannkvaliteten på grunn av arbeidet, skulle skape vansker og/eller ekstra kostnader i deres produksjon.

For å overvåke forholdene i innsjøen, og særlig kvaliteten på prosessvannet til Norsk Blikkvalseverk, ble Norsk Institutt for Vannforskning, Vestlandsavdelingen engasjert av Statens Vegvesen, Hordaland.

Undersøkelsen var delt i tre faser:

1. Innsamling av tilgjengelig materiale om vannet, og undersøkelser av vannkvaliteten før start av veganlegget.
2. Modellberegning og vurdering av konsekvensene av den planlagte fyllingen på oppvirvling og transport av sedimentert materiale, og på andre forhold ved vannkvaliteten.
3. Oppfølgende kartlegging av forholdene under og etter anleggsarbeidet. Herunder inngår undersøkelse av bunndyrsamfunn i innsjøen.

En forløpig rapport som dekker fase 1 og 2 ble framlagt i oktober 1989 (Bakke m.fl., 1989). Den var basert på litteraturstudier, modellberegninger og begrenset feltarbeid, samt erfaringer fra lignende problemer tidligere.

Resultat fra den oppfølgende overvåkingen av vannkvaliteten og undersøkelsen av bunndyrsamfunn er presentert i denne rapporten.

2.1. Problembeskrivelse.

a) Vann til Norsk Blikkvalseverk A/S.

Norsk Blikkvalseverks vanninntak ligger nord i Gravdalsvann (se fig.2.1). Årlig vannuttak er ca. 5 mill. m³ hvorav 4 mill. m³ returneres til Gravdalsvann. Bare en liten del av vannmengden kjøres idag gjennom bedriftens renseanlegg før det går inn i prosessen, resten nyttes uten noen forbehandling (se fig. 3.5).

Det ble fra bedriftens side hevdet at en forverring av dagens vannkvalitet i inntaksvannet ville skape problemer for driften og kunne gi alvorlige driftsforstyrrelser. Norsk Blikkvalseverk A/S henstiller i brev av 9/9 1988 til Bergen kommune, Planavd. Ytre by om at det utføres nødvendige tiltak for å hindre at vannet blir ytterligere forurenset (vedlegg 1). Det er opprettet en leieavtale mellom Bergen kommune og Norsk Blikkvalseverk om uttak av vann fra Gravdalsvann.

b) Økologiske virkninger av anleggsarbeidet.

Sentrale problemstillinger er:

Generell virkning av slam:

Brukerinteresser:

- Redusert sikt vanskeliggjør utøving av fiske
- Vassdragets estetiske kvalitet reduseres

Økologiske forhold:

- Endring av forhold knyttet til primærproduksjonen
- Redusert diversitet (artmangfold) for bunnfaunaen
- Redusert byttedyrtilgang for fisk
- Endrete oksygenforhold i sediment og vannmasser
- Nedslamming og erosjon av påvekst/begroing
- Gjelleskader og andre vevsskader på fisk og bunndyr

2.2. Områdebeskrivelse.

Gravdalsvannet (13 m.o.h.) ligger i Bergen kommune og utgjør nederste innsjøen i Gravdalsvassdraget, som renner ut i Gravdalsviken i Laksevåg. Innsjøen har et nedbørsfelt på 3,23 km² og dens overflateareal er 0.3 km². Største dyp er funnet å være 24 m og innsjøens volum er beregnet til 2,2 mill. m³ (Samdal, 1961). Tilsiget er lite og kommer i hovedsak fra Liavann (32 m o.h.), som er drikkevannskilde for Bergen by.

Gravdalsvann er oppdemmet og brukes som vannkilde for prosessvann og kjølevann av Norsk Blikkvalseverk i Simonvik. Kjølevannet returneres til Gravdalsvann som fungerer som avkjølingsbasseng. Oppdemmet magasinkapasitet er 200.000 m³ (Ellingsen, 1975).

I figur 2.1, 2.2 og 2.3 er det gitt en kartskisse av dybdeforholdene i Gravdalsvann med tilhørende magasinkurve (Samdal, 1961), og planlagt vegfylling .

2.3. Bruk av Gravdalsvannet.

2.3.1. Norsk Blikkvalseverk A/S.

Norsk Blikkvalseverk har leieavtale med Bergen kommune om uttak av vann fra Gravdalsvannet. Blikkvalseverket tapper ca 5 millioner m³ årlig fra bassenget, og av dette pumpes ca 4 millioner m³ tilbake til bassenget.

Vannet brukes til prosessvann og til kjølevann. En del av vannet filtreres gjennom sandfilter i bedriften, og noe av-ioniseres i ionebytter, resten brukes ubehandlet som kjølevann. Etter bedriftens vurdering ville øket mengde suspendert materiale i vannet skape tekniske problemer og medføre ekstra kostnader. Det var ikke noen tilgjengelig alternativ vannkilde som kunne gi vann i det kvantum som bedriften bruker. Vannverkets ledningsnett har for liten dimensjon, og Liavann (som er drikkevann-

skilde) har ikke kapasitet til å erstatte inntaket fra Gravdalsvannet i anleggsperioden.

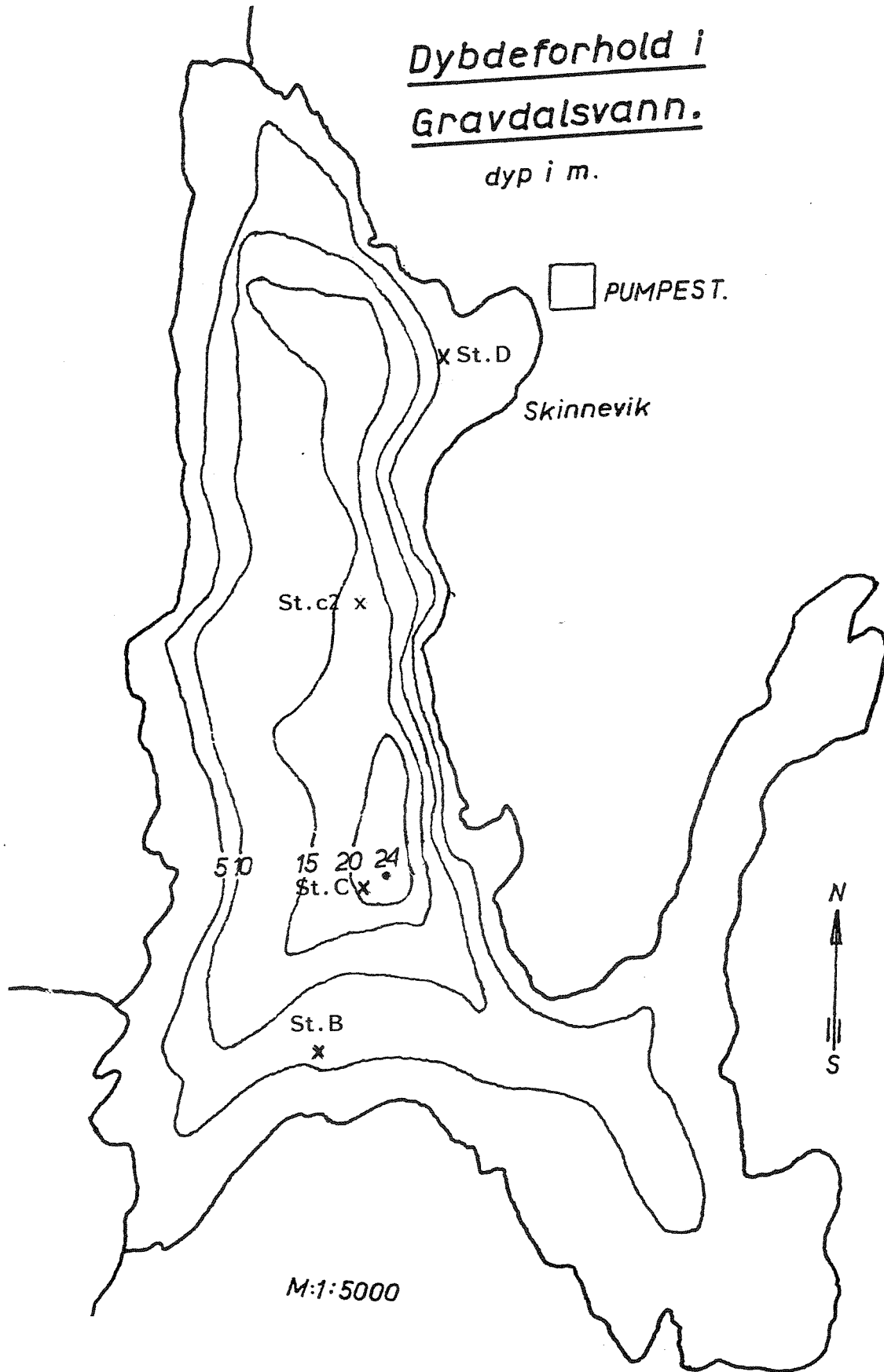
2.3.2. Annen bruk av vannet (informasjoner fra Bergen kommune).

En kjenner ikke til at Gravdalsvannet blir brukt som vannkilde til andre formål enn omtalt i avsnitt 2.3.1.

