

O-

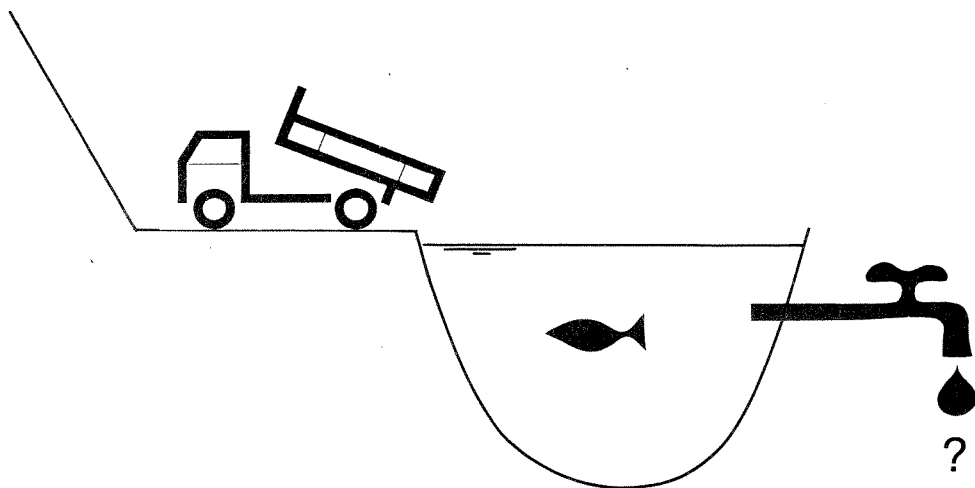
87165

2060

O-87165

# Utfylling med sprengstein langs Sandvinvatnet

Mulige endringer av vannkvalitet



# NIVA – RAPPORT

Norsk institutt for vannforskning  NIVA

<b>Hovedkontor</b> Postboks 33, Blindern 0313 Oslo 3 Telefon (02) 23 52 80 Telefax (02) 39 41 29	<b>Sørlandsavdelingen</b> Grooseveien 36 4890 Grimstad Telefon (041) 43 033 Telefax (041) 42 709	<b>Østlandsavdelingen</b> Rute 866 2312 Ottestad Telefon (065) 76 752	<b>Vestlandsavdelingen</b> Breiviken 5 5035 Bergen - Sandviken Telefon (05) 95 17 00 Telefax (05) 25 78 90
--	--	--	--

Prosjektnr.: <b>O-87165</b>
Undernummer:
Løpenummer: <b>2060</b>
Begrenset distribusjon:

Rapportens tittel: <b>Utfylling med sprengstein langs Sandvinvatnet</b> <b>Mulige endringer av vannkvalitet</b>	Dato: <b>12.11.87</b>
	Prosjektnummer: <b>O-87165</b>
Forfatter (e): <b>Knut Sørgaard</b> <b>Torulv Tjomsland</b>	Faggruppe: <b>Vannressurs- forvaltning</b>
	Geografisk område: <b>Hordaland</b>
	Antall sider (inkl. bilag): <b>48</b>

Oppdragsgiver: <b>Statens Vegvesen, Hordaland</b>	Oppdragsg. ref. (evt. NTNf-nr.):
--	----------------------------------

Ekstrakt: <p>Utfylling med sprengstein langs Sandvinvatnet i Odda kommune kan føre til økt turbiditet i drikkevannet, økt nitratinnhold i vannet, og at settefisk utsettes for skarpkantete partikler. Vi antar at alle effekter blir små, men anbefaler at en utfører endel effektreduserende tiltak. Det foreslås også at en vurderer å foreta oppfølgende undersøkelser under anleggsfasen.</p>
---

4 emneord, norske:

1. Vegbygging
2. Sprengstein
3. Drikkevann
4. Settefisk

4 emneord, engelske:

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

Prosjektleder:

*Knut Sørgaard*

For administrasjonen:

*Vilhelm Bjertnes*

ISBN - 82-577-1319-8

*Susanne Jensen*

NORSK INSTITUTT FOR VANNFORSKNING  
VESTLANDSAVDELINGEN

O - 87165

Utfylling med sprengstein langs  
Sandvinvatnet

Mulige endringer av vannkvalitet

Bergen

12. november 1987

Prosjektleder: Knut Sørgaard

Medarbeider: Torulv Tjomsland

## Forord

Denne rapporten er utført på oppdrag av Statens vegvesen i Hordaland. Formålet med arbeidet har vært å vurdere mulige konsekvenser for vannkvaliteten i Sandvinvatnet i Odda kommune som følge av at Vegvesenet planlegger utfylling av sprengstein langs et parti av vannet. Den primære arbeidsoppgaven har vært litteraturstudier og samtaler med en rekke personer i ulike etater og forskningsinstitusjoner. Det er bare utført et begrenset feltarbeid, og arbeidet er utført i løpet av to måneder høsten 1987.

På feltarbeidet deltok vegarbeider Lars Markhus fra Odda vegstasjon, og kommuneveterinær Agnar Kvellestad i Indre Hardanger Næringsmiddelkontroll. Til feltarbeidet fikk vi vederlagsfritt låne båt av Odda Jakt- og Fiskelag.

Modellberegning av partikkelspredning i Sandvinvatnet er utført av Torulv Tjomsland, NIVA. Analyser av sedimentprøve fra bunnen av Sandvinvatnet og oksygenanalyser er utført ved Universitetet i Bergen. Alle andre analyser er utført ved NIVA.

## INNHold

<u>1. Sammendrag</u>	1
<u>2. Innledning</u>	3
<u>3. Områdebeskrivelse</u>	5
<u>3.1 Topografi i nedbørfeltet</u>	5
<u>3.2 Geologi i nedbørfeltet</u>	5
<u>3.3 Innsjømorfologi og hydrologi</u>	5
<u>3.4 Jord- og skogbruk i nedbørfeltet</u>	10
<u>3.5 Befolkning</u>	10
<u>4. Brukerinteresser i Sandvinvatnet</u>	11
<u>4.1 Drikkevann</u>	11
<u>4.2 Settefiskanlegg</u>	11
<u>4.3 Kjølevann</u>	11
<u>4.4 Vern</u>	11
<u>5. Vannkvalitet i Sandvinvatnet</u>	13
<u>5.1 Data fra vannverket</u>	13
<u>5.2 Data fra feltarbeid i oktober -87</u>	13
<u>6. Konsekvenser av fylling med sprengstein</u>	20
<u>6.1 Tilførsler av minerogent materiale</u>	20
<u>6.2 Ras ut fra fyllingen</u>	27
<u>6.3 Partikkelform</u>	29
<u>6.4 Økt nitrogen-tilførsel</u>	30
<u>6.5 Bruk av maskiner</u>	33
<u>7. Konklusjon</u>	34
<u>Litteratur</u>	36
<u>Vedlegg</u>	

## 1. Sammendrag

Statens vegvesen har planlagt utfylling med sprengstein i Sandvinvatnet i Odda for å utbedre et utrast parti av riksveg 47.

Sandvinvatnet er drikkevann for Odda, og i utløpselva Opo er det et settefiskanlegg.

NIVA har vurdert om utfyllingen kan få konsekvenser for disse brukerinteressene.

Vannkvaliteten i Sandvinvatnet er preget av påvirkning av smeltevann fra Folgefonna. Vannet har bl.a. derfor en turbiditet (grumsethet) om sommeren som overstiger kravene til drikkevann. Ellers er innholdet av næringssalter i vannet lavt, og vannet er oligotroft (næringsfattig) med bl.a. gode oksygenforhold i hele vannmassen.

Sprengstein vil gi tilførsler av nitrat, partikulært materiale som kan gå i suspensjon, og antatt skarpkantete partikler som i utgangspunktet kan tenkes å være farlig for settefisk.

Tilførselen av nitrat fra sprengstoffrester er ved inntaksområdet for vannverket beregnet til å maksimalt utgjøre 1 % av grenseverdien for drikkevann.

Tilførselen av den delen av sprengsteinpartiklene som kan gå i suspensjon i vann, er anslått til å utgjøre omlag 3% av det Sandvinvatnet årlig får tilført av suspendert materiale fra Folgefonna. En viktig forskjell er knyttet til at mens brevannet fra Folgefonna trolig i hovedsak søker mot bunnen av Sandvinvatnet, vil tilførslene fra sprengsteinfyllingen skje til overflatevannet.

Ras fra fyllingen og ned til bløte finkornete sedimenter på ca. 120 m dyp, vil kunne føre til resuspensjon (oppvirvling) av sedimentene. Dette kan teoretisk sett få kortvarige, men betydelige økninger av turbiditet i overflatevannet.

For settefiskanlegget vil trolig tilførselen av skarpkantete partikler ikke få noen virkning, fordi konsentrasjonene blir lave og fordi partiklene fra den aktuelle bergarten trolig har en mindre farlig form. Denne problemstillingen anbefales imidlertid nærmere avklart under anleggsarbeidet med et relativt enkelt overvåkingsprosjekt.

Basert bl.a. på en spredningsmodell, har vi konkludert med at samtlige effekter vi har vurdert vil bli små. Under uheldige forhold vil turbiditeten i drikkevannet kunne øke med omlag 0,1 FTU, eller med andre ord en økning på 10% av grensekravet til drikkevann som er 1,0 FTU.

For settefiskanlegget sin del er trolig våren det minst gunstige tidspunkt for anleggsarbeidet, for drikkevannet er

juni-september ugunstig. Det beste tidsrommet å utføre arbeidet på er i tidsrommet oktober-desember. Vi har satt opp en del effektreduserende tiltak som en bør følge så langt som det er praktisk mulig. Videre har vi foreslått at en vurderer å utføre oppfølgende undersøkelser i anleggsfasen, særlig da i begynnelsen av denne.

## 2. Innledning

Deler av riksveg 47 langs østsida av Sandvinvatnet i Odda kommune raste ut på ettersommeren 1987. Raset er midlertidig utbedret med en bro.

Vegen går langs vannet i et nokså bratt terreng, og det foreligger flere alternativ for utbedring av rasstedet. Et alternativ er tunnel, men fjellet er her antatt vanskelig p.g.a. ugunstige sprekkeforhold. Et annet alternativ er følgelig utfylling i Sandvinvatnet.

En steinfylling ut i vannet vil etter Vegvesenets opplysninger kreve omlag 50.000 m<sup>3</sup> masse. Dette tilsvarer omtrent 31.000 m<sup>3</sup> fast fjell, eller omlag 85.000 tonn. I denne rapporten har vi for enkelhets skyld antatt 100.000 tonn sprengstein.

Fordi Sandvinvatnet er drikkevannskilde for Odda, ble NIVA kontaktet av Vegvesenet med en forespørsel om å utrede mulige konsekvenser for vannkvaliteten av en slik steinfylling.

### Problemstilling

Etter NIVA sitt syn er det i første omgang behov for å vurdere de mulige endringene i vannkvalitet et slikt utfyllingsarbeid kan medføre.

I utgangspunktet ser vi følgende konsekvenser som mulige:

a) Finpartikulært materiale (hovedsaklig silt og leir) som vaskes ut fra fyllingen kan øke turbiditeten (grumsetheten) i vannet over ønsket nivå.

b) Sprengstoff inneholder nitrogen-forbindelser. Vannet vil dermed tilføres nitrogen, og en kan da få økning særlig av nitrat i vannet.

c) Partikler fra sprengt stein regnes som særlig skarpkantet. Disse kan være skadelig for fisk, og kan i dette tilfelle tenkes å få virkninger for et settefiskanlegg i utløpselva fra Sandvinvatnet.

d) I tillegg kan det tenkes forurensing av vannet som følge av maskinbruk. Videre kan utrasinger under vann og oppvirvling av bunnsediment føre til at vannet får et høyt innhold av suspendert materiale, og dermed en ytterligere økning av turbiditeten. Det er også behov for å vurdere i hvilken grad effektene kan bli langvarige.

### Framgangsmåte

NIVA foreslo i brev av 23. september -87 til Statens vegvesen i Hordaland at en i første omgang skulle forsøke å dimensjon-



ere de ulike problemstillingene for nærmere å vurdere problemenes omfang. Samtidig foreslo NIVA at en skulle forsøke å peke på tiltak som kunne redusere mulige negative konsekvenser.

Foreliggende rapport er basert på litteraturstudier, modellberegninger og et begrenset feltarbeid. I arbeidet har vi valgt å sammenlikne de antatte effektene av en steinfylling med de miljøforholdene som karakteriserer Sandvinvatnet idag.

Vi vil derfor først beskrive naturfaglige og menneskeskapte forhold i vannets nedbørfelt og i selve vannet som er medvirkende til dagens vannkvalitet. Videre skal vi omtale de brukerinteressene som en har i tilknytning til vannet, og noen av de krav de har til vannet og vannkvaliteten.

### 3. Områdebeskrivelse

#### 3.1 Topografi i nedbørfeltet

Sandvinvatnet ligger 87 m o.h. rett sør for Odda sentrum, se fig. 3.1. Nedbørfeltet er på 464 km<sup>2</sup>, og inkluderer deler av Folgefonna i vest og deler av Hardangervidda i øst, se fig. 3.2. Isbreer utgjør 37 km<sup>2</sup> av nedbørfeltet, derav utgjør deler av Folgefonna omlag 35 km<sup>2</sup>. Smeltevannet fra denne delen av Folgefonna drenerer ned til Sandvinvatnet i hovedsak i Buarelva (Jordalselva).