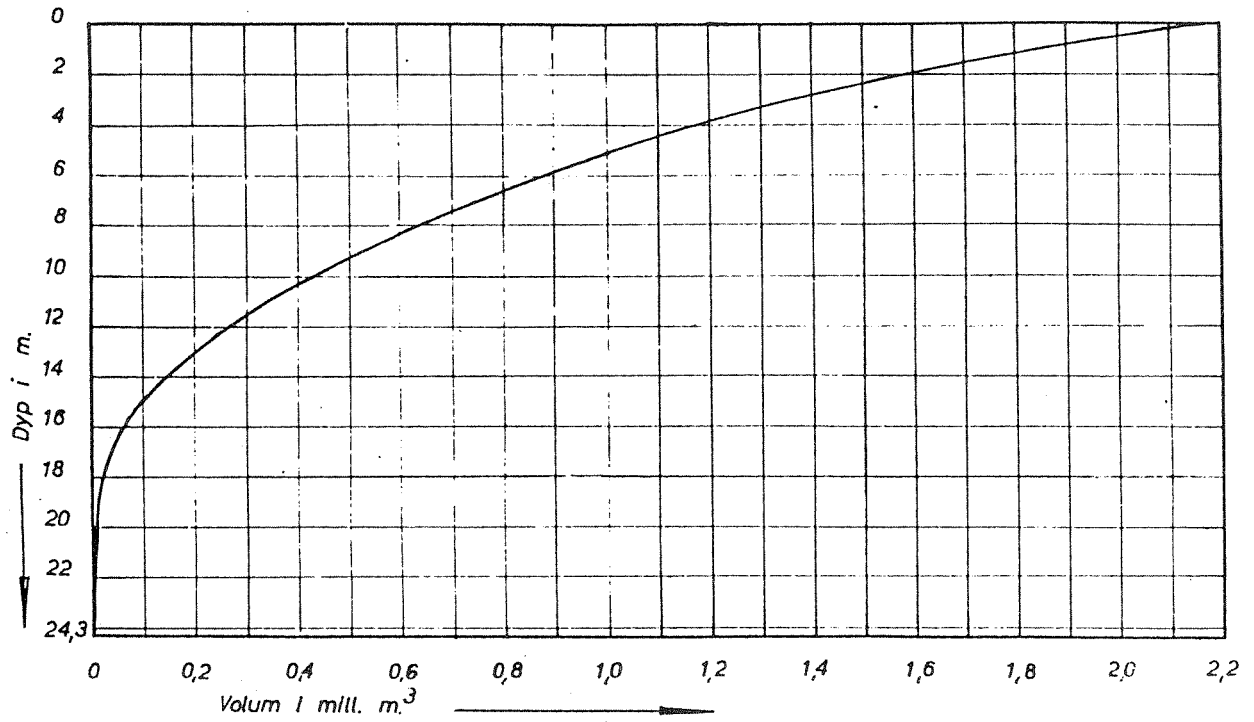
Det er kloakkutslipp fra noen få boliger til vannet.

Gravdalsvannet brukes i noen grad som rekreasjons- og friluftsområde for befolkningen i området.

Laksevåg Kajakklubb bruker vannet som treningsbane for sine medlemmer. Klubben er svært aktiv med medlemmer i alle aldre.



Figur 2.1. Dybdeforhold i Gravdalsvann (Samdal, 1961).

Magasinkurve for Gravidalsvann.

Figur 2.3. Magasinkurve for Gravidalsvann (Samdal, 1961).

3. VANNKVALITET OG SEDIMENT I GRAVDALSVANNET.

3.1. Vannkvalitet før anleggsarbeidet.

Hovedkriteriet for endring i vannkvalitet ved fyllingsarbeidet ved vegbyggingen er mengden av suspendert stoff i vannet. Dette er undersøkt ved filtering av vannprøver og analyse av suspendert tørrstoff (STS) og suspendert gløderest (SGR). Verdier både for mengde organisk og uorganisk materiale i vannet før anleggsarbeidet er dermed dokumentert (tab. 3.4.).

22. august 1989 ble de første prøvene tatt for analyse av partikkelinnhold fra 1 meter dyp ved stasjon C og D (tabell 3.4)(se kart fig.2.1). Seinere er partikkelinnholdet målt i Blikkvalseverkets vanninntak (tabell 3.1, figur 3.1).

Før anleggsarbeidet startet var altså innholdet av suspendert uorganisk materiale lavt (normal bakgrunnsverdi), med noe forhøyete konsentrasjoner av suspendert organisk materiale, som avspeiler en betydelig produksjon i vannet (eutrof karakter)(Holtan, 1989). Tabell 3.1 viser altså at det meste av det suspenderte materialet før anleggsstart var organisk stoff, sannsynligvis i hovedsak planter og dyr som produseres i næringsskjeden i vannet.

Et annet viktig kriterium på tilstanden i vannet, er oksygenforholdene, og muligheten for skader på fisk og dyreliv ved at den anoksiske del av innsjøens volum øker under anleggsarbeidet. Oksygen- og temperatur- profiler er presentert i figur 3.4. Målingene er tatt ved stasjon C, og viser tydelig anoksiske forhold i dypvannet. En undersøkelse av Samdal (1961) viser at tilstanden i vannet var omlag den samme i 1961 (figur 3.2).

Vannprøver ble også analysert for hovednæringsstoffene nitrogen (nitrat) og fosfor i august 1989 og i mai 1990 (tabell 3.2). Det ble funnet typiske verdier for vann som har stor tilførsel av

næringsstoff, og vannet må betegnes som eutroft (næringsrikt) (Holtan, 1989). Denne tilstanden var forøvrig mer utpreget i 1961 (Samdal, 1961).

3.2. Sediment i Gravdalsvannet før anleggsarbeidet.

Sedimentprøver ble tatt ved stasjon A og B. Analysene som er presentert i tabell 3.3 viser at sedimentet har høyt innhold av organisk materiale, og at det er H₂S produksjon. Dette viser at tilførselen av organisk materiale er større enn kapasiteten for nedbryting og omdanning i vannet (Bjerknes et al, 1987, Håkanson et al, 1988). Oppvirvling av sedimentet under slike forhold, kan utløse giftige gasser (H₂S) og øke oksygenforbruket i vannet slik at større del av vannmassen får lave oksygenverdier.

3.3. Bunndyr i Gravdalsvann.

Før anleggsarbeidet startet, i november 1989, ble det foretatt en bunndyrundersøkelse. Denne undersøkelsen ble gjentatt etter anleggsarbeidet, i mai 1990. Resultatene er presentert i kapittel 4.

3.4. Effekt av anleggsarbeid på vannkvalitet.

Fyllingsarbeidet i Gravdalsvann startet medio januar 1990, og ble avsluttet i slutten av april. Når arbeidet gikk for fullt ble det deponert ca 1500 m³ utsprengt stein pr døgn i innsjøen. I en periode (mars - april) ble det fylt fra to stuffer, totalt er det fylt ca 105.000 m³ (vedlegg 2 fra Hordaland Vegkontor). Dette er omlag som forutsatt, og fyllingsarbeidet ble utført i samsvar med anbefalt framgangsmåte i vår foreløpige rapport.

3.4.1. Partikler i vannet.

Tabell 3.1 og figur 3.1 viser innhold av suspendert stoff i prøver fra innsjøen og fra råvannet i inntaket til Norsk Blikkvalseverk før, under og etter anleggsarbeidet. Det går klart fram at innholdet av suspendert stoff var forøket under anleggsarbeidet. Innholdet varierte også betydelig i anleggsperioden med en klar topp i slutten av mars. De høyeste registrerte verdiene av suspendert tørrstoff (STS) og suspendert gløderest (SGR) på henholdsvis 38,3 og 32,3 mg/l ble målt 22.03.90.

Før anleggsarbeidet startet var innhold av suspendert stoff lavt, og konsentrasjonen lik over hele innsjøen (tabell 3.4). Ved fyllingarbeidet regnet vi med at det ville skje en sedimentering mellom utfyllingsområdet og vanninntaket til Norsk Blikkvalseverk. Fordelingen horisontalt og vertikalt i innsjøen ble undersøkt ved prøvetaking 21.02.90. Stasjon B var like ved (ca 10 m. fra) arbeidsområdet, og fylling pågikk da prøven ble tatt. Tabell 3.4 og figur 3.3 viser at konsentrasjonen i 1 og 5 meters dyp var relativt jevn over hele innsjøen med unntak av stasjonen (D) lengst nord (ved vanninntaket) der den var klart lavere (for stasjoner se kart fig. 2.1). Det var sørlig kuling den dagen prøvene ble tatt, og vind og bølger bidro til rask spredning av materiale mot nord i innsjøen.

I løpet av vinteren har det foregått en total omrøring av vannmassene i sjøen, slik at sjiktningen fra målingene i august og september 1989 er borte. Dette er en naturlig prosess, generert av tetthetsforskjeller kombinert med vind, og har skjedd uavhengig av anleggsarbeidet. De høyeste verdiene av suspendert stoff ble funnet i den dypeste delen av innsjøen (tabell 3.4), noe som tyder på en betydelig sedimentering der.

3.4.2. Oksygenforhold og sedimentanalyse.

I august og september 1989 fant vi et tydelig sprangskikt på ca 10 meter dyp, med oksygenverdier nær 0 i dypvannet (>15 meter)

ved stasjon C (figur 3.4). Ved prøvetaking i februar 1990 var det intet sprangskikt, og vannet på 20 meter dyp ved stasjon C inneholdt 6,41 ml. oksygen pr liter, og var 75,9 % mettet med oksygen. Det har således foregått en omrøring i hele vannsøylen i løpet av vinteren (før 21. feb.). Ved noenlunde stabile værforhold venter en ikke at omrøring skal skje på den årstid (Økland, 1986), og det er sannsynligvis den svært milde og urolige værtypen vinteren 89/90 som har medvirket til omblending av vannmassene så tidlig på året.

Sedimentanalysen fra 18. mai 1990 (tabell 3.3) viser noe høyere innhold av uorganisk stoff enn i sedimentprøve tatt før anleggsarbeidet. Prøven ble tatt ca 10 meter fra fyllingen, og det er trolig sedimenterte partikler fra fyllmassen som har medført denne endringen. Det var fortsatt oksygenmangel (H_2S -lukt) i sedimentet.

3.4.3. Effekt av vannbehandling.

Det meste av vannet som Norsk Blikkvalseverk tar inn fra Gravedalsvann blir brukt som kjølevann uten noen behandling/rensing. Vann til bruk i fortinningsprosessen blir filtrert gjennom sandfilter før bruk (se flytskjema fig. 3.5). Vann til elektrokjel og valseemulsjon blir av-ionisert i ionebytter. Fram til ca 20. mars 1990 ble råvann kjørt direkte til ionebytter. I samsvar med forslag fra NIVA (framlagt november 1989) er vannet seinere blitt kjørt gjennom sandfilter før ionebytteren.

For å undersøke om endringene i råvannet i forbindelse med anleggsarbeidet påvirket vannkvaliteten etter behandlingstrinene, ble prøver etter sandfilter og ionebytter analysert. Det ble tatt prøver fire ganger i 1990 : 16.01, 28.03, 18.05 og 09.08. Disse datoene representerer startfasen på anlegget, toppaktivitet, avsluttet fyllingsarbeid til over vannflaten i innsjøen, og en etterprøve.

Resultatene er presentert i tabell 3.5 og figur 3.6 og 3.7 . Det går fram at sandfilteret effektivt fjernet det som var av suspendert stoff i vannet den 16. januar til under målegrensen for analysen, mens reduksjonen var ca 50 % den 28. mars, og om lag det samme den 18. mai, trass i at det da var mye mindre partikkelbelastning i råvannet.

Renseeffekten i august-prøven var bedre enn i mai, trass i at partikkelmengden i råvannet var omtrent den samme. At effekten var noe redusert i mars, tolkes som resultat av at det i den perioden var maksimal belastning med suspendert stoff. Derimot var belastningen den 18. mai moderat, og noe redusert filtereffekt kan skyldes at filteret ikke var blitt skikkelig reint etter toppbelastningsperioden.

Etter opplysning fra Blikkvalseverket (tlf. 7/8-90) er filtermassen i sandfilterne ikke skiftet etter at anleggsarbeidet startet, men skal pr. denne dato være så forurenset med finmateriale, som tilbakespyling ikke klarer å fjerne, at massen må skiftes. Prøven fra 9. august viser likevel bra funksjon av sandfilteret, med (> 60 %) fjerning av suspendert stoff, omlag som før anleggsarbeidet (januar-prøven).

Ionebytteren fungerte bra og reduserte innholdet av de analyserte ionene sterkt i januar 1990 (> 97 %) (tabell 3.5 og figur 3.7). Effekten av ionebytteren var prosentvis litt lavere (> 91 %) i perioden med de høyeste verdiene av suspendert stoff (28.03.90). Samlet innhold av ioner var da noe høyere enn ved den første prøvetakingen, og vannet til ionebytteren inneholdt også mer partikulært materiale. Analyse av vannprøven fra 18. mai viste at ionebytteren da hadde ingen effekt på innhold av klor og sulfat i vannet (figur 3.7), mens effekten for de andre ionene var god (> 98 %). Ionebyttermasse ble skiftet 15. mai 1990, og analysen 18. mai tyder på en funksjonssvikt. Resultatet bekreftes forøvrig av vannanalyse av 23/4-90 fra Chemlab Services A/S før skifte av ionebyttermasse (vedlegg 3). I følge

Blikkvalseverket (tlf. 7/8-90) skal den nye massen være av samme type som tidligere (vedlegg 4), og man stiller seg uforstående til at klorid og sulfat ikke fjernes. Det ble derfor tatt ny analyse 9. august (figur 3.7), og da var funksjonen god med > 98 % fjerning av de analyserte ionene. Vi har ingen rimelig forklaring på resultatet 18. mai.

Tabell 3.1. Innhold av suspendert stoff i råvann ved inntaket til Norsk Blikkvalseverk i Gravdalsvann.

Prøvedato	STS mg/l	SGR mg/l
12.09.89	2,4	<0,8
28.09.89	3,2	1,4
29.09.89	3,6	1,0
17.10.89	2,7	<0,8
01.11.89	2,2	<0,8
18.11.89	1,0	<0,8
04.12.89	prøven ødelagt	
05.01.90	1,2	<0,8
16.01.90	1,8	<1,0
23.01.90	4,0	1,6
21.02.90	6,8	5,2
23.02.90	22,0	16,8
22.03.90	38,3	32,3
23.03.90	16,4	14,2
26.03.90	18,4	15,6
27.03.90	18,0	15,4
18.05.90	2.6	2.0
09.08.90	2.4	<0.5

STS: suspendert stoff (organisk og uorganisk).
SGR: suspendert uorganisk stoff.

Tabell 3.2. Analyse av vannprøver.

Stasjon	Dato	Dyp	NO ₃ -N mg/l	tot P mg/l	pH
C	22.08.89	1 m	0,255	0,016	7,40
B	18.05.90	1 m	0,580	0,014	

Tabell 3.3. Sedimentanalyse.

Stasjon	B	B	A	B
Dato	22.08	22.08	22.08	18.05
Vanndyp m	6,5	6,5	5,0	6,5
Hvor dypt i sed. er prøven tatt cm	5-10	20-25	0-30	0-10
% tørrstoff i sedimentet	30,0	35,0	38,6	
Uorganisk stoff mg pr g TS	725,4	730,7	833,0	816,9
Organisk stoff mg pr g TS	274,6	269,3	167,0	183,1
Farge sed.	brun	brun	mørk brun	brun/grå
H ₂ S lukt	ja	ja	nei	ja

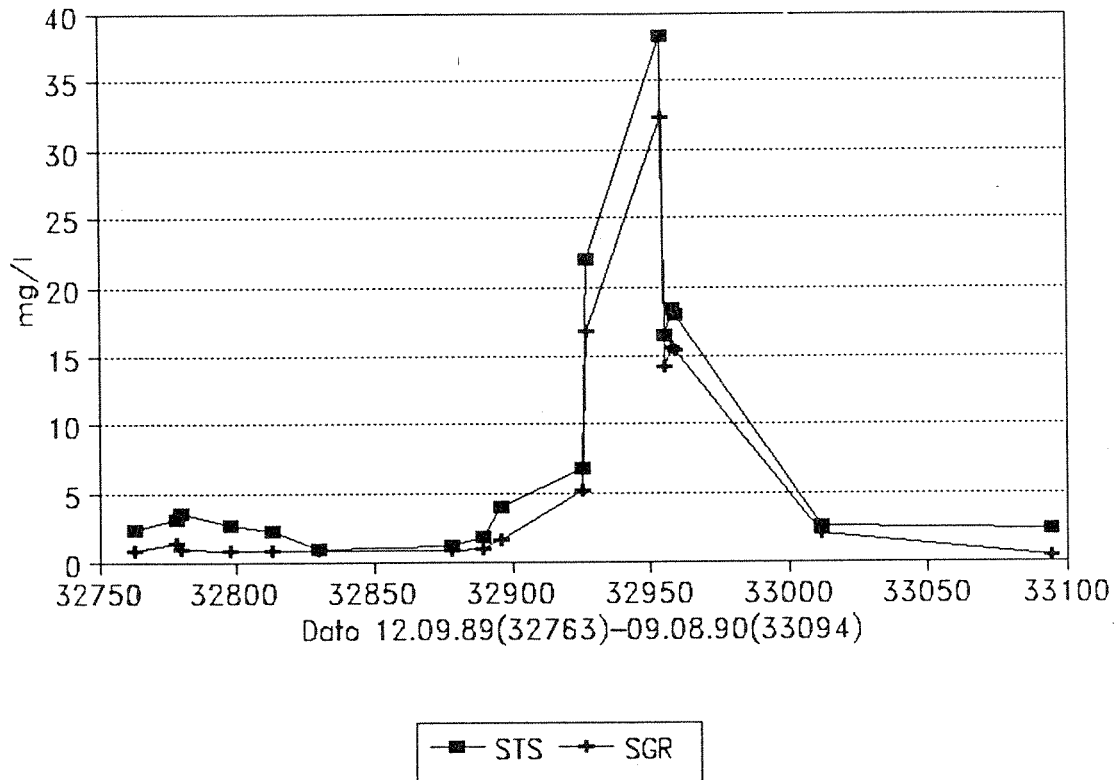
Tabell 3.4. Innhold av suspendert stoff ved ulike stasjoner (se kart) i gravdalsvann før og under anleggsarbeidet.