Nedbørfeltet er gjennomskåret av en nord-sørgående smal dal som geomorfologisk er en forlengelse av Sørfjorden. Foruten noen få sidedaler består mesteparten av nedbørfeltet av fjellområder høyere enn 7-800 m o.h.

#### 3.2 Geologi i nedbørfeltet

Den vestlige delen av nedbørfeltet består i hovedsak av granitt og granittisk gneis av prekambrisk alder (grunnfjell). Den østlige delen av feltet består av kaledonske skyvedekker bestående bl.a. av granittisk gneis og glimmergneis. Mellom grunnfjellet under og skyvedekket oppå ligger det kambro-siluriske sedimentære bergarter, bl.a. fyllitt. Disse utgjør bare mindre arealer.

Bergrunnen i nedbørfeltet er derfor hard, og forvitrer sakte. Den er fattig på mineraler som kan redusere påvirkning fra sur nedbør, og det er grunn til å anta at vannet i nedbørfeltet er følsomt for forsurening.

Det er generelt lite løsmasser i nedbørfeltet (J. Sulebak pers. medd. 1987). I dalbunnene er det noe relativt grovkornet løsmateriale av varierende opphav. En større løsavsetning ligger ved nordenden av Sandvinvatnet. Dette er en brerandavsetning som ble avsatt foran isbreen ved avslutningen av siste istid. Materialet i avsetningen er trolig hovedsakelig breelvmateriale, dels noe morene. Overflaten av ryggen er bygget opp til nær marin grense som her er ca. 96 m o.h. (Wangen & Rye 1983).

De begrensede løsmassene i nedbørfeltet gjør at det trolig er relativt rask avrenning etter nedbør.

#### 3.3 Innsjømorfologi og hydrologi

Arealet av Sandvinvatnet er 4,35 km<sup>2</sup>, se tabell 3.1. Vannet har et største dyp på 127 m, se fig. 3.3. Dette dybdekartet er utarbeidet av NIVA i samband med dette prosjektet, ettersom det ikke fantes dybdeinformasjon fra tidligere. I vedlegg 1 er det nærmere redegjort for oppløddingsarbeidet.



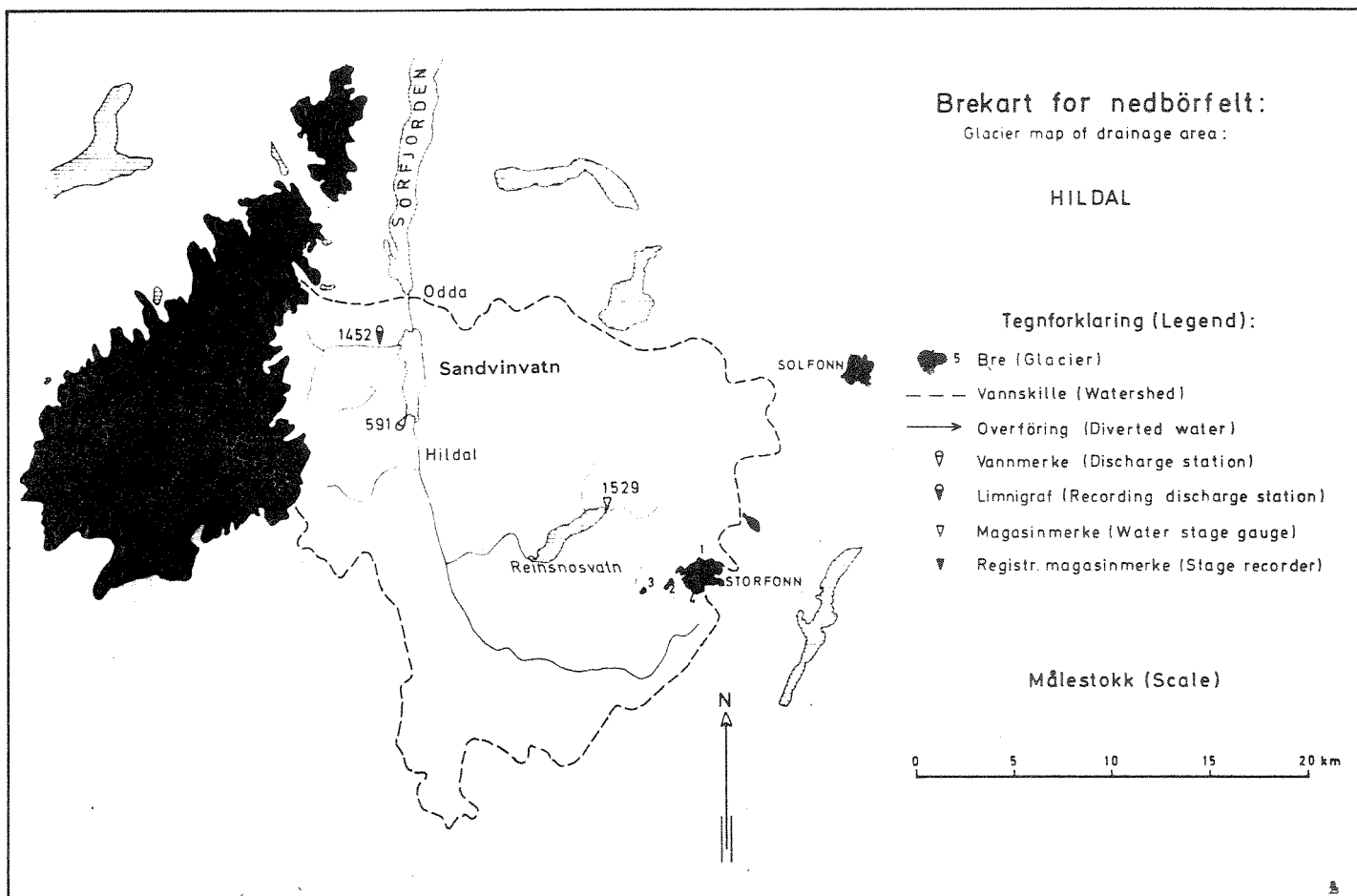
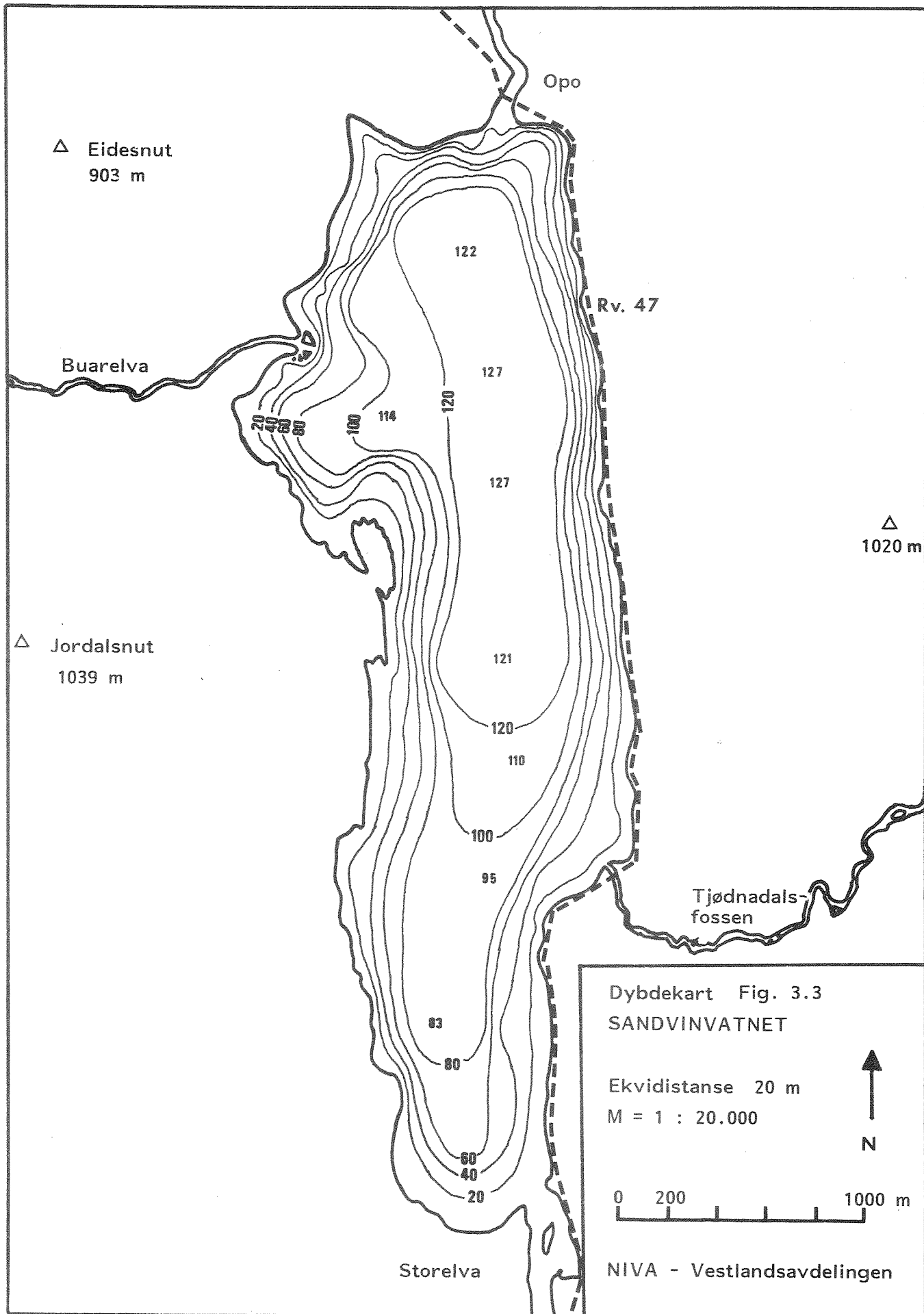


Fig. 3.2 Kart over nedbørfeltet til Opovassdraget. Fra Østrem & Ziegler (1969).

Sandvinvatnet har relativt bratte sider, og en sammenhengende flat bunn. Fig. 3.4 viser et typisk tverrprofil av vannet. Den østlige siden er den bratteste, og dette samsvarer med topografien over vann. Buarelva har bygd ut et delta i den norvestre delen av vannet, Storelva har bygd ut delta i sørenden.

På grunn av det relativt store nedbørfeltet, og store nedbørmengder, har innsjøen en teoretisk oppholdstid på bare 0,27 år. Dette betyr at det hadde tatt noe over 3 måneder å fylle innsjøen dersom den hadde vært tom. Den årlige middelavrenningen er 2600 mm/år.

Vassdraget er uregulert, med unntak av en mindre del lengst i sør som er regulert mot Sauda. Vannføringen er preget av en vår- og en høstflom. Vannføringen er belyst med 1986 og -87 som eksempel (vedlegg 2). Stor vannføring i juni/juli skyldes kombinasjon av snøsmelting i fjellet og avsmelting fra Folgefonna.



Tabell 3.1 Morfologiske og hydrologiske data for Sandvinvatnet

	Enhet	
Høyde over havet	m	87
Areal nedbørfelt	km <sup>2</sup>	464
Breareal i nedbørfeltet	km <sup>2</sup>	37,4
Areal innsjøoverflate (A)	km <sup>2</sup>	4,35
Største lengde	km	4,6
Største bredde	km	1,5
Største dyp	m	127
Midlere dyp (V/A)	m	75
Volum (V)	x 10 <sup>6</sup> m <sup>3</sup>	328
Midlere avløp	m <sup>3</sup> /s	38,6
Årlig avløp	x 10 <sup>6</sup> m <sup>3</sup>	1215,6
Teoretisk oppholdstid	år	0,27 (vel 3 mnd.)

Kilder: NIVA og NVE

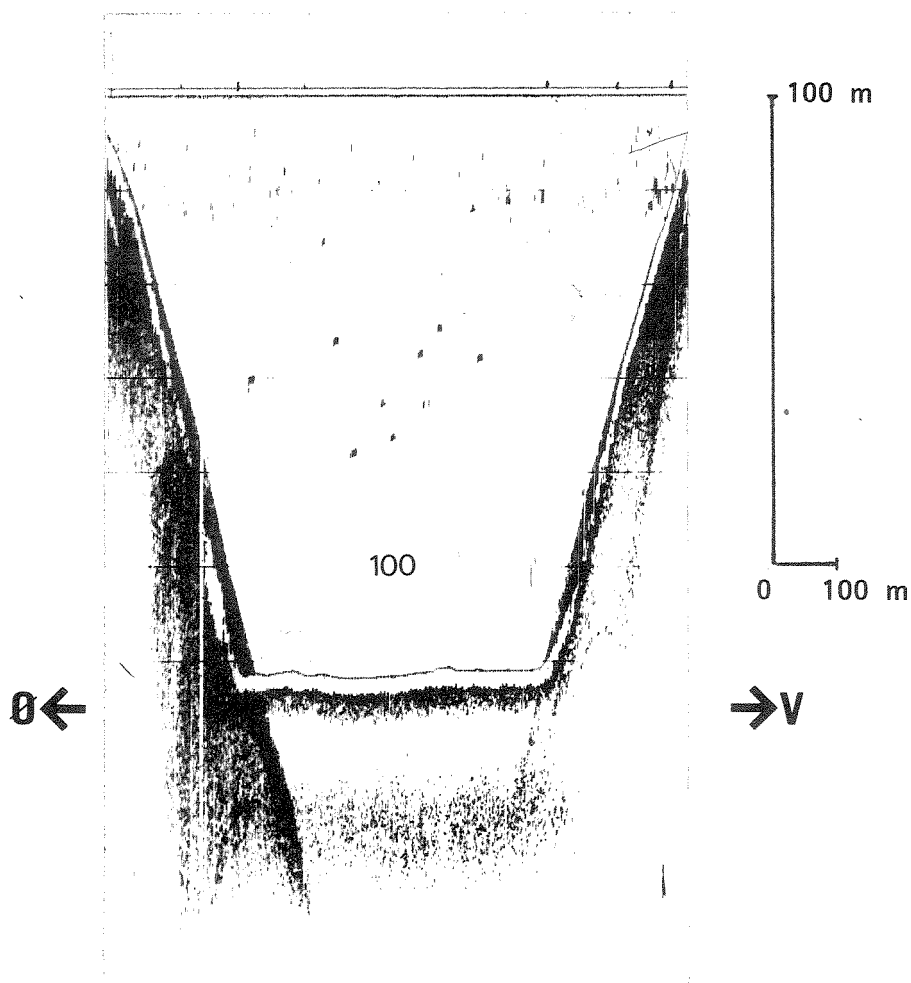


Fig. 3.4 Typisk tverrprofil fra Sandvinvatnet, legg merke til skalaforskjellen. For lokalisering se fig. 4.1 s. 12. Ett ekkogram fra skråningen utenfor rasstedet er vist på fig. 6.2 s. 28.