Dyp	Stasjon	22.08.89		21.02.90	
		STS mg/l	SGR mg/l	STS mg/l	SGR mg/l
1m	B			7,6	6,0
	C	2,8	<0,8	7,4	5,8
	C2			8,0	6,4
	D	2,2	<0,8	7,2	5,8
5m	B			8,2	6,2
	C			8,4	6,8
	C2			8,2	6,6
	D			6,8	5,2
20m	C2			16,4	13,6

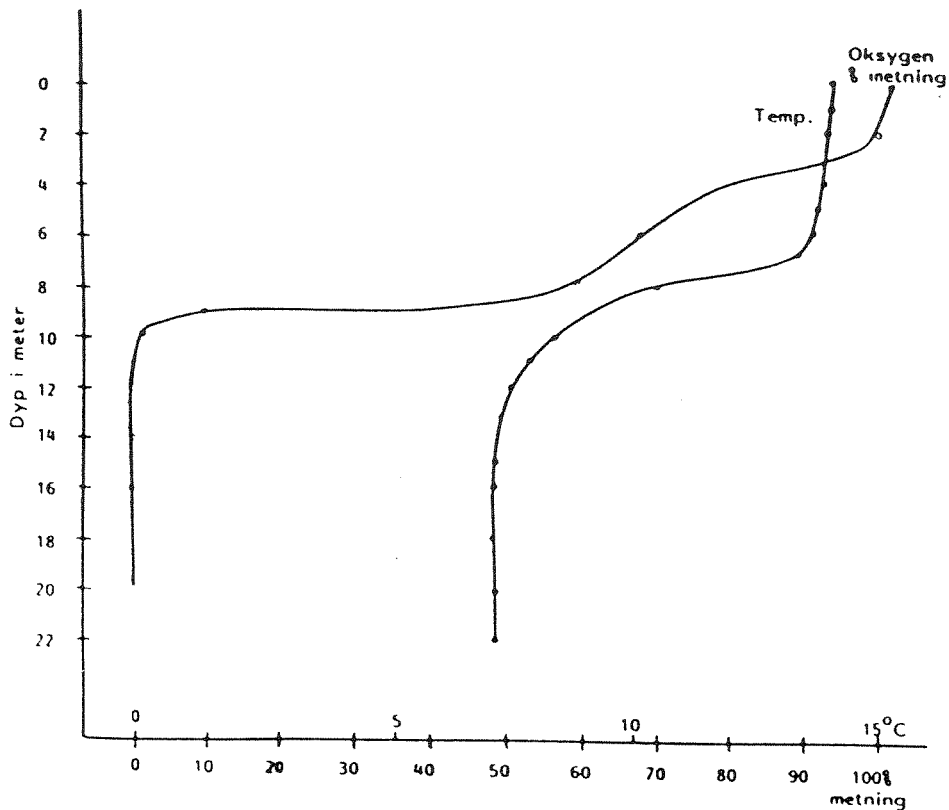
Tabell 3.5. Vannkvalitet etter ulike behandlingstrinn hos Norsk Blikkvalseverk. Prøver tatt under og etter anleggsarbeidet.

Prøve	Dato	Cl mg/l	SO4 mg/l	Ca mg/l	Mg mg/l	Na mg/l	STS mg/l	SGR mg/l
Råvann	160190	12,4	5,5	3,38	0,82	6,7	1,8	<1,0
Etter sandf.	160190	12,4	5,1	3,43	0,82	6,7	<1,0	<1,0
Etter ioneb.	160190	<0,2	<0,2	0,05	0,01	0,18		
Red. i ioneb. %		>98	>96	98	98,8	97,3		
Råvann	280390	15,5	6,0	3,73	1,11	8,7	14,2	12,6
Etter sandf.	280390	16,0	5,6	3,71	1,09	8,5	8,0	7,0
Etter ioneb.	280390	0,1	0,3	0,10	0,07	0,73	7,9	7,0
Red. i ioneb %		>99	95	97	93,7	91,6		
Råvann	180590	16,4	8,7	4,35	1,11	8,6	2,6	2,0
Etter sandf.	180590	16,0	5,2	4,38	1,13	8,7	1,8	0,6
Etter ioneb.	180590	16,8	6,8	0,01	<0,01	0,16	0,3	0,3
Red. i ioneb %		0	0	>99	>99	98		
Råvann	090890	16,0	10,5	6,72	1,24	9,4	2,4	<0,5
Etter sandf.	090890	16,0	11,0	6,73	1,23	9,3	0,9	<0,5
Etter ioneb.	090890	0,3	<0,2	0,08	0,02	0,18	0,5	<0,5
red. i ioneb %		98	>98	99	98	98		

Susp. stoff i råvann

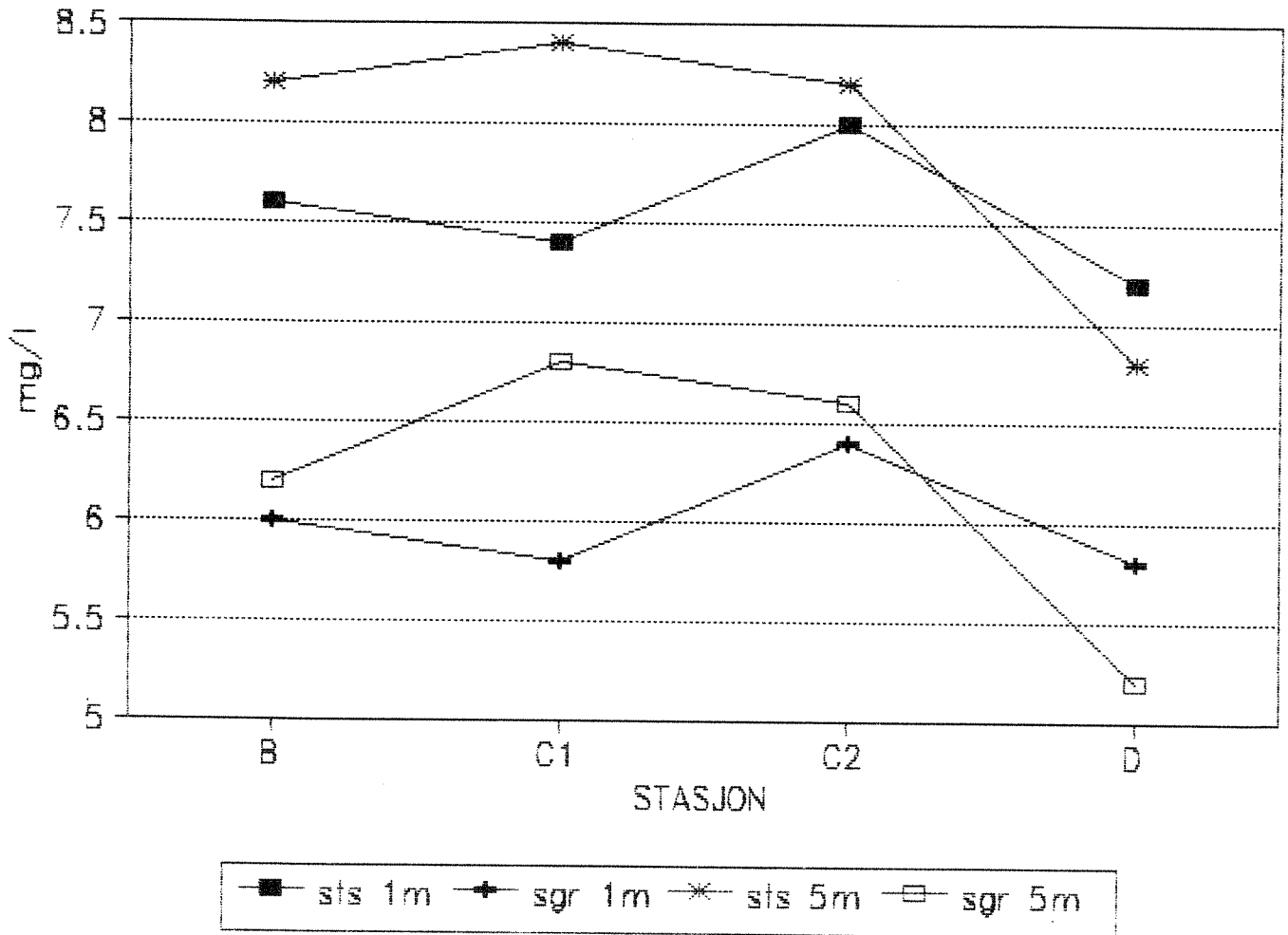


Figur 3.1. Suspensert stoff i råvann.



Figur 3.2. Gravidalsvann 23/9-1960 (Samdal 1961). Temperatur - Oksygenmåling % metning.