### 3.4 Jord- og skogbruk i nedbørfeltet

Det er ca. 2500 daa jordbruksareal og ca. 20.000 daa produktiv skog i nedbørfeltet (data fra Landbrukskontoret i Odda). Dette utgjør ialt ca. 5 % av nedbørfeltet. Resten er for det meste fjell og lite produktiv mark. Det er registrert ialt 82 gårdsbruk i nedbørfeltet.

### 3.5 Befolkning

I følge folketellingen i 1980 bor det omlag 500 mennesker i nedbørfeltet. 400 av disse bor fra Sandvin ved sørenden av vannet og videre sørover mot Seljestad sør i feltet. Omlag 100 bor på vestsiden av vannet, derav ca. 70 i Buardalen/Jordal.

## 4. Brukerinteresser i Sandvinvatnet

### 4.1 Drikkevann

Sandvinvatnet er drikkevannskilde for Odda tettsted, med omlag 6500 innbyggere. Inntaket er på ca. 17 m dyp omlag 70 m fra land, rett vest for utløpselva Opo, se fig. 4.1.

Eneste vannbehandling er klorering med klorgass. De lavere-liggende deler av Odda får nok trykk på vannet ved naturlig fall, mens den høyereliggende bebyggelse får vann som er pumpet opp i et høydebasseng i dalsiden.

Kommunen har planlagt grunnvannsforsyning fra deltaet ved Buarelva sitt innløp i Sandvinvatnet. Dette vil bl.a. føre til at en kan bygge boliger langs Sandvinvatnet, fordi klausuleringene i nærområdet rundt vannet kan oppheves.

### 4.2 Settefiskanlegg

Odda Jakt- og Fiskelag har et klekkeri og settefiskanlegg på en øy i Opo, se fig. 4.1. Anlegget får dels vann fra et elveinntak, dels fra en ledning som går opp i Sandvinvatnet. Denne ledningen tar vann fra overflaten. Anlegget produserer opp imot 100.000 settefisk av laks og ørret i året, hovedsaklig for utsetting i Opo. Arbeidet på anlegget blir utført på dugnad av medlemmene, og aktivitetene i tilknytning til anlegget utgjør derfor en del av fritidstilbudet i Odda.

### 4.3 Kjølevann

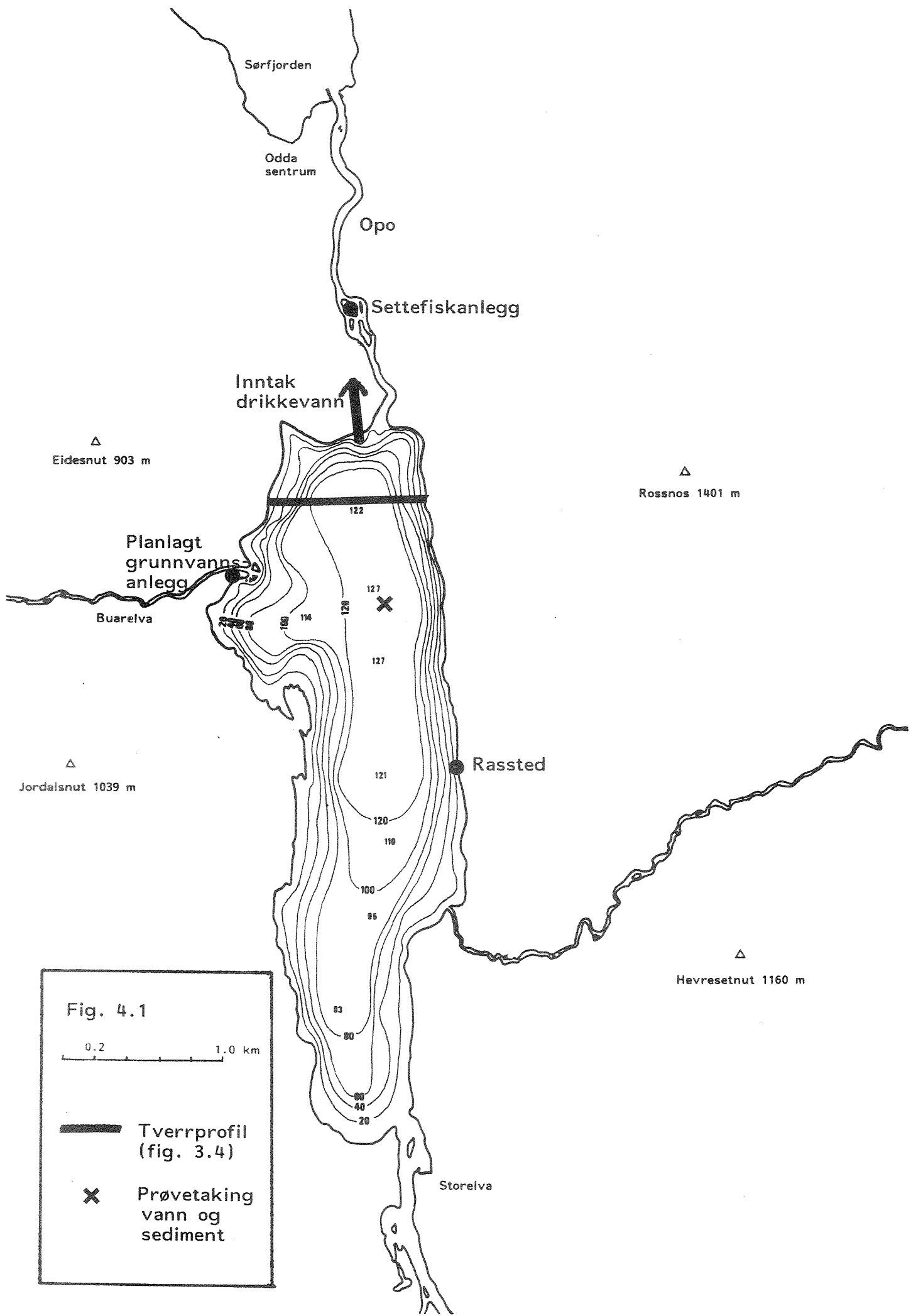
Odda Smelteverk tar kjølevann fra Sandvinvatnet, gjennom to ledninger henholdsvis i overflaten og på ca. 13 m dyp. Ledningene har en samlet kapasitet på omlag 2400 m<sup>3</sup>/t. Noe av det oppvarmete vannet blir nyttet i settefiskanlegget.

### 4.4 Vern

Nedbørfeltet til Sandvinvatnet (Opovassdraget) er varig vernet (NOU 1976 nr. 15). Formålet med vern er primært mot vannkraftutbygging. Likevel står det i hovedforutsetningene for utvelgelse av de vernede vassdragene: "Andre inngrep i de sikrede områder som kan redusere deres verdi for naturvern, friluftsliv og vitenskap må søkes unngått". (NOU 1976 nr. 15: 21).

Det er Fylkesmannens miljøvernavdeling som behandler saker i tilknytning til inngrep i vernede vassdrag.





**Fig. 4.1**

0.2 1.0 km

— Tverrprofil (fig. 3.4)

× Prøvetaking vann og sediment

## 5. Vannkvalitet i Sandvinvatnet

I dette kapitlet gis det en kort omtale av vannkvaliteten i vannet i forhold til de brukerinteressene som er registrert. Det er ikke noen fullstendig limnologisk beskrivelse av vannet, da måtte en bl.a. hatt observasjoner i fra alle årstider.

### 5.1 Data fra vannverket

Indre Hardanger Næringsmiddelkontroll tar prøver fra råvannet til vannverket en gang pr. uke. Resultatene fra undersøkelsene i 1986 og -87 er presentert i vedlegg 3.

Jamnført med kvalitetskrav til drikkevann (Sosialdepartementet 1976), ligger turbiditeten (grumsetheten) periodevis over de generelle kvalitetskravene. Likeledes er det i råvannet påvist coliforme bakterier, og totalkim er også periodevis noe høyt. Etter kloring tilfredstiller vannet de bakteriologiske krav.

Både tilført minerogent (av bergartsopphav) og organisk materiale vil bidra til økt turbiditet om sommeren. Kilden til det minerogene materialet er trolig i hovedsak brevann som drenerer i Buarelva fra Folgefonna. På bakgrunn av dataene vet vi ikke hvilke av de to mulige kildene til økt turbiditet om sommeren som er den viktigste årsaken, men det er nærliggende å anta at suspendert breslam utgjør minst 1/3.

### 5.2 Data fra feltarbeid i oktober -87

NIVA foretok undersøkelser i Sandvinvatnet 15. oktober -87. Resultatene er presentert i tabell 5.1, fig. 5.1 og i vedlegg 4. Prøvestedet er avmerket på fig. 4.1. Det ble tatt vannprøver i fem ulike dybder ved hjelp av vannhenter. Temperatur ble i tillegg til termometer i vannhenter, målt med sonde.

#### Temperatur

Nedkjølingen av overflatevannet om høsten fører til at det synker ned p.g.a. økt tetthet. Dette kalles høstomrøringen, og vil i de fleste sjøer i Norge føre til at hele vannmassen kjøles ned til 4 °C. Da har ferskvann størst tetthet, og vannet får en total omrøring, se fig. 5.2

På prøvedagen hadde nedkjølingen ført til at omrøringen hadde kommet ned mot 35 m dyp, der det var et temperatursprangskikt ned mot kaldere (og tyngre) vann i dypet. Helt mot bunnen var temperaturen 4,6 °C, mens den var 4 °C lenger opp i vannsøylen. Dersom dette er en stabil situasjon kan det skyldes at dypvannet likevel har størst tetthet p.g.a. innhold av suspendert materiale og løste salter. Vi har ikke utført beregninger av dette, og mangler dessuten data fra laget med lavest temperatur.

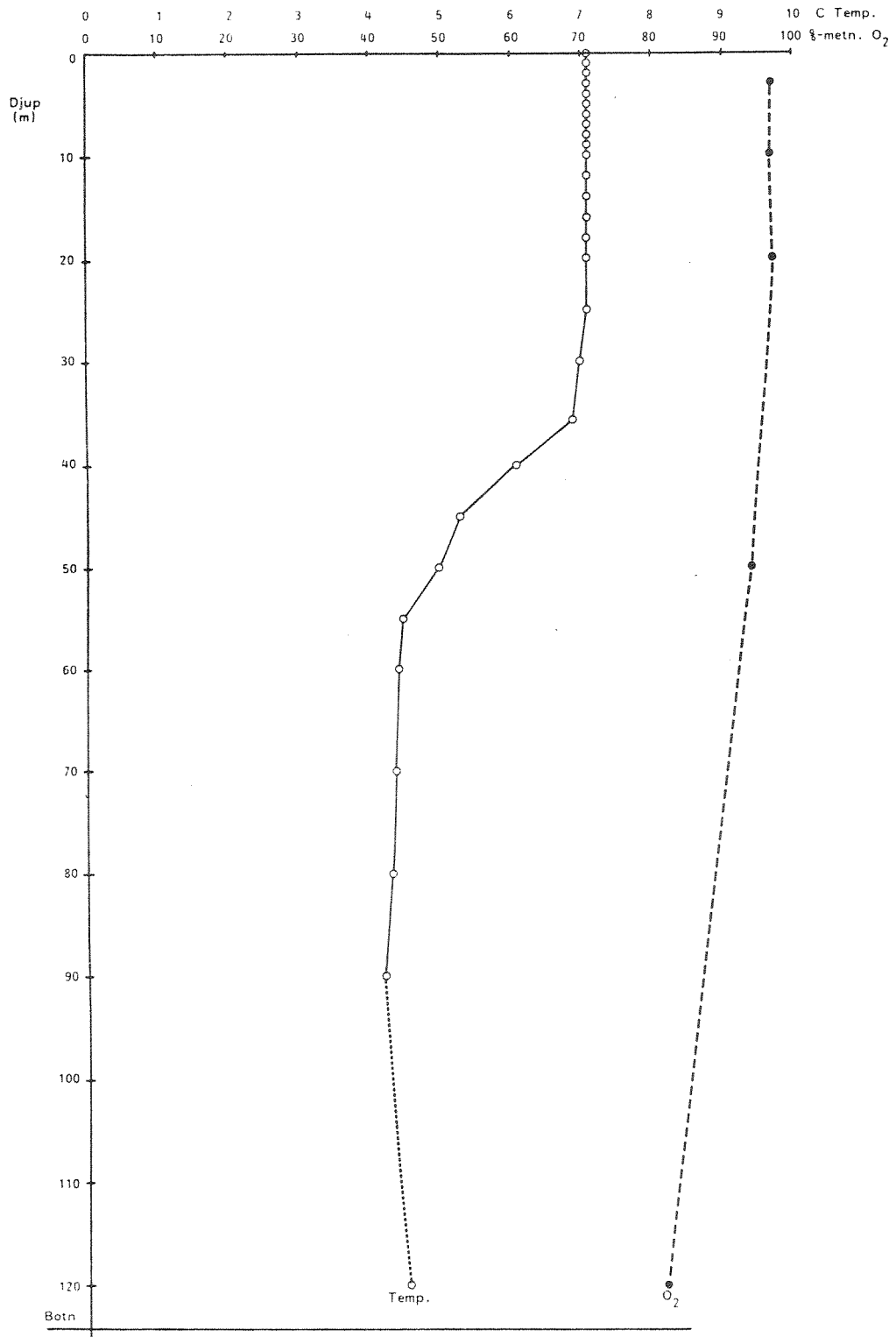


Fig. 5.1 Oksygenmetning og temperatur i Sandvinvatnet 15. oktober 1987.