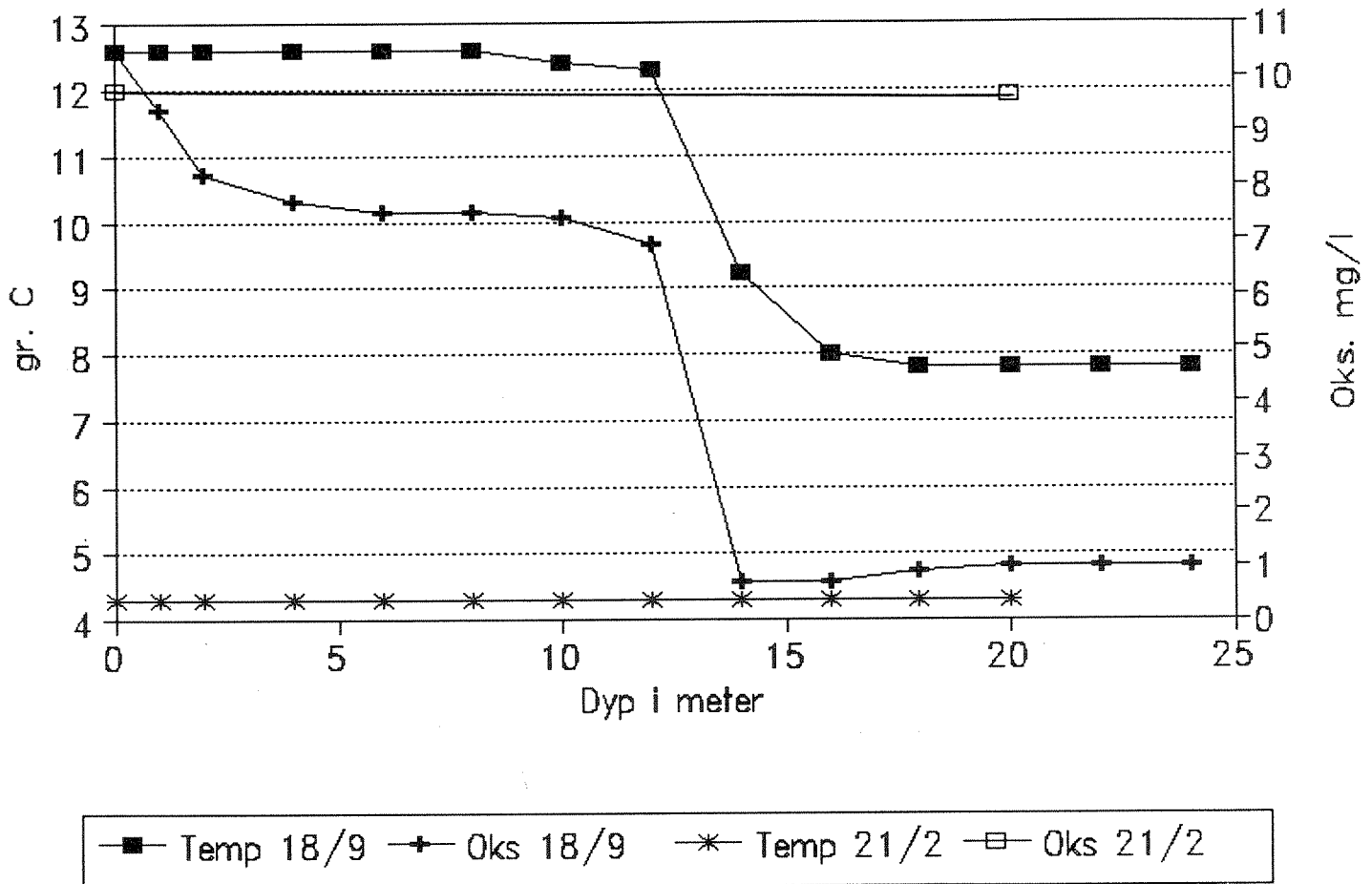
PART. 1M og 5M, 21.02.90



Figur 3.3. Innhold av suspendert stoff i prøver fra ulike dyp ved stasjonene B, C, C2 og D.

Temp. og oks. i Gravdalsvann

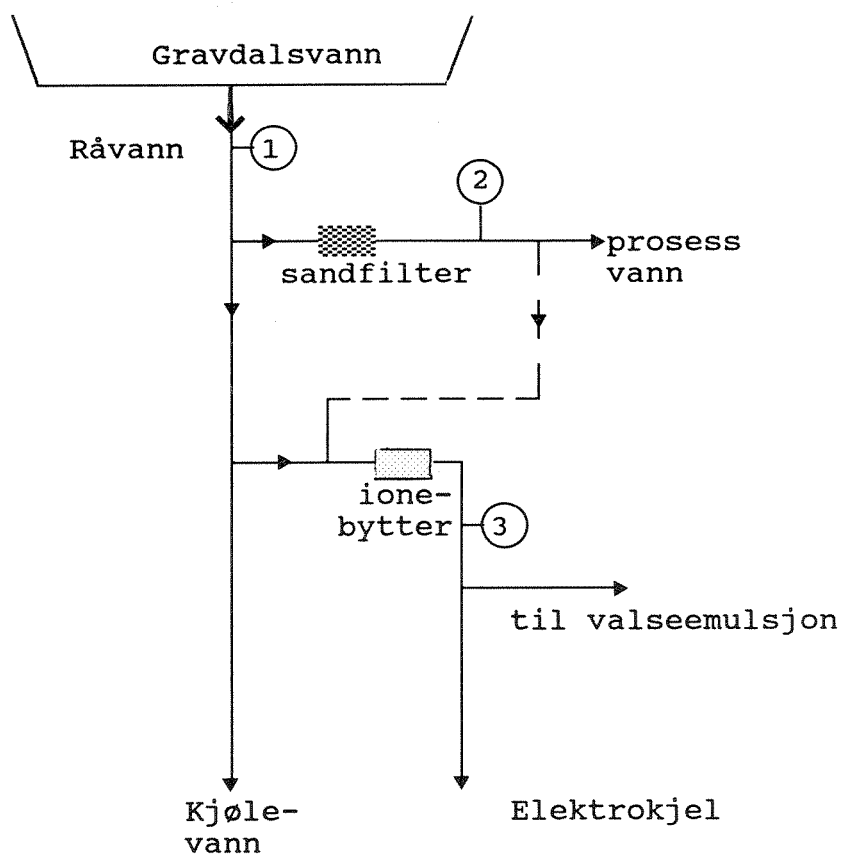
Målt 18.09.89 og 21.02.90



Figur 3.4. Temperatur og oksygen i Gravdalsvann.

NORSK BLIKKVÅLSEVERK

FLYTSKJEMA

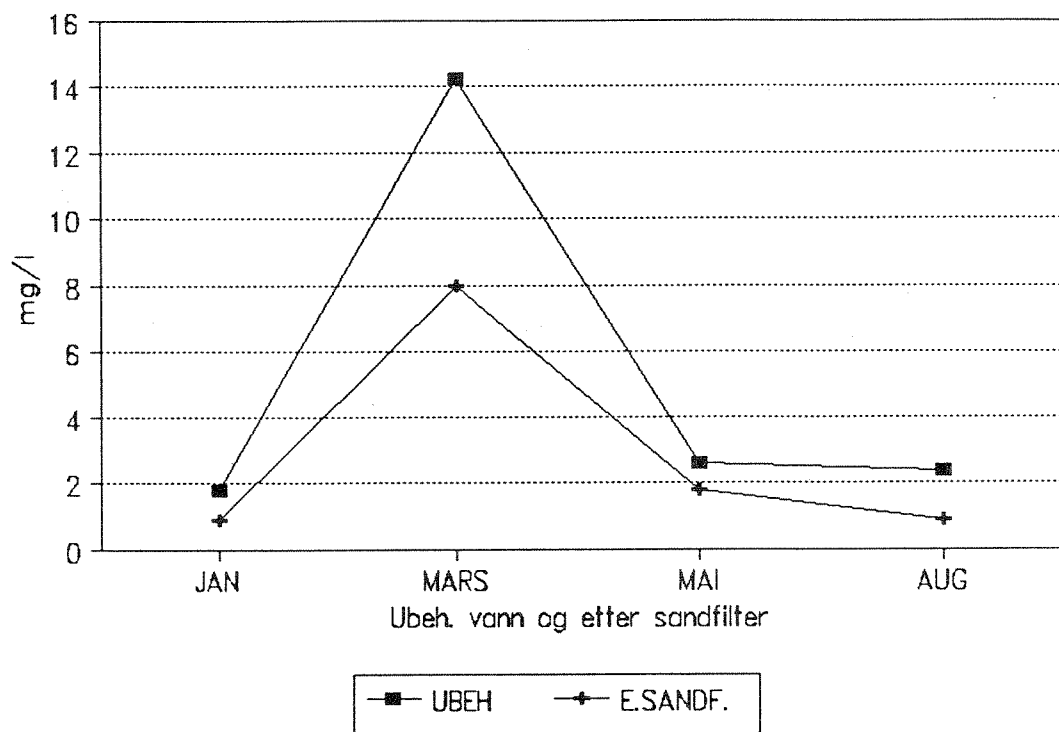


1, 2 og 3 : Uttak av prøver for STS og SGR.

3 : Uttak av prøver for Cl, SO₄, Ca, Mg, Na.

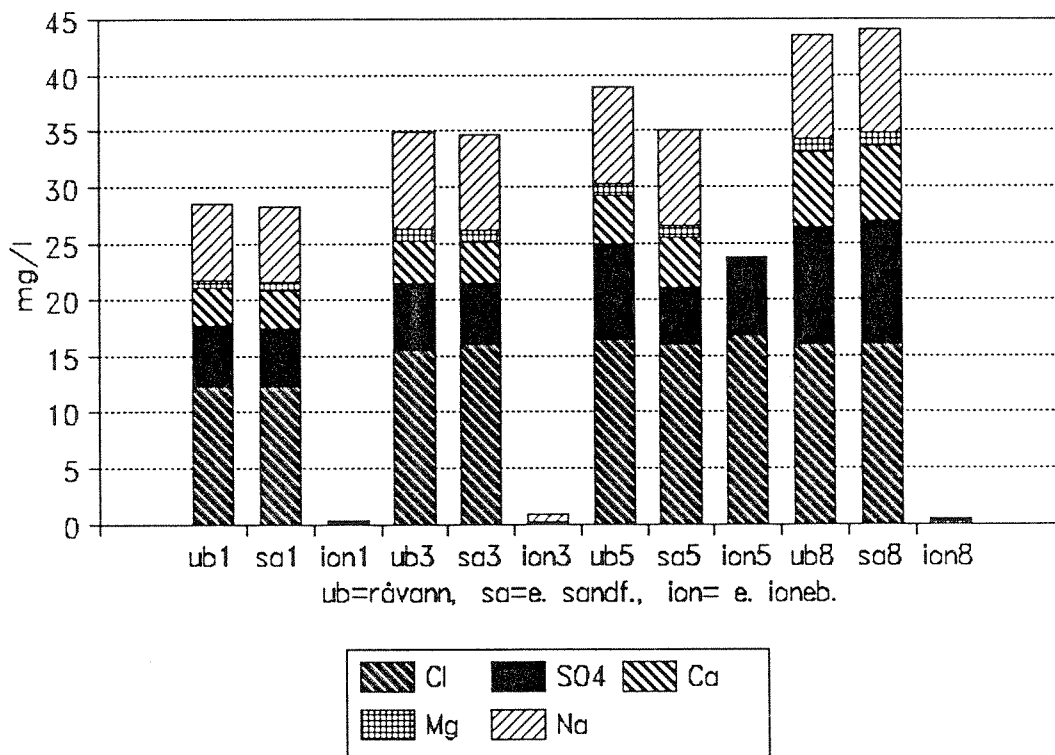
Figur 3.5. Flytskjema vannbehandling.

Effekt av sandfilter Innhold av susp. stoff.



Figur 3.6. Effekt av sandfilter. Innhold av susp. stoff.

Effekt av ionebytter Innh av ioner før/e. ioneb., jan-aug.



Figur 3.7. Effekt av ionebytter.

4. BUNNFAUNA I GRAVDALSVANN.

4.1. Innledning.

Bunndyrsamfunnet i et vassdrag eller innsjø bestemmes av en lang rekke miljøparametre. Samfunnsstrukturen avspeiler miljøforholdene over tid, ikke bare i det øyeblikk prøvene blir tatt. Data om bunndyr er mye brukt i overvåking av vannkvalitet, og grunnlaget for disse metodene er omtalt av Aanes og Bækken (1989).

4.2. Materiale og metoder.

Kvantitative prøver av bunndyrsamfunnet i Gravidalsvannet ble hentet inn før (23. november 1989) og etter (18. mai 1990) Veivesenets fyllingsarbeide. Til innsamlingen ble det brukt en Van-Veen henter og resultatene er regnet om til antall dyr pr. m². Det ble på hvert dyp tatt 3 parallelle prøver.

Ved prøvetakingen i november ble det hentet inn prøver fra 4 ulike dyp. Vannmassen under 12.5 m var da anaerob med tydelig innslag av H₂S. Dette var ikke tilfelle ved prøvetakingen i mai (like etter våromrøringen) og prøvetakingsopplegget ble utvidet med en bunnprøve på 21 meters dyp.

4.3. Resultater og diskusjon.

Resultatene fra bunndyrundersøkelsen av Gravidalsvannet er sammenstilt i tabell 4.1 og 4.2 og vist grafisk i figur 4.1. Som normalt vil vi finne de største bunndyrtetthetene øverst i strandsonen, noe resultatene fra 2.5 meters dyp underbygger. Videre vil vi finne naturlige svingninger i bunndyrtettheten knyttet til dyrenes livssyklus. Mange har larvestadier/hvilestadier ved prøvetakingen i november, mens de samme artene har et flygende stadium (insekter) i mai.

Den høye bunndyrtettheten, særlig i november 1989 på 2.5 meters

dyp, forteller oss at Gravidalsvann er et næringsrikt vann med en relativt variert bunnfauna.

Sammenligner vi de to prøvetakingstidspunktene og samtidig tar hensyn til det som er nevnt ovenfor, har ikke Veivesenets fyllingsarbeide påført innsjøen markerte endringer som har hatt betydning for bunnfaunaen i Gravidalsvann.

For filtrerende organismer hvor en først ville se endringer pga. tilførsler av uorganisk finstoff, kan det se ut som om det er en svak reduksjon ved prøvetakingen i mai. Tydeligst er dette hos muslinger og muslingkreps. Men det er et men, og det er knyttet til det forhold at under vårprøven var stort sett hele bunnarealet i innsjøen beboelig for bunndyr, mens dyrelivet senhøstes og om vinteren er begrenset til bunnområdene i de øvre vannlag. Dette fører til at vi får en imigrasjon fra områder som ikke har vært påvirket i vinterhalvåret til dypereliggende bunnområder, noe som reduserer tettheten i vårperioden.

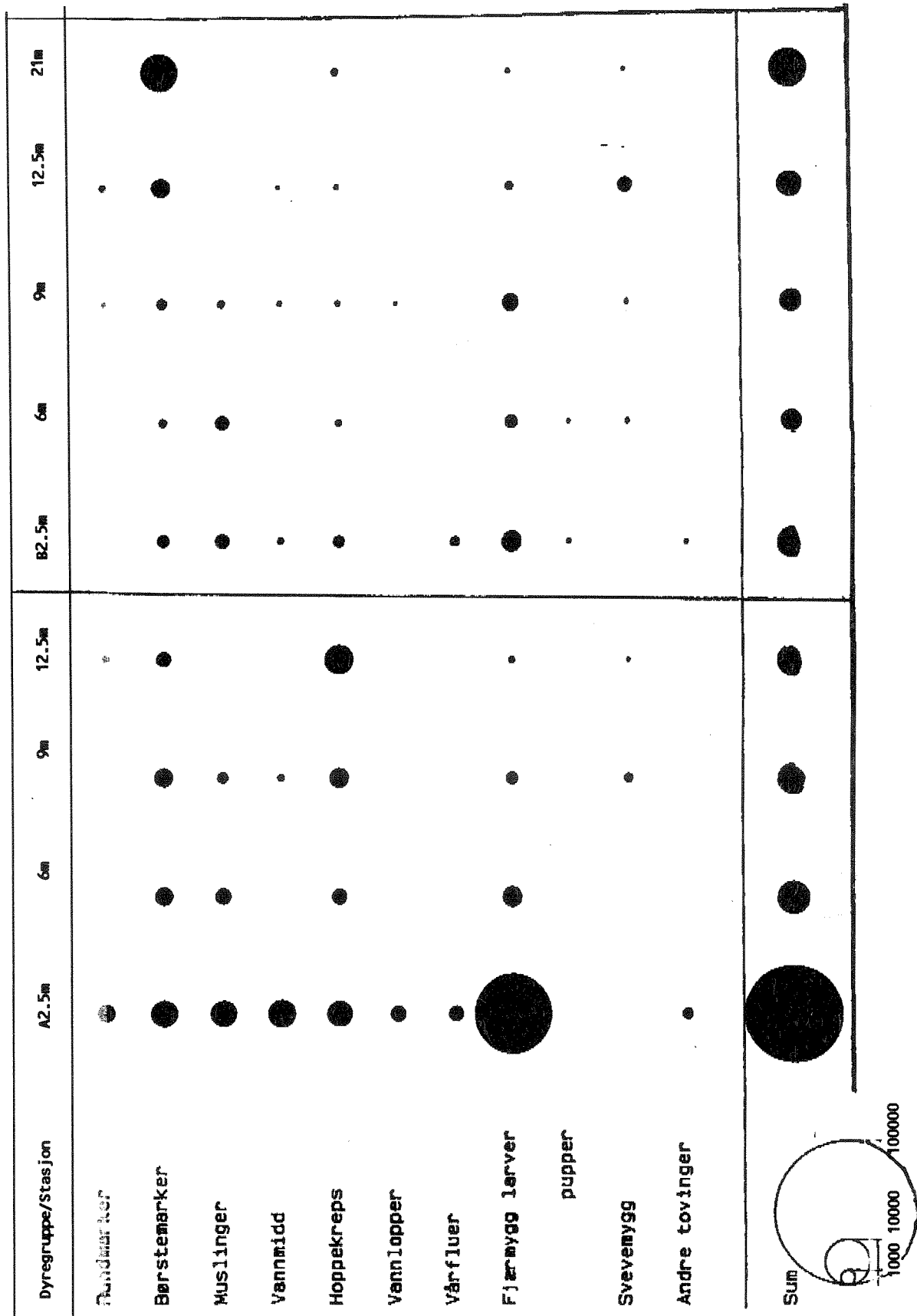
Skal vi trekke noen konklusjon fra undersøkelsen av Gravidalsvann ut fra våre bunndyrresultater og erfaringer fra denne forurensningstype andre steder, så har ikke Veivesenets fyllingsarbeide hatt noen markerte effekter på dyrelivet i innsjøen. Det er helt andre faktorer som er bestemmende for vannkvaliteten i denne innsjøen. Først og fremst er det knyttet til en for stor tilførsel av organisk materiale produsert og frigjort fra selve innsjøen og tilført fra området rundt. Dette gir en sterkt næringsrik og eutrof innsjø hvor store deler av vannmassene i innsjøen regelmessig er anoksiske.