Tabell 5.1 Analyseresultat fra vannprøver tatt 15. oktober -87

Prøve nr.	Dyp m	pH	Kond mS/m	Turb FTU	Tot N µg/l	NO <sub>3</sub> -N µg/l	Tot P µg/l	STS mg/l	SGR mg/l
S5	3	5,98	1,12	1,2	159	90	4,0	0,8	0,3
S4	10	5,98	1,15	0,83	159	89	4,0	0,9	0,3
S3	20	5,98	1,15	0,85	173	90	4,0	1,05	0,53
S2	50	5,97	1,7	0,54	191	133	4,0	0,7	0,2
S1	120	5,84	1,54	0,79	209	209	5,0	1,0	0,5

## Forklaring:

Kond    Konduktivitet (ledningsevne) Må multipliseres med 10 for sammenlikning med Næringsmiddelkontrollen's data (Vedl. 3)

Turb    Turbiditet

Tot N   Total nitrogen

NO<sub>3</sub>-N   Nitrat

Tot P   Total fosfor

STS     Suspendert tørrstoff (partikler større enn 0,45 µm)

SGR     Suspendert gløderest, uttrykk for vekt av minerogent minerale

Oksygen

Det ble tatt 5 oksygenprøver, som er analysert etter Winkler's metode. Prøvene viser nær full metning i hele vannmassen, med 84,7 % metning 5 m over bunnen. Vannet har følgelig gode oksygenforhold helt til bunns, også i det vannet som ennå ikke var omrørt.

Næringssalt

I de fem prøvene ble det også analysert på innhold av nitrogen og fosfor. Alle verdiene er lave. Dersom verdiene er representative for vannkvaliteten ellers i året, må vannet karakteriseres som lite belastet med næringssalt. Fosforinnholdet er under den aksepterte verdi for dype innsjøer, som er satt til 7 µg/l (Berge 1987), og innsjøen er følgelig å definere som oligotrof (næringsfattig). Innholdet av nitrat er i størrelsesorden bare 5 % av maksimumskravet for drikkevann som er satt av Sosialdepartementet (1976).

Surhetsgrad

Vannets surhetsgrad uttrykkes i pH. Analysene viser at vannet er svakt surt. Vi har ikke analysert vannets motstandsevne (buffersevne) mot surhet, heller ikke aluminiuminnholdet som kan være farlig for fisk dersom vannet også er surt. Som det framgår av analysene fra vannverket (vedlegg 3), er vannet periodevis surt med en pH på under 5. Såpass lave verdier

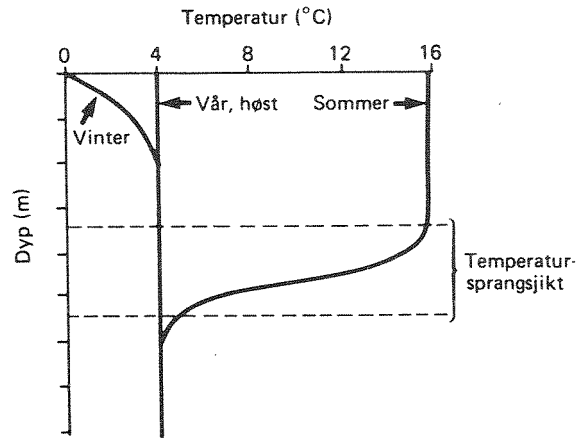


Fig. 5.2 Skjematisk framstilling av temperaturforløpet i en innsjø som sirkulerer vår og høst. Fra SIFF (1985).

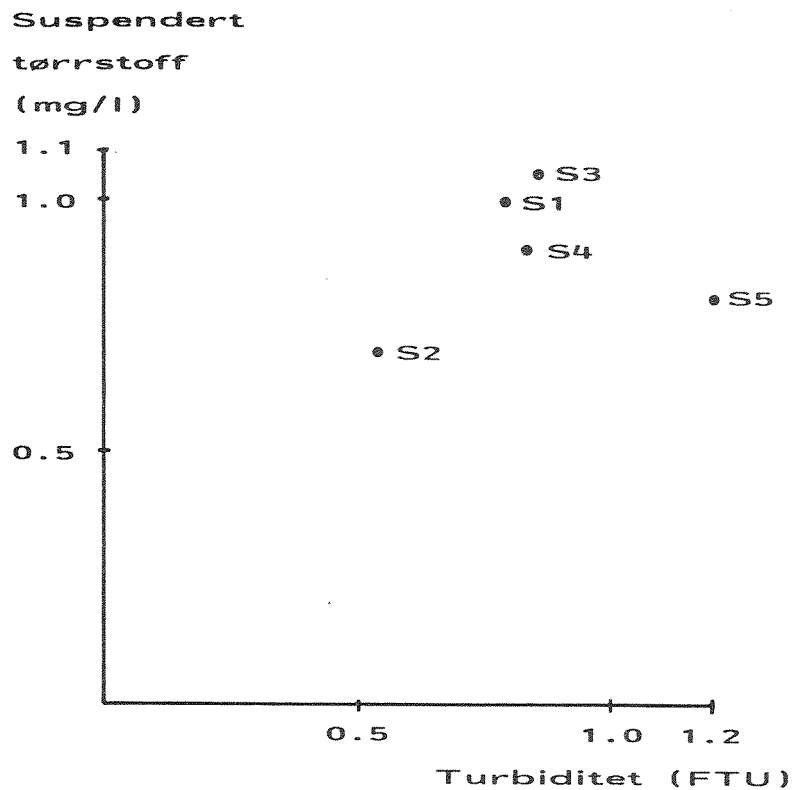


Fig. 5.3 Plott av målte verdier for suspendert tørrstoff og turbiditet i vannprøver tatt i ulikt dyp 15. oktober 1987.

regnes som farlig for laksefisk. Som antydnet i omtalen av geologien (kap. 3.2) kan vannet være følsomt for forsurening.

Vannet har også en lav ledningsevne (lavt saltinnhold), og må regnes som bløtt.

### Turbiditet og suspendert materiale

Turbiditeten er som tidligere nevnt et uttrykk for vannets grumsethet. Totalt tørrstoff er et uttrykk for hvor mye suspendert materiale det er i vannet med en partikkeldiameter større enn 0,45  $\mu\text{m}$ .

Turbiditeten var størst ved overflaten (3 m dyp), og var noe lavere i dypet med et varierende forløp mot bunnen. Fig. 5.3 viser at det er en grov, om ikke fullstendig, sammenheng mellom målte verdier for turbiditet og totalt tørrstoff. En slik bortimot lineær sammenheng er tidligere påvist bl.a. av Faafeng, Brettum & Løvik (1987).

Grenseverdiene for turbiditet i drikkevann er satt til 1,0 FTU (Sosialdepartementet 1976), og er satt dels av krav til vannets utseende, og dels av hensyn til effektiviteten av desinfeksjonsprosedyrer.

Som nevnt har råvannet til vannverket fra 17 m dyp i perioder om sommeren en turbiditet på opp mot det dobbelte av grensa. Basert på beskrivelser fra lokalbefolkningen av turbiditeten til overflatevannet og ellevannet i Opo, må den periodevis være mye høyere enn i råvannet til vannverket. Dette tyder på at en del finkornig breslam blander seg med overflatevannet i Sandvinvatnet. En betydelig andel av finmaterialet sedimenterer ikke, og rekker følgelig fram til utløpselva Opo.

### Sediment og bunntopografi

Som omtalt i kap. 3 er det relativt bratte sider og en flat bunn i Sandvinvatnet. Sidene består trolig for det meste av bart fjell og evt. grovkornet sediment, mens bunnen er fylt opp med betydelige mengder finkornige sediment.

En prøve av bunnsedimentet ble tatt på 125 m dyp med en Eckmann-grabb, se fig. 4.1. Sedimentet består nesten bare av ren silt, med et leirinnhold på ca. 10 %, se fig. 5.4. Innholdet av organisk materiale er lavt, målt som totalt organisk karbon er det 1,1 %. Dette viser at sedimentet ikke er belastet med organisk materiale, og at oksygenforholdene er gode, jfr. undersøkelsene av oksygen i vannprøvene. Sedimentet har en grå farge, er friskt, og har ikke lukt av hydrogensulfid ( $\text{H}_2\text{S}$ ). Denne sedimentprøven er antatt representativ for den flate bunnen av vannet, som ligger dypere enn ca. 120 m.

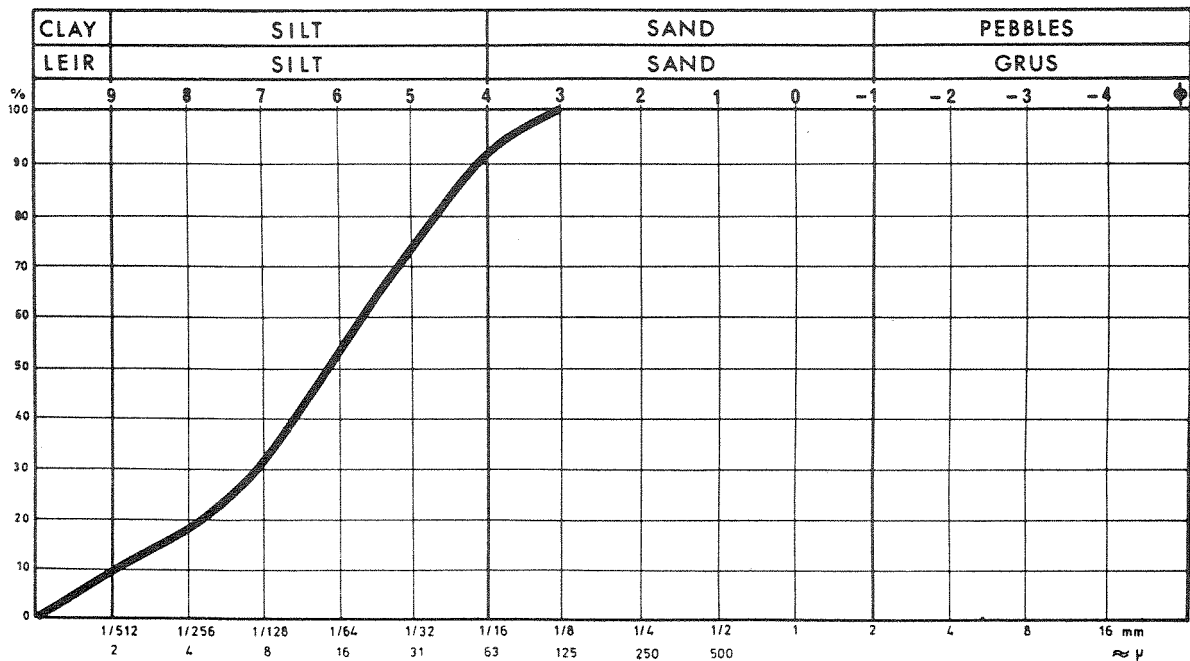


Fig. 5.4 Kornfordeling i bunnsediment i Sandvinvatnet. Prøvested se fig. 4.1 s. 12.

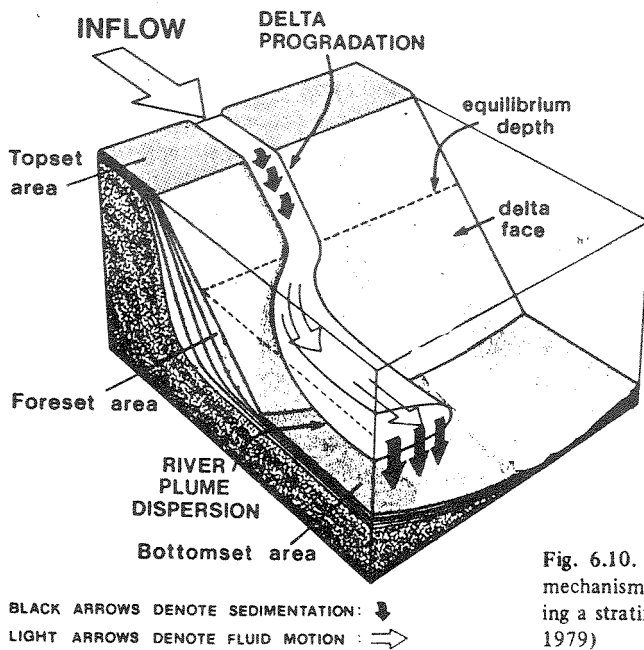


Fig. 6.10. Illustration of sedimentation mechanisms associated with a river entering a stratified lake (Pharo and Carmack 1979)

Fig. 5.5 Illustrasjon av hvordan en breelv søker mot dypet av en innsjø med varmere vann. Modifisert etter Håkanson & Jansson (1983).