Tabell 4.1. Bunndyr ved ulike dyp i Gravdalsvatnet 89.11.23.
Antall dyr pr. m² ved bruk av van-Veen grabb.

Gruppe/dyp	2.5m	6m	9m	12.5m
Rundmarker	1200	0	0	130
Børstemarket	2930	1200	1330	800
Muslinger	2800	930	400	0
Vannmidd	3200	0	130	0
Hoppekrep	2670	800	1470	3470
Vannlopper	870	0	0	0
Muslingkrep	0	0	130	0
Vårfluer	800	0	0	0
Fjærmygg larver	29600	1600	530	30
pupper	0	0	0	0
Svevemygg	0	0	270	30
Andre tovinger	400	0	0	0
SUM	47138	4802	4516	4834

Tabell 4.2. Bunndyr ved ulike dyp i Gravdalsvatnet 90.05.18.
Antall dyr pr. m² ved bruk av van Veen grabb.

Grupper/dyr	2.5m	6m	9m	12.5m	21m
Rundmarker	0	0	50	130	0
Igler	0	0	0	0	20
Børstemarket	530	200	380	1370	5900
Muslinger	730	700	180	0	0
Vannmidd	130	0	70	30	0
Hoppekrep	470	130	80	70	170
Vannlopper	0	0	20	0	0
Muslingkrep	0	0	0	0	0
Vårfluer	330	0	0	0	0
Fjærmygg larver	1870	670	1130	230	50
pupper	70	30	0	0	0
Svevemygg	0	70	50	830	30
Andre tovinger	70	0	0	0	0
SUM	4452	1908	2078	2820	6540



Figur 4.1. Bunndyr fra Gravdalsvatnet A: 89.11.23, B:90.05.18.

5. KONSEKVENSER AV FYLLINGARBEIDET.

5.1. Ventet og registrert effekt hos Norsk Blikkvalseverk.

Analyser og resultat presentert i de foregående kapitel viser at fyllingsarbeidet i sørenden av Gravidalsvann, medførte klare endringer i vannkvaliteten i innsjøen, og i inntaksvannet til Blikkvalseverket. Mulige konsekvenser av dette for Blikkvalseverket kunne være :

- * Endret kvalitet på produkter.
- * Skade på utstyr som kjøleribber, varmekjeler e.l.
- * Større belastning på sandfilter og/eller ionebyttere.
- * Merarbeid med rengjøring/rehabilitering av vannbehandlingsutstyr.

Det var forutsatt at Blikkvalseverket skulle melde fra om mulige skadevirkninger som ble oppdaget til Hordaland Vegkontor og NIVA, slik at man kunne foreta ekstra analyser eller andre tiltak. Blikkvalseverket skulle også sette i verk nødvendige tiltak for å sikre akseptabel vannkvalitet, og presentere økonomiske kalkyler for de tiltak som ble foreslått. Blikkvalseverket skulle også legge fram tall for de merkostnader som endringer i vannkvaliteten måtte medføre.

NIVA har fått melding fra Blikkvalseverket om flg. forhold :

- a) Synlig økt partikkelinnhold i vannet (tlf. 21.03.90).
- b) Det samler seg mye slam i bunnen av elektrokjelen, og dette må spyles ut med mellomrom (opplyst i møte 28.03.90).
- c) Driftsforstyrrelse, skifte av filtermasse i sandfilter og ionebytter med kostnadsoverslag. Brev av 26.04.90 (vedlegg).
- d) Brev av 21.06.90 som svar på forespørsel fra NIVA 18.06.90 (vedlegg).

I tilfelle a) ble det tatt ekstra vannprøver for å kontrollere situasjonen. For sak c) kunne vi ved besøk på Blikkvalseverket

18.05.90, konstatere at filtermasse i ionebytter var skiftet, og at den gamle filtermassen var tydelig tilslammet. Det er ikke gjort noen vurdering fra NIVAs side om skifte var nødvendig, eller om massen kunne vært rehabilitert.

På direkte forespørsel i møte 28.03.90, opplyste Blikkvalseverket at man ikke hadde registrert problem med produktkvalitet. Dette bekreftes i brev av 26.04.90 (vedlegg 5).

Etter de opplysninger som er framkommet har endringene i vannkvalitet medført flg. problem ved Blikkvalseverket:

- 1) Slamavsetning i elektrokjel, som medførte ekstraarbeid med rengjøring.
- 2) Driftsforstyrrelser pga. tiltetting av sandfilter som reduserte vannmengden. Behov for hyppig tilbakespyling av sandfilter. (Brev av 21.06.90, vedlegg 6).
- 3) Kostnader og merarbeid med skifte av filtermasse i ionebytter (vedlegg 4).
- 4) Merarbeid med reingjøring av kjøleribber, pumpebrønner m.m. (opplyst i telefon 31.08.90).

Problemene omtalt i pkt. 1-4 ovenfor samsvarer godt med det som måtte ventes utfra resultatene av overvåkingen av vannkvaliteten slik det går fram av tabeller og figurer i denne rapporten :

- Økt partikkelinnhold medfører større belastning på sandfilter og behov for hyppigere tilbakevasking av filteret, og evt. skifte av masse. Et forslag fra NIVA, som Hordaland Vegkontor sa seg enig i, var å installere ekstra sandfilter for anleggsperioden. Dette ble ikke gjort, men kunne trolig redusert partikkelinnholdet i det filtrerte vannet.
- Større partikkelinnhold i vann til elektrokjel vil gi slamoppopping i kjelen med behov for hyppigere spyling. En del av denne belastningen kunne vært unngått ved å filtrere vannet gjennom sandfilter før det ledes til ionebytter. Dette ble anbefalt av NIVA tidlig på høsten 1989, men ble

ikke gjennomført før ca 22.03.90. Ved maksimal partikkel belastning tok sandfilteret ut bare ca halvparten av suspenderte partikler, så da var vannet til kjelen betydelig belastet selv om det var filtrert.

- At sandfilteret 18. mai gav dårligere resultat enn før anleggsarbeidet, kan skyldes at massen er forurenset og dermed mindre effektiv, men det kan også skyldes prøvetidspunkt i forhold til tilbakespyling av filteret.
- At ionebytteren ikke fjernet klorid og sulfat i prøvene 18. mai, (og 23. april) kan neppe ha noen sammenheng med Vegvesenets anleggsarbeid, men årsaken til det og betydningen av det er som tidligere nevnt ikke klarlagt.

5.2. Vurdering av omfang og kostnader.

Det kan altså konstateres at anleggsarbeidet har påført Blikkvalseverket ekstra kostnader, men en nøyaktig tallfesting av kostnadene er vanskelig, og ligger utenfor NIVA sitt oppdrag. Vi regner likevel med at denne rapporten gir viktige momenter til økonomiske beregninger om virkningene av fyllingsarbeidet, som sammen med tallmateriale som Norsk Blikkvalseverk kan legge fram gir grunnlag for et oppgjør mellom Blikkvalseverket og Statens Vegvesen.

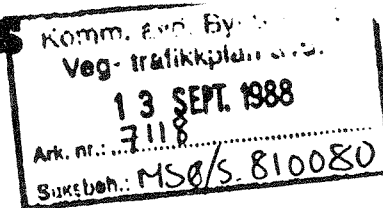
REFERANSER.

- Bakke, H., Aanes, K. J. og Tjomsland, T. (1989). Virkninger av vegfyllingsarbeid på partikkelinnhold og andre vannkvalitetskriterier i Gravdalsvannet, Bergen. NIVA-notat O-89165.
- Bjerknes, V., Golmen, L. G., Sørensen, J. A., Sørgaard, K. & Wikander, P. B. (1987). Kriterier og metoder ved planlegging av fiskeoppdrett i sjøen. NIVA-rapport nr 2063.
- Ellingsen, K. (1975). Bergen, hydrogeologisk kart 1115 I. NGU.
- Håkanson, L., Ervik, A., Makinen, T. & Møller, B. (1988). Basic concepts concerning assessments of environmental effects of marine fish farms. Nordic Council of Ministers.
- Mossin, P. (1988). Grunnundersøkelse ved Gravdalsvannet Vestre Innfartsåre. Hordaland Vegvesen rapport 605-07.
- Samdal, J. E. (1961). Industrivann fra Gravdalsvann. NIVA-rapport nr. O-255.
- Holtan, H. (1989). Vannkvalitetskriterier for ferskvann. Håndbok, SFT.
- Økland, J. (1986). Våre innsjøer og elver. Universitetsforlaget.
- Aanes, K. J. og Bækken, T. (1989). Bruk av vassdragets bunnfauna i vannkvalitetsklassifiseringen. NIVA-rapport nr 2278.

VEDLEGG 1 - 6.

VEDLEGG 1 NORSK JERNVERK AS

Divisjon Tynnplater



Kommunalavdeling Byutvikling
Planavdelingen Ytre By
Rådhuset

5017 BERGEN

Postboks 46
5034 Ytre Laksevåg
Telefon: (05) 34 04 00
Telex: 42 105 bverk n
Telefax: (05) 34 19 34

Deres ref.

Vår ref.

Dato

T-D/jb

09.09.88

Vi er gjennom Overing. Sindre Lillebø v/Statens Vegvesen, gjort kjent med de planlagte arbeider med vestre innfartsåre til Bergen.

Som det fremgår av plantegning nr. P.4.749.00.00 vil vegarbeidene berøre blandt annet Gravdalsvannet. Det er i denne forbindelse våre interesser bes tatt hensyn til.

Vi bruker i dag ca. 5 mill.m³ vann årlig fra dette basseng til våre prosesser, og returnerer ca. 4 mill.m³ vann. En mindre andel av dette kjøres gjennom eget renseanlegg. Den øvrige mengde går urensset inn i prosessen.

Vedlagt følger målinger av vannet utført av Chemlab som indikerer graden av forurensinger i vannet. Noen ytterligere grad av forurensing kan vi vanskelig tåle, særlig gjelder det den urensede del.

Vi henstiller til Dere å utføre nødvendige tiltak for å hindre at vannet blir ytterligere forurenset.

Vedlagt følger også vår leieavtale med Bergen Kommune.

Vi ber om at denne henvendelse blir tatt til følge. Vår Avdelingsleder Harry Hovland kan supplere med flere opplysninger om Dere ønsker det.

Med hilsen
for NORSK JERNVERK AS
Divisjon Tynnplater

N.A. Jørgensen
N.A. Jørgensen

Kopi: Statens Vegvesen v/Overing. S. Lillebø
Planavdelingen
Spelhaugen 12
5033 Fyllingsdalen

VEDLEGG 2.

FYLLING I GRAVDALSVANNET FRA SØR.

15/11-89.	Gravdalsvannet	Stein	240 tfm3.
18/01 - 20/02.90.	ca. 500 tfm3 pr dag	---"	11500 tfm3.
21/02 - 28/02.90	ca. 1500 tfm3 pr dag	---"	10500 tfm3.
01/03 - 04/04.90	ca. 800 tfm3 pr dag	---"	27200 tfm3.
05/04 - 23/04.90	ca. 800 tfm3 pr dag	---"	8800 tfm3.

FYLLING I GRAVDALSVANNET FRA NOR.

06/03 - 04/04.90	ca. 600 tfm3 pr dag	---"	13800 tfm3.
24/04 - 27/04.90	ca. 800 tfm3 pr dag	---"	<u>3200 tfm3.</u>
		<u>Tilsammen</u>	<u>75240 tfm3.</u>

$$75240 \text{ tfm3} \times 1.4 = 105336 \text{ LA m3.}$$

(Dr. Svanøes Laboratorium)

P.O. BOX 1517
5035 BERGEN - SANDVIKEN
TEL + 47 5 32 75 35
TELEX 42810 inlab-n
TELEFAX + 47 5 96 03 41



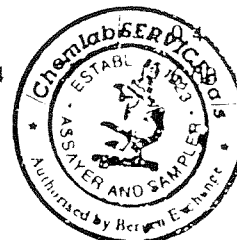
MEMBER OF THE
INTERNATIONAL ASSOCIATION
OF INDEPENDENT LABORATORIES AND
CONSULTANT CHEMISTS

ANALYSEBEVIS

Oppdr.giver: Norsk Blikkvalseverk A/S, Postboks 46, 5034 Y. LAKSEVÅG Att: Ing. Sævik
Prøve av: Vann Analyse nr. 51235-51238
Emballasje: 4 x 1 liter plast flasker Innlev. 23. april 1990
Merke: Best. nr. 10166. 1) Gravdalsvannet 2) Avionisert (fyrkjel) 3) Renset vann 4) Drikkevann
Prøvene uttatt av Chemlab Services A/S

Undersøkelsen gav følgende resultat:

		<u>1.</u>	<u>2.</u>	<u>3.</u>	<u>4.</u>
Utseende		En tanke gulffarget, litt blakket			
Utseende		----En tanke gulffarget, klart---			
Farge	mgPt/l	15	17	12	5
Smak/lukt		ingen	ingen	ingen	ingen
Ammonium-N	mg/l	<0.005	<0.005	<0.005	<0.005
Nitritt+Nitrat-N	mg/l	0.339	0.692	0.446	0.163
Klorid	mg/l	17.6	22.5	16.1	14.3
Kalsium	mg/l	5.1	<0.1	5.3	1.9
Magnesium	mg/l	1.14	<0.01	1.12	0.86
Mangan	mg/l	0.02	<0.01	<0.01	<0.01
Jern	mg/l	0.52	0.11	0.22	0.12
Kobber	mg/l	0.01	<0.01	<0.01	<0.01
Zink	mg/l	2.4	<0.01	0.02	0.08
Total fosfat (P)	mg/l	0.026	0.087	0.012	0.009
KMnO ₄ forbruk i	mg/l	5.7	22.1	4.7	4.4
Turbiditet	FTU	3.9	0.58	1.4	0.65
Hårdhet	dH ^o	0.98	0.01	1.00	0.46
Suspendert tørrstoff	mg/l	3.7	1.4	2.0	0.4
Suspendert gløderest	mg/l	3.3	1.2	1.9	
pH		6.75	3.52	6.94	



A. Østensen

VEDLEGG 4.



Svenska AB

TELEFAXNR: 040 - 182448

Telex: 8305216 HOHS Telefax: 2401 - 8305216-HOHS
Telefon: 040 - 180750

Besöksadress
Industrigatan 4:8
212 14 MALMÖ

Postadress
Box 3050
200 22 MALMÖ

Datum 90-04-23

Sida av

Vår ref Helge Nyman

Till faxnr 00947 - 53 - 41934

Företag Norsk Blekvalsverk A/S, Bergen

Erref Harry Hovland

Ämne Om fylln. o. service, avsättningsanl.

Refererande till samtal med vår
Christer Pettersson får vi härmed
lämna följande priser:

Starkt svag katjonmassa	2 x 350 lit. å	SEK 20:80
svag anjonmassa	2 x 400 lit. å	SEK 68:70
Filtertis 2-3 mm	2 x 100 kg å	SEK 2:50
Filtertis 0,7-1,2 mm	2 x 300 kg å	SEK 2:50
Resttid		SEK 225:-/h
Arbetstid		SEK 360:-/h
Bilers.		SEK 25:-/mil

Härtill kommer hotell- och traktaments-
kostnader

beräknad arbetstid 2-3 dagar
inbl. service

Med vänlig hälsning

H. Nyman

Totalt ca 100,000,-



VEDLEGG 5.

NB STEEL

Statens Vegvesen, Anleggseksjon
Postboks 103

5034 YTRE LAKSEVÅG.

Att.: Pål Nydal.

PN

ØHe/KjS/gsr

26.04.90.

AD. FORURENSING GRAVDALSVANN.

Viser til telefonsamtale i dag mellom Deres anleggsleder og vår ing.
K. Sævig.

Store mengder suspendert slam og dyn i Gravidalsvannet har ført til
store driftsforstyrrelser i våre renseanlegg.
All kvartsand i våre sandfiltre må skiftes. (Kan ikke vaskes ren.)
Total ca. 6 x 15000 kg. kvartsand (korning ca. 10% 3 - 10 og
90 % 1 - 2). Videre må alle ionebytttermasser i vårt renseanlegg
skiftes ut. (Må utføres av firma HOH, Danmark).
Totalt vil dette koste i arbeidspenger og materiell i størrelsesorden
ca. kr. 300.000 - 400.000,-.

Dersom det viser seg at varmevekslene m.m. er blitt berørt av
forurensningene forbeholder vi oss retten til å komme tilbake til
dette.

Vi kan opplyse at vi pr. idag ikke har kjennskap til at våre produkter
er blitt påført negative egenskaper på grunn av dårlig vannkvalitet.

Med hilsen
for NB STEEL
Norsk Blikkvalseverk A/S

for Kjell Berg
Ø. Helvik

K. Sævig

VEDLEGG 6.
NORSK JERNVERK AS

Strip Mill Division



Norsk Institutt for Vannforskning NIVA
Vestlandsavdelingen
Breiviken 5

5035 BERGEN - SANDVIKEN.

P.O.Box 46
N-5034 Y. Laksevåg
BERGEN - NORWAY
Tel.: + 475 340400
Telefax: Line 155
Telex: 42 105 bverk n

Att: H. Bakke.

Your ref.:

Our ref.:

Date

KJS/gsr

21.06.90.

ANG.: GRAVDALSVANN.

Viser til brev av 18.06.90.

På de tre spørsmål i brevet kan vi på det nåværende tidspunkt opplyse at:

1. Det ble ikke satt i verk tiltak for å avdempe endringene i vannkvaliteten.
2. Som det fremgår av vedleggene førte den endrede vannkvalitet til store driftsforstyrrelser, spesielt for våre vannrenseanlegg.
3. P.g.a. at endel arbeid gjenstår, kan spesifisert liste over samtlige ekstra kostnader ikke settes opp ennå.

Med hilsen
for NB STEEL
Norsk Blikkvalseverk AS

Kjell Sævig.

Kopi med Vedlegg til Hordaland Vegontor v/Lillebø.

Norsk institutt for vannforskning  NIVA

Postboks 69, Korsvoll
0808 Oslo 8

ISBN 82-577 -1808-4