Samtidig kan det hevdes at det lave innholdet av organisk materiale i sedimentet er et uttrykk for betydelige tilførsler av minerogent materiale (breslam) fra Folgefonna.

#### Tilførsel av breslam til Sandvinvatnet

Det er ikke målt sedimenttransport i Buarelva. Derimot er det utført omfattende undersøkelser på vestsiden av Folgefonna, nemlig Bondhusbreen se bl.a. Kjeldsen (1981) og Østrem & Olsen (1987). Et forsiktig anslag over hvor mye breen eroderer i underlaget pr. år kan settes til 0,2 mm. Basert på en bergartstetthet på 2,7 g/cm<sup>3</sup> tilsvarer dette omlag 20.000 tonn årlig i fra den del av Folgefonna som drenerer til Sandvinvatnet. Et vanlig erfaringstall er at omlag halvparten av det produserte løsmaterialet under breen vil gå ut i breelva som suspendert materiale, altså omlag 10.000 tonn årlig i gjennomsnitt.

Det går flere breelver fra den østlige delen av Folgefonna. Noen av disse passerer mindre vann, og noe suspendert materiale kan derfor sedimentere. Likevel er det klart at en stor del må bli ført de omlag 5 km fra Buarbreen og ned til Sandvinvatnet. Som et anslag antar vi at minst halvparten når vannet, altså omlag 5000 tonn. Noe av det fineste materialet vil bli ført videre ned i Opo og ut i Sørfjorden. Et erfaringstall tilsier at 80 % kan sedimentere i et såpass stort ferskvann, altså gjennomsnittlig 4000 tonn årlig.

#### Er Sandvinvatnet en bresjø?

Den store tilførselen av minerogent materiale fra Folgefonna, og betydelige mengder med kaldt smeltevann, må sette sitt preg på vannkvaliteten og miljøforholdene i Sandvinvatnet. Vannet har derfor trekk som er typiske for bresjøer. Vannet i breelva har en høy tetthet p.g.a. den lave temperaturen og innholdet av suspendert materiale. Derfor vil vannet i Buarelva om sommeren søke mot dypet av Sandvinvatnet, jfr. fig. 5.5. Dette bidrar til å tilføre friskt og oksygenrikt, men samtidig slamholdig vann til til dypvannet.

Sett fra et drikkevannssynspunkt kan det være uheldig at vannet fra Buarelva bryter gjennom temperatursprangskiktet. Normalt fungerer et sprangskikt som en barriere mot bakterielle tilførsler til vann under skiktet.



## 6. Konsekvenser av fylling med sprengstein

Vi har valgt å se på effektene av et utfyllingsarbeid ved østsiden av Sandvinvatnet fra et sedimentologisk synspunkt. Med dette menes at vi vil omtale hva slags materiale som kan tilføres vannet fra en slik fylling, og hvor dette materialet trolig blir av.

I følge opplysninger fra Vegvesenet er utfyllingen planlagt i en lengde av 130 m, og ca. 50.000 m<sup>3</sup> sprengstein skal fylles ut. Sprengsteinen skal trolig hentes fra fjellhallene som blir utsprengt ved Norzink på nordsiden av Odda sentrum.

NIVA har tidligere utført en mer generell studie av konsekvenser av vegbygging langs vassdrag (Ibrekk 1985). Der er det bl.a. pekt på mulige konsekvenser av økt tilførsel av minerogene partikler, fare for ras og utglidninger, forurensing fra dynamittrester, og en del andre mulige konsekvenser. Vi har her benyttet data og problemstillinger fra denne rapporten som et utgangspunkt for vurdering av aktuelle konsekvenser i Sandvinvatnet.

### 6.1 Tilførsler av minerogent materiale

#### Problem

Når en tipper sprengstein ut i vannet, vil den bli vasket p.g.a. steinenes bevegelse i vannet. Vi antar at alle partikler som kan suspenderes, finsand-, silt- og leirfraksjonen, vil suspenderes i vannet. Dette vil føre til økning i turbiditeten (grumsetheten), iallefall i nærområdet av fyllingen. Dersom tilførselen er betydelig, og strømforholdene er ugunstig, er det grunn til å vurdere hvor mye av finmaterialet som kan rekke fram til drikkevannsinntaket og til utløpselva Opo, jfr. fig. 4.1.

#### Innhold av finpartikler i sprengstein

Sprengning og boring i fjell vil produsere en viss mengde finpartikler. Mengden er avhengig av sprengningsmåte og bergartstype. Ved såkalt tunnelsprengning, benytter en mest sprengstoff og en kan anta at det da blir produsert mer finstoff. Ved såkalt pallsprengning benytter en i størrelsesorden bare halvparten så mye sprengstoff (se kap. 6.4).

Tunnelsprengning er den vanlige måten å sprengne tunneller på, der en må "knuse" fjellet, uten å ha noen flate å sprengte det ut mot. Ved pallsprengning har en en slik flate, og trenger følgelig ikke like mye sprengstoff. Fjellhallene til Norzink sprenges med tunnelsprengning oppunder "taket". Deretter sprenger en paller videre nedover etasjevis.

Vigerust & Njøs (1986) har i en studie av steintipper fra vannkraftutbygging studert kornfordelingen i det øverste laget av tippen. I fyllinger av samme bergarter som i hallene til Norzink (granitt og granittisk gneis) har de funnet at omlag 14-22 % av materialet bestod av leir, silt og sand (partikler finere enn 2 mm). De hevder at en trolig har fått en anrikning av finere partikler i overflaten av tippen p.g.a. selve tippeprosessen og knusning ved kjøring oppå tippen.

Ved Bergavdelingen ved NTH i Trondheim har vi fått opplyst at en trolig kan regne med maksimalt bare 1% av materiale finere enn 1 mm ved pallsprengning av granitt. Bruker en etablerte metoder for å beregne hvor mye som da er i silt- og leirfraksjonen (< 63  $\mu$ m), vil en kunne anslå at ca. 0,15 % av den totale massen er i denne størrelsen.

#### Daglige tilførsler under anleggsarbeidet

Effektene av utslippet er avhengig av intensiteten. Ettersom det er omlag 7-8 km fra fjellhallene til rasstedet, vil avstanden, sprengningsintensiteten og antallet lastebiler begrense hvor mye som kan tilføres.

Som et anslag har vi tenkt oss at hver bil transporterer 17 tonn. Dersom en bil i løpet av 12 timer klarer 10 turer, og en har 10 biler til disposisjon, kan en fylle ut 1700 tonn daglig. På denne måten kan hele arbeidet utføres på 60 arbeidsdager.

Av 1700 tonn sprengstein, vil følgelig omlag 2600 kg være i silt-/leirfraksjonen.

#### Synkehastighet

Desto mindre en partikkel er, desto langsommere vil den synke i vann. I tabell 6.1 har vi oppgitt synkehastigheter for minerogene partikler i vann med temperatur på 5 °C. I tabellen har vi også satt opp vektfordelingen for de daglige tilførslene av ulike fraksjoner basert på samme innbyrdes fordeling som Vigerust & Njøs (1986) fant fra sprengsteintippene. Vi antar at leirinnholdet er overestimert, særlig den andelen som vi har antatt ikke vil sedimentere. Vi har likevel funnet det riktig å bruke slike data for å få fram "et verste tilfelle".

Tabell 6.1 Synkehastighet til minerogene partikler i vann, og beregnede tilførsler pr. døgn i de ulike fraksjonene.

	Partikkelstørrelse (mm)	Synkehastighet ( $10^{-5}$ m/s)	Tilførsel (kg/døgn)
Leir	<0,001	0	150
	0,001-0,002	0,6	150
Fin silt	0,002-0,004	2,4	43
	0,004-0,008	6	86
	0,008-0,016	12	171
Middels silt	0,016-0,031	41	460
Grov silt	0,031-0,063	110	1530
Meget fin sand	0,063-0,125	500	

### Spredningsstudier - forutsetninger

Som grunnlag for beregningene har vi benyttet en metode utviklet ved NIVA (Tjomsland & Molvær 1986), og for mer detaljert informasjon om metoden vises det til nevnte referanse. Det er en relativt enkel modell som beregner stoffkonsentrasjoner i vann ved økende avstand fra et utslippspunkt. Til tross for sin enkelhet, har sammenlikninger med målinger i felt vist at typiske avvik er mindre enn 25 %. Modellen forutsetter kontinuerlige tilførsler av stoff, og en trenger følgende data:

-Diffusjonskoeffisient. Et uttrykk for hvordan stoffene kan spres horisontalt i en sjø som følge av turbulente virvler. En tar her utgangspunkt i erfaringstall og den aktuelle innsjøens bredde.

-Decay-koeffisient. Dette er et uttrykk for hvor store mengder som kan sedimentere til bunnen av det strømmende laget pr. tidsenhet.

-Tykkelse på det strømmende lag. En kan velge fritt mektigheten på det strømmende vannlaget. Vi har forsøkt med henholdsvis 10m, 20 m og 75 m. 10m og 20 m er valgt fordi de er mulige mektigheter på et overflatelag over temperatursprangskiktet om sommer og vinter. 75 m er valgt for å illustrere en mulig situasjon ved full omrøring vår og høst.

-Hastighet og retning på det strømmende lag. Vi har valgt retning rett fra fyllingen og mot drikkevannsinntaket for å illustrere de antatt mest ugunstige forholdene. Vi har prøvd med følgende strømhastigheter: 0,1 cm/s, 1,0 cm/s, 5,0 cm/s og 10 cm/s.

-Hovedtrekkene i innsjøens form.

-Kontinuerlige tilførsler. Utslippene ved fyllingen vil ikke være kontinuerlige, det vil komme en puls hver gang det tømmes et lass. Videre vil arbeidsstans om natten medføre svingninger. Virkningen av disse ujevnheter i tilførslene for konsentrasjonsfordelingen i innsjøen vil imidlertid avta ettersom blandingsprosessene får tid til å virke. Ved lave strømhastigheter, under 1 cm/s, vil stoffet bruke minst 3 døgn for å nå utløpet. Vi antar da at virkningen p.g.a. ujevne tilførsler i løpet av døgnet er neglisjerbar.

Ved større strømhastigheter, over 5 cm/s, vil stoffet kunne nå utløpet i løpet av et halvt døgn, slik at konsentrasjonen der vil svinge i løpet av døgnet. Vi har antatt at maksimumskonsentrasjonene da tilsvarer døgntilførslene kontinuerlig tilført i løpet av et halvt døgn, d.v.s. en fordobling av intensiteten ved lave strømhastigheter.

### Resultater

Vi har her valgt å gå gjennom en av de situasjoner som vi antar er blant de mest sannsynlige med hensyn til strømhastighet og mektighet på det strømmende lag, se fig. 6.1. Mektigheten til det strømmende laget i overflaten er her satt til 10 m. Vannet i overflatelaget beveger seg med en konstant hastighet på 1 cm/s rett mot nordsiden (vanninntaket).

Vi antar at ved utslippsstedet blir alt tilført materiale som kan gå i suspensjon, blandet i de øverste 10 meter av sjøen. Figuren viser resultatet målt som konsentrasjon av partikler i milligram pr. liter (mg/l) som et gjennomsnitt i de øverste 10 meter av sjøen. Konsentrasjonen synker med økende avstand fra utslippsstedet som følge av sedimentasjon og horisontal spredning i vannet (diffusjon). Når utløpselva er konsentrasjonen etter dette ca. 0,06 mg/l, og består hovedsaklig av partikler i leir og finsiltfraksjonen. I tabell 6.2 er det satt opp beregnede konsentrasjoner nær utløpet av vannet.

Tabell 6.2 Beregnede konsentrasjoner av suspendert materiale i overflatevannet (mg/l) nær utløpet av Sandvinvatnet som følge av utfylling med sprengstein.

		Strømhastighet (cm/s)			
		0,1	1,0	5,0	10,0
Mektighet av	10	0,2	0,06	0,08	0,07
strømmende	20	0,12	0,03	0,06	0,06
lag (m)	75	0,05	0,02		

I vann under det strømmende lag, vil konsentrasjonen av partikler vanligvis være lavere. For ordens skyld vil vi

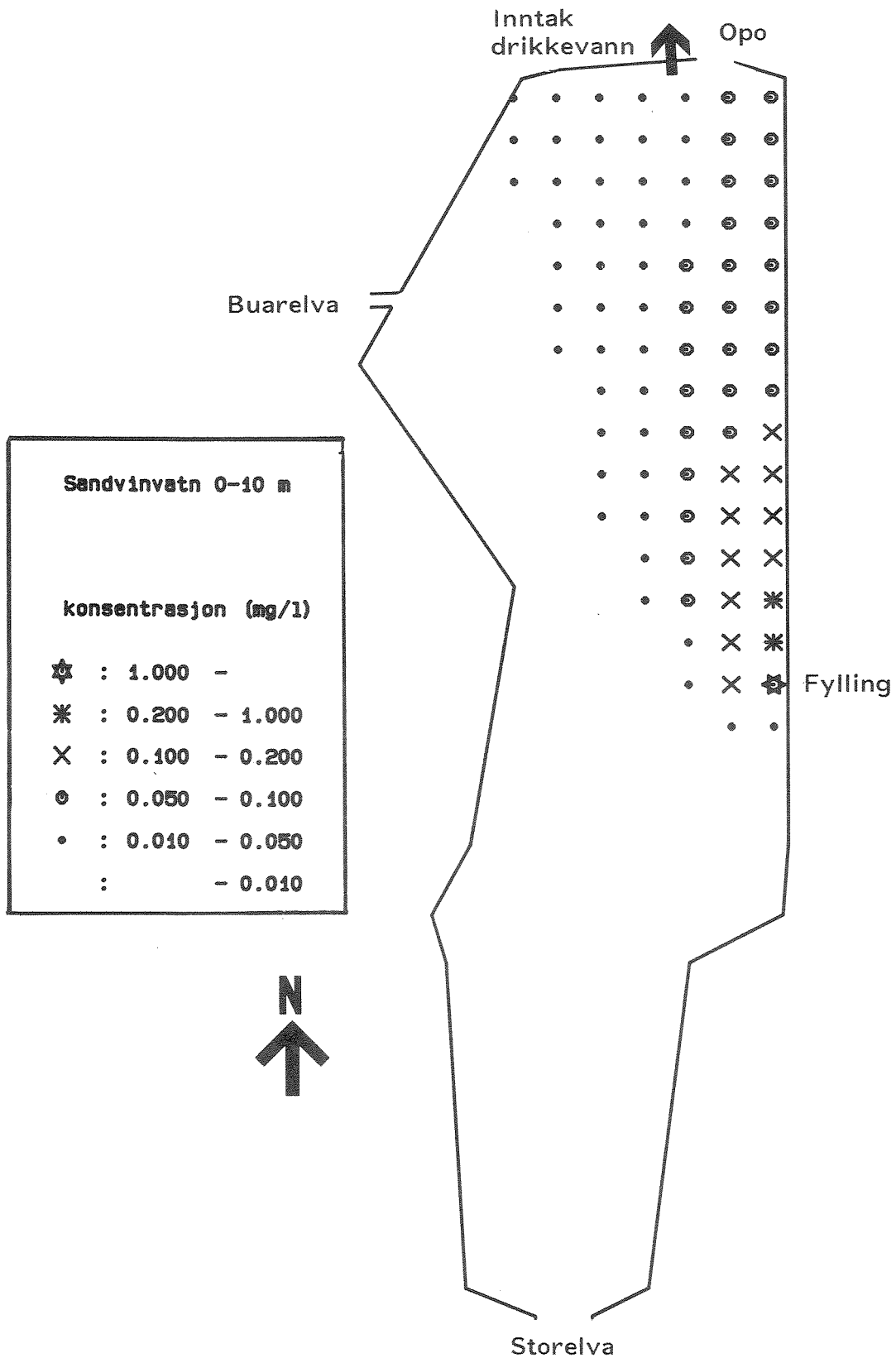


Fig. 6.1 Beregnet spredning av suspenderte partikler. Strømhastighet er 1 cm/s i retning fra fyllingen og mot vanninntaket, og det strømmende laget er 10 m mektig.

presisere at de beregnede verdier kommer i tillegg til det suspenderte materiale som allerede er naturlig i vannmassene.

Resultatene viser at desto mindre det strømmende laget er, desto større blir konsentrasjonen ved nordenden. Dette henger sammen med at vi har antatt at alt tilført materiale blir blandet i det strømmende lag. Dette er neppe riktig når mektigheten på laget avtar under f.eks. 10 m.

Et annet resultat er at konsentrasjonene ved nordenden blir større ved den laveste strømhastigheten. Dette henger sammen med at vannets uttynnende effekt ved store strømhastigheter betyr relativt mer enn den reduserte mengden suspendert materiale som rekker å sedimentere. Ved store strømhastigheter kommer følgelig mer materiale fram til nordenden, men det er mer uttynnet (lavere turbiditet). Dersom det strømmer mer vann til nordenden enn det som renner ut gjennom utløpet i Opo, vil vannet måtte dykke ned mot større dyp, slik at det blir en kompensasjonsstrøm den andre vegen.

Den største teoretiske konsentrasjonen kan en få ved svært lav strømhastighet (0,1 cm/s), 10 m mektighet på det strømmende lag og under forutsetning av at alt finstoff suspenderes i dette laget ved fyllingen. Vi antar at denne situasjonen er noe teoretisk, men den gir altså en maksimalverdi i overflatelaget nær utløpet på ca. 0,2 mg/l.

### Diskusjon

I vår modell har vi ikke tatt hensyn til evt. bakgrunnsverdier ved utslippet. Dersom strømmen først har gått mot sør, for deretter å snu mot nord, vil det allerede være suspenderte partikler i det vannet som passerer utslippet (fyllingen). Vi har her anslått denne tilleggseffekten til å maksimalt kunne øke konsentrasjonene med i størrelsesorden 10-20 %, og ser derfor bort fra dette.

De beregnede konsentrasjonene av suspendert materiale nær utløpselva og drikkevannsinntaket må alle vurderes som lave. Forutsatt at den antatte sammenheng mellom turbiditet og suspendert tørrstoff (fig. 5.3) er riktig, vil fyllingsarbeidet kunne øke turbiditeten med maksimalt 0,1-0,2 FTU. I vann under det strømmende laget (i praksis under temperatursprangskiktet), vil turbiditetsøkningen følgelig trolig være enda lavere.

Dersom en likevel antar at drikkevannet (inntak på 17 m) vil få tilsvarende økning som vannmassene over, blir det en teoretisk maksimal økning i turbiditet på 0,2 FTU. Øvre grense for drikkevann er 1,0 FTU, og som tidligere omtalt er turbiditeten periodevis over dette, ikke minst om sommeren.

For settefisk vil slike konsentrasjoner vi har beregnet være langt under oppgitte faregrenser på i størrelsesorden 25 mg/l (Braaten m. medarb. 1985). Denne faregrensen er riktignok noe

usikker og trolig for høy, og gjelder for naturlig eroderte korn. Faren for fisken må derfor evt. være knyttet til episoder med sterkt forhøyde konsentrasjoner (kap. 6.2), eller til effekter knyttet til partikkelformen (kap. 6.3).

Ettersom vi antar at alt finpartikulært materiale som følger med sprengsteinen kommer i suspensjon under selve fyllingsarbeidet, vil effektene etter at anleggsperioden er over relativt raskt bli redusert.

Den samlede tilførselen til Sandvinvatnet av finkornig materiale (leir/silt) fra sprengstein blir omlag 150 tonn. Dette er bare 3% av årlig tilførsel av breslam (kap. 5.2). Årsaken til at en likevel vurderer effektene av sprengsteinen er at mens breslammet stort sett følger ellevannet mot bunnen (fig. 5.5), vil partiklene fra sprengsteinen blande seg i overflatevannet.

#### Reduksjon av effekter

Selv om økningen i vannets innhold av suspendert materiale etter våre beregninger blir lav, synes vi likevel det er relevant å beskrive endel tiltak som kan redusere effektene mest mulig:

Bare bruke pallsprengt masse. I våre beregninger har vi tatt utgangspunkt i at pallsprengt masse ble brukt. Tunnelsprengt masse vil inneholde mer finstoff. Dersom en benytter masse fra Norzink's fjellhaller vil omlag 80 % av massen bli pallsprengt.

Utvelgelse av masse. Etter sprengning vanner en røysa i omlag en time for å binde nitrose gasser. Denne vaskingen vil samtidig føre til at finpartikler blir vasket ned mot bunnen av røysa. Den nederste delen av røysa blir derfor anriket av mer finstoff, og en bør derfor unngå å bruke disse massene.

Unngå uheldig årstid. Som det framgår av vedlegg 3 er turbiditeten i råvannet til vannverket størst i tidsrommet juni-september. For drikkevannet sin del vil derfor de andre årstidene være best for utføring av anleggsarbeidet.

Stopp ved ugunstige forhold. En kan tenke seg at en kontinuerlig målte turbiditeten både ute i vannet og fra råvannsinntaket til vannverket, kanskje da primært i de første dagene av anleggsfasen. Dersom verdiene skulle vise seg å bli større enn antatt, kunne en midlertidig stoppe anleggsarbeidet. Slike målinger ville samtidig bli en god test av de beregningene vi har gjort.

Valg av utfyllingsmetode. Det er mulig at en kan utføre utfyllingen slik at utvasking av finpartikler blir redusert. Det ideelle for å oppnå minst effekter er at en fyller ut en molo (lagune) og senere fyller ut innenfor. P.g.a. bratt bunn og stort dyp er dette trolig ikke mulig.

Begrense annen tilsvarende aktivitet. Det er planer om å senke vannstanden i Sandvinvatnet for å hindre flom over dyrka mark ved sørenden av vannet. En slik senkning må skje ved at en senker terskelen ved utløpet. Dette anleggsarbeidet kan føre til utvasking av finpartikulært materiale. I tillegg vil en senket vannstand føre til at bølgebasis blir tilsvarende lavere, og bølgene kan dermed vaske ut finpartikulært materiale som idag ligger for dypt. En bør også begrense eller utsette annet anleggsarbeid langs vannet eller langs vassdraget som kan føre til utvasking av finpartikulært materiale.

Forsiktig begynnelse. I tillegg til utvasking av finpartikler fra sprengsteinen, vil bunnsedimentene på grunt vann ved fyllingen kunne bli oppvirvlet. Vi antar riktignok at siden bunnen er såpass bratt, må det være begrenset med finkornige sedimenter. Vi vil anta at de geotekniske undersøkelsene som utføres vil kunne gi informasjon om dette. Ettersom det er noe usikkerhet knyttet til hvor mye som kan oppvirvles, vil det være fornuftig å begrense mengden av utfylt masse de første dagene.

Ettersom turbiditetsøkningen er direkte proposjonal med tilførsel av partikler, bør en ikke øke de daglige tilførselene av sprengstein utover de mengder vi har basert beregningene på (1700 tonn sprengstein). Ved å bruke lenger tid på hele fyllingsarbeidet, vil en følgelig også redusere økningen i turbiditet.

Dersom det skal gjøres annet arbeid ved fyllingen, som graving og sprenging, bør en også utføre dette med forsiktighet. Hvis dette arbeidet får et omfang som fører til at store sedimentmengder suspenderes, bør en unngå å sette igang utfyllingsarbeidet umiddelbart.

Vask av sprengstein. Det er teoretisk mulig å vaske sprengsteinen før den fylles ut i vannet. En slik vasking måtte da i tilfelle utføres nedenfor Sandvinvatnet for å unngå avrenning. Vi antar at dette ikke er nødvendig, p.g.a. de begrensede effektene.

I kap. 7 har vi sammenfattet de viktigste konsekvensene og de mest aktuelle effektreduserende tiltak.

## 6.2 Ras ut fra fyllingen

Bunnen er relativt bratt utenfor den planlagte fyllingen, se fig. 6.2. Det faller utenfor vårt arbeidsfelt å vurdere om de utfylte massene blir liggende stabilt i skråningen.

Dersom steinmaterialet skulle rase nedover hele skråningen, ned mot det flate bunnpartiet på omkring 120 m dyp, vil steinene kunne føre til oppvirvling av det finkornet bunnsedimentet (fig. 5.4). Et slikt ras vil også kunne løsne



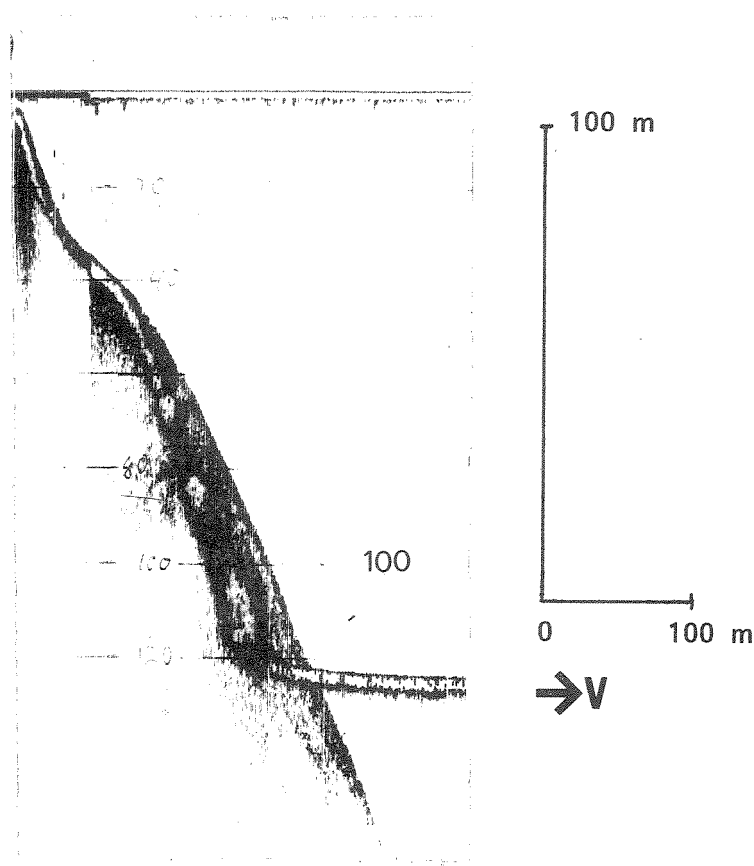


Fig. 6.2 Ekkogram fra skråningen utenfor fyllingsstedet. Midlere helning fra vannoverflaten og ned til det flate partiet på ca. 120 m dyp, er omlag  $35^\circ$ .

og transportere med seg sedimenter på skråningen ned mot bunnen. Resultatet av dette kan bli en såkalt tetthetsstrøm (turbidittstrøm), som er en strøm av vann med et stort innhold av sediment i suspensjon. En slik strøm kan ha en tetthet på opp mot  $1,2 \text{ g/cm}^3$  (Bjørlykke 1984).

Teoretisk kan strømmen bevege seg oppover bakke, selv om den da raskt vil redusere innholdet av suspendert materiale. Slike strømmer kan derfor føre til at innholdet av suspendert materiale også i overflatevannet kortvarig kan bli meget høyt.

#### Reduksjon av effekter

Vi vil anta at utbygger vil finne geotekniske løsninger for å forhindre slike ras nedover skråningen. Effektene av et ras vil trolig bli kortvarige, men likevel klart uønsket.

En bør vurdere faren for ras ned mot bunnen. Dersom dette kan skje, bør en vurdere et varslingsystem til settefiskanlegget og vannverket, slik at mulige mottiltak kan iverksettes.

### 6.3 Partikkelform

#### Problem

Ved fylling med sprengstein ut i et vassdrag i Trøndelag har NIVA og SINTEF antydnet at partikler i vannet kan være skadelig for settefisk. Teorien er at partikler som er særlig skarpkantet kan feste seg i gjellene, og dermed gi irritasjon og mulighet for bakteriesykdommer.

I det omtalte tilfellet førte dette til betydelig fiskedød. Miljøforholdene ble først undersøkt etterpå, og det er derfor knyttet flere usikkerheter til konklusjonene. Berggrunnen i det aktuelle området består av grønnstein, som i hovedsak inneholder mineralene plagioklas, kloritt og amfibol. Kloritt og amfibol kan opptre i form av nålformede partikler. En antar at det særlig er partikler i leir- og finsiltfraksjonen som er farlig. I dette tilfellet var konsentrasjonene av suspendert materiale i elvevannet ofte i størrelsesorden 5-20 mg/l, og periodevis trolig også mer enn dette. Settefiskanlegget benyttet sandfilter, og dette må iallefall delvis ha redusert innholdet av partikler i vannet inne i anlegget. Hovedkonklusjonen er likevel at kombinasjonen farlig partikkelform og høyt innhold av suspendert materiale kan være dødelig for settefisk.

#### Diskusjon

Etter våre beregninger vil utfyllingen føre til økning i partikkelkonsentrasjoner i elvevannet på opp mot 0,1-0,2 mg/l (kap. 6.1), altså betydelig mindre enn tilfellet i Trøndelag. Granitt består av kvarts, feltspat og biotitt. Kvarts og feltspat i sprengt masse kan være skarpkantet, men partikkelformen er mer kubisk (Vigerust & Njøs 1986). Biotitt er et glimmermineral, og formen er bladformig og er påvist nokså skarpkantet i sprengstein. Selv om biotitt-innholdet i granitten i Odda er relativt lavt, vil den utgjøre en større andel i de fine fraksjonene fordi det er vanskeligere å knuse kvarts- og feltspatkornene i bergarten.

Vi vet ennå for lite om effektene for settefisk av partikler fra sprengstein, til å trekke sikre konklusjoner. Vi antar at partikler fra sprengstein er mer skarpkantet en naturlig eroderte korn, selv om dette opplagt kan diskuteres for partikler i leir-/finsiltfraksjonen. Videre kan det tenkes at det er andre egenskaper ved de sprengte partiklene, f.eks. kan overflatepotensialet være vesentlig annerledes enn for naturlig eroderte partikler. Det er følgelig behov for mer kunnskap om disse problemstillingene.

En skal heller ikke glemme at den miljøbelastningen skarpkantete korn representerer kommer i tillegg til evt. andre miljøbelastninger som f.eks. et naturlig høyt innhold av

suspenderte partikler i vannet, eller episoder med surt vann. Vi vil likevel anta at muligheten for dødelighet eller redusert vekt på fisken i dette tilfellet er relativt små p.g.a. den lave økningen i innhold av suspendert materiale og antatt mindre farlig partikkelform.

### Reduksjon av effekter

Unngå uheldig årstid. Settefisk er mest utsatt for ytre påkjenninger ved startforingen (i dette tilfellet i april) og ved smoltifiseringen i mars-mai. Videre er tilførselen av naturlig erodert suspendert materiale (breslam) størst om sommeren.

Prøvetaking. I vedlegg 5 har vi foreslått et enkelt overvåkings- og prøvetakingsprogram som kan gå parallelt med anleggsarbeidet. Dette vil ikke garantere mot skader, men en vil ha muligheten for å sette inn mottiltak tidlig og vil også tjene som dokumentasjon for avklaring av mulige skadeårsaker.

## 6.4 Økt nitrogen-tilførsel

### Problem

NIVA har tidligere (Lande 1986) påvist at sprengstoffrester i sprengstein kan medføre økt innhold av nitrat i vannet, under ugunstige forhold kan verdiene overstige kravene til drikkevann.

Nitrattilførselen er avhengig av type sprengstoff og hvordan fyllingen kommer i kontakt med vann. I dette tilfellet vil vi anta at fordi den utfylte masse vaskes i vannet ved fyllingsarbeidet, vil mesteparten av nitrogenet bli tilført vannet under anleggsfasen.

Ved selve sprengningen blir det som tidligere nevnt dannet nitrøse gasser. Erfaringene fra Lande (1986) viser likevel at endel nitrogen følger med sprengsteinen.

### Sprengstofftyper og mengder

Sprengstoff som benyttes av Norzink i fjellhallene er av to typer:

1. Dynamitt
2. Anfo-anolitt

Ved pallsprengning benytter Norzink omlag 0,2 kg dynamitt og 1,0 kg Anfo pr. m<sup>3</sup> fast fjell, til tunnelsprengning omtrent det dobbelte. For å spreng ut 31.000 m<sup>3</sup>, trengs det derfor følgelig 37 tonn sprengstoff. Dette tilsvarer omtrent 12 tonn nitrogen.

Nå vet vi ikke sikkert hvilke mengder som vil følge med sprengsteinen. Hvis vi antar at halvparten følger med sprengsteinen, vil Sandvinvatnet få tilført 6 tonn nitrogen, hovedsaklig da som nitrat. Fordelt over 60 anleggsdager, blir dette 100 kg daglig. Hvis vi antar at nitraten løser seg i vann, kan det sedimentologisk sammenliknes med fin leir som vi har antatt ikke sedimenterer i ferskvann (kap. 6.1). Fig. 6.3 viser hvordan et daglig utslipp på 300 kg leir sprer seg i vannet. Forutsetningene er her strømhastighet 1 cm/s rett mot vanninntaket, og innblanding og transport i de øverste 20 m. Konsentrasjonen er da beregnet til 0,02 mg/l ved utløpet av Sandvinvatnet.

Det er bare 1/3 så mye nitrogen i forhold til mengden leir som tilføres daglig, men vi har likevel regnet forsiktig og antatt at konsentrasjonsverdiene blir de samme.

En nitratverdi på 0,02 mg/l er bare omlag 1% av maksimalgrensa for drikkevann (Sosialdepartementet 1976). Videre er denne verdien omlag 20% av de påviste verdiene i vannet 15. oktober -87 (se kap. 5). Selv i nærområdet til fyllingen blir de beregnete verdiene bare omlag 10 % av grenseverdiene for drikkevann.

En grov beregning av hvor mye nitrogen som tilføres Sandvinvatnet årlig gjennom nedbør og avrenning fra ulike arealtyper i nedbørfeltet, kan ved bruk av beregningsmetoder gitt av Vennerød (1984), anslås til over 50 tonn. Dette er altså omlag 10 ganger mer enn det som tilføres fra steinfyllingen.

### Konklusjon

Økningen i vannets nitrogeninnhold som følge av utfylling med sprengstein kan anslås til i størrelsesorden 10% i forhold til dagens nivå. Effekten vil vare under hele anleggsfasen, og vil gradvis avta i tida etterpå. Sandvinvatnet er et oligotroft vann, der både fosfor- og nitrogeninnholdet er lavt. Trolig er fosfor et mer begrensende næringssalt enn nitrogen for vekst av planteplankton (alger). Økningen i nitratinhold antas å ikke ha betydning for vannkvaliteten, kanskje med unntak av nærområdet til fyllingen.

### Reduksjon av effekter

Bruk av pallsprengt stein. Våre beregninger bygger på at det benyttes pallsprengt stein. Tilførselene vil fordobles dersom en benytter tunnelsprengt stein. Selv om effektene av nitrattilførsel er antatt små eller ubetydelige, bør en likevel prøve å redusere tilførselene når dette er mulig.

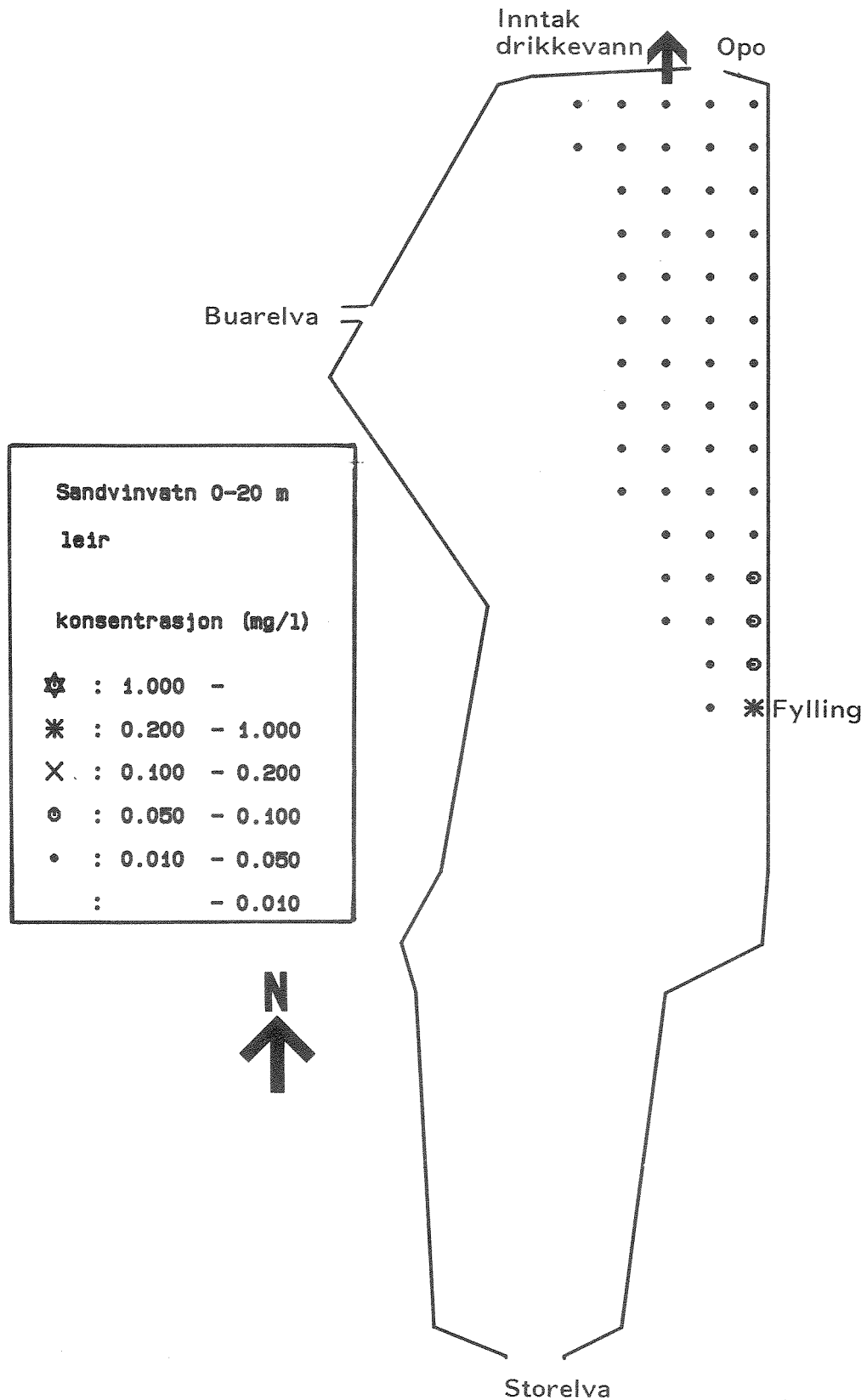


Fig. 6.3 Modell for spredning av nitrat fra utfyllingen i Sandvinvatnet. Strømhastighet 1 cm/s rett mot vanninntaket.

## 6.5 Bruk av maskiner

### Problem

Sandvinvatnet er drikkevannskilde for 6500 innbyggere (kap. 4). Selv om en alltid bør unngå å forurense vann, må en selvsagt være spesielt oppmerksom når det gjelder drikkevann.

Ved en steinfylling vil det bli benyttet ulike typer maskiner og kjøretøy. Under fyllingsarbeidet vil vi anta at det foruten lastebiler, også kan være behov for gravemaskiner, bulldozere, o.l. Alle disse er drevet med diesel, og benytter olje i motor og hydraulikk. Dessuten kan det tenkes at maskinene tidligere er benyttet til transport av andre, og kanskje mer farlige stoff enn sprengstein.

### Reduksjon av effekter

Unngå oljesøl. Vi foreslår at en på ulike vis må sikre seg mot at vannet tilføres olje fra maskinene. Det vil være naturlig at påfylling og lagring av smøreolje ikke skjer ved anleggsområdet, men heller nedstrøms utløpet av Sandvinvatnet. Videre bør en vurdere sikringstiltak mot søl av diesel ved drivstoffylling og lagring.

Vask av maskiner. Dersom redskap/maskiner har vært benyttet til transport av farlige stoffer, som f.eks, stoff infisert av bakterier, forurenset av tungmetall eller andre miljøgifter, osv., bør en sørge for at redskapen er tilfredsstillende rengjort før den tas i bruk. En bør også vurdere å sette som krav at maskinene bare benyttes til dette ene prosjektet under anleggsfasen.

Forurensing i fjellhallene. Dersom Norzink har begynt å fylle avfallstoffer fra produksjonen i fjellhallene, må en sikre seg mot at dette på noen måte kan følge bilene opp til Sandvinvatnet.

## 7. Konklusjon

De samlede kjente effektene av å fylle sprengstein ut i Sandvinvatnet synes å være begrenset, både med hensyn til endring av drikkevannskvaliteten og vannkvaliteten for settefiskanlegget i Opo. Vi anbefaler at de effektreduserende tiltak som er foreslått i kap. 6 gjennomføres så langt det er mulig. For noen av tiltakene krever det kontakt og informasjon til kommune og andre offentlige og private instanser.

Samtlige effekter vi har vurdert vil avta raskt etter at anleggsarbeidet er over.

Etter vårt syn er det to forhold som står som de viktigste problemstillingene:

- a) Er den mulige økningen i turbiditet i drikkevannet akseptabel?
- b) Er muligheten til stede for dødelighet/reduert vekst for settefisken i anlegget i utløpselva?

### Økt turbiditet

Vi har antatt at under ugunstige forhold kan fyllingen føre til en økning i turbiditet på opp mot 0,2 FTU i overflatevannet nær drikkevannsinntaket. Den vil normalt bli lavere i råvannet til drikkevannet, fordi inntaket er under temperatursprangskiktet. For at vannet skal få den beregnede økningen må det foreligge en kombinasjon av uheldige forhold, som statistisk sett er lite sannsynlig. Vi antar derfor at den maksimale økningen i turbiditet under anleggsfasen vil bli 0,1 FTU, altså en økning på 10% av grensekravet til drikkevann som er satt til 1,0 FTU.

Dersom de tiltak vi har foreslått i kap. 6.1 gjennomføres, skulle en være rimelig sikker på at turbiditetsøkningen ikke blir mer enn det vi har antydnet. Selv om den antatte økningen er liten, kan det være ønskelig at økningen kommer på tider av året da turbiditeten ellers er lav. Dette fører til at en bør vurdere å unngå utfyllingsarbeid i månedene juni-september. I perioder med isdekke kan en også få forhold som gir lave strømhastigheter og lav vannføring i Opo, slik at økningen i turbiditet blir større enn ved andre årstider.

De viktigste effektreduserende tiltak er å bare benytte pallsprengt stein, begynne forsiktig, unngå uheldig årstid og ikke ha annen tilsvarende anleggsvirksomhet samtidig i Sandvinvatnet eller langs vassdrag i nedbørfeltet.

### Partikkelform

Vi har antatt at utfyllingen ikke behøver å få noen virkning for settefiskanlegget. Den minst farlige tida for settefisken

sin del er høsten, og utover vinteren til smoltifiseringen og startforingen tar til. En bør derfor vurdere å utføre arbeidet da hvis det ellers er mulig. Hvis en likevel velger å utføre arbeidet om våren, vil det etter vårt syn være noe større behov for oppfølgende undersøkelser i settefiskanlegget.

### Beste tidsrom

Selv om effektene trolig ikke blir store, er det argumenter for å velge det minst kritiske tidspunktet for å utføre fyllingsarbeidet. Den beste tida blir derfor tidsrommet fra begynnelsen av oktober og ut februar, der høstmånedene peker seg ut som mest ønskelig.

### Videre undersøkelser

Fordi det er utført få praktiske forsøk med forurensing fra vegbygging i Norge, vil vi foreslå at en nærmere vurderer å gjennomføre oppfølgende undersøkelser i anleggsfasen. Resultater fra utenlandske undersøkelser av slik forurensing kan ikke uten videre overføres til norske forhold, fordi vi benytter relativt mye sprengstein, det er oftest et relativt tynt og sparsomt løsmassedekke, og topografien er bratt.

Slike undersøkelser bør være rettet inn mot to problemstillinger:

- a) Spredning av partikler i vann
- b) Effekter av kornform på settefisk

Vedr. a) vil et oppfølgende prosjekt bestå i måling av partikkeltransport i Sandvinvatnet i ulik avstand og dybde fra fyllingsstedet. Dette vil dels bidra til å teste våre modellberegninger, dels vil det bidra til at en får økt faglig kunnskap ved tilsvarende prosjekt i framtida. Videre bør vannverket foreta hyppige målinger av turbiditet og vannkvalitet ellers under utfyllingsarbeidet.

Vedr. b) har vi foreslått at en en vurderer å igangsette noen oppfølgende undersøkelser, som er presentert i vedlegg 5.



Litteratur

- Berge, D. 1987. Fosforbelastning og respons i grunne og middels grunne innsjøer. NIVA-rapport O-85110. 44 s.
- Bjørlykke, K. 1984. Lærebok i sedimentologi og petroleumsgeologi. Universitetsforlaget. 285 s.
- Braaten, B., Damhaug, T., Grande, M. & Maroni, K. 1985. Teknologi og miljø i oppdrettsnæringen. NIVA-rapport O-84159-84160. 63 s.
- Faafeng, B., Brettum, P. & Løvik, J.E. Slamtransport i Dokka og nordre del av Randsfjorden høsten 1986 - våren 1987. NIVA-rapport O-86206. 28 s.
- Håkanson, L. & Jansson, M. 1983. Principles of Lake Sedimentology. Springer-Verlag. 318 s.
- Ibrekk, H.O. 1985. Konsekvenser ved vegbygging i og langs vassdrag. NIVA-rapport O-84107. 61 s.
- Kjeldsen, O. 1981. Materialtransportundersøkelser i norske breelver 1980. NVE-vassdragsdirektoratet, Hydrologisk avdeling. Rapport nr. 4-81. 41. s.
- Lande, A. 1986. Nitrogenavrenning fra sprengstein i Øvre Otra. NIVA-rapport O-83143. 39 s.
- Norges offentlige utredninger. 1976. Verneplan for vassdrag. NOU 1976: 15. 150 s.
- Sosialdepartementet. 1976. Kvalitetskrav til vann. Sanitærkjemisk avdeling, Statens institutt for folkehelse. 52 s.
- Statens Institutt for folkehelse. 1985. Veiledning i enkel vannkildeundersøkelse. Prøveprogrammer og uttak av vannprøver. 17 s.
- Tjomsland, T. & Molvær, J. 1986. Test av en enkel matematisk spredningsmodell på Glomfjord. NIVA-rapport E-86665. 29 s.
- Vennerød, K. 1984. Håndbok i innsamling av data om forureningsstilførsler til vassdrag og fjorder. NIVA-rapport O-82014/F-82436. 48 s.
- Vigerust, E. & Njøs, A. 1986. Sprengstein - sammensetning og vannhusholdning. NVE-Vassdragsdirektoratet, Natur- og landskapsavdelingen. VN-rapport nr. 10. 32 s.
- Wangen, O.P. & Rye, N. 1983. Grusundersøkelser i Hordaland fylke, Odda kommune. Veglaboratoriet. Rapport R-119A, nr. 8. 6 s.

Østrem, G. & Olsen, H.C. 1987. Sedimentation in a glacier lake. Geogr. Ann. 69A (1): 123-138.

Østrem, G. & Ziegler, T. 1969. Atlas over breer i Sør-Norge. NVE, Hydrologisk avdeling. Meddelelse nr. 20. 208 s.

## VEDLEGG

1. Opplodding av Sandvinvatnet
2. Vannføring ved utløpet av Sandvinvatnet i 1986 og -87
3. Vannkvalitet, råvannet til vannverket i Odda
4. Hydrografiske observasjoner 15. oktober 1987
5. Forslag til overvåking av vannkvalitet i settefiskanlegg

### OPPLODDING AV SANDVIN VATNET

#### Utstyr

Opploddingsarbeidet er utført med en åpen båt, ca. 14 fot, med en liten påhengsmotor. Ekkolodd som er benyttet er av type Furuno FE-606, med en svingerfrekvens på 200 kHz. Til posisjonering er det valgt ut siktepunkt, og en har gått med konstant hastighet. Dette fører til at det vil bli noe unøyaktig posisjonering sammenliknet med f.eks. radioposisjonering.

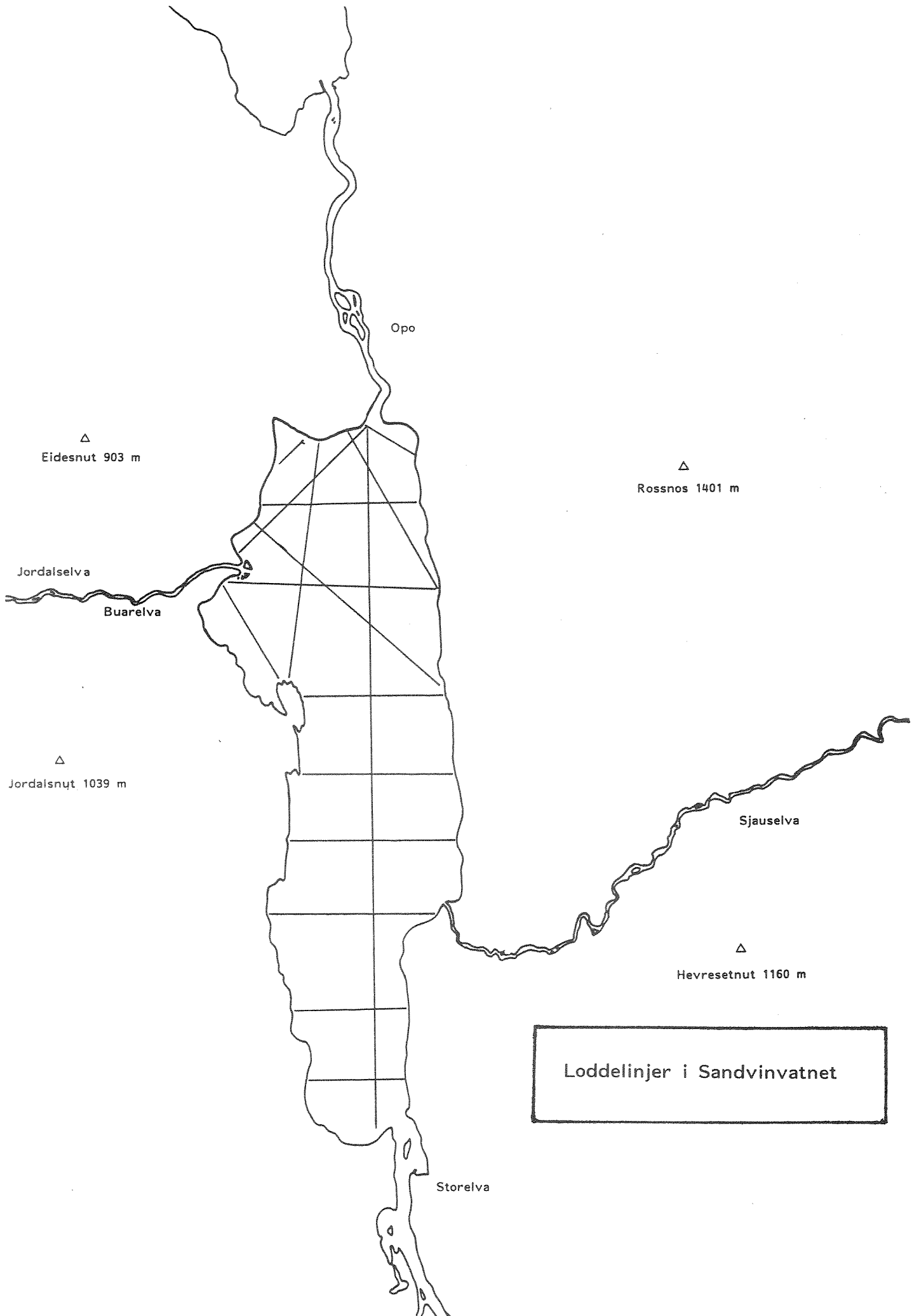
#### Tetthet mellom målelinjer

Figuren under viser hvilke linjer det er målt langs. Sammenliknet med normer for dybdemålinger utført av Norges sjøkartverk er det klart at vi har for stor linjeavstand. Vårt dybdekart (fig. 3.3 i rapporten) viser derfor bare hovedtrekkene i bunntopografien, og detaljer mellom målelinjene er ikke registrert. Vårt formål har vært å få kartlagt hovedtrekkene i bunntopografien, slik at bl.a. innsjøens volum kunne beregnes.

I tillegg til våre oppmålinger, har vi benyttet noen oppmålinger Odda kommune tidligere har utført i den nordvestre del av vannet.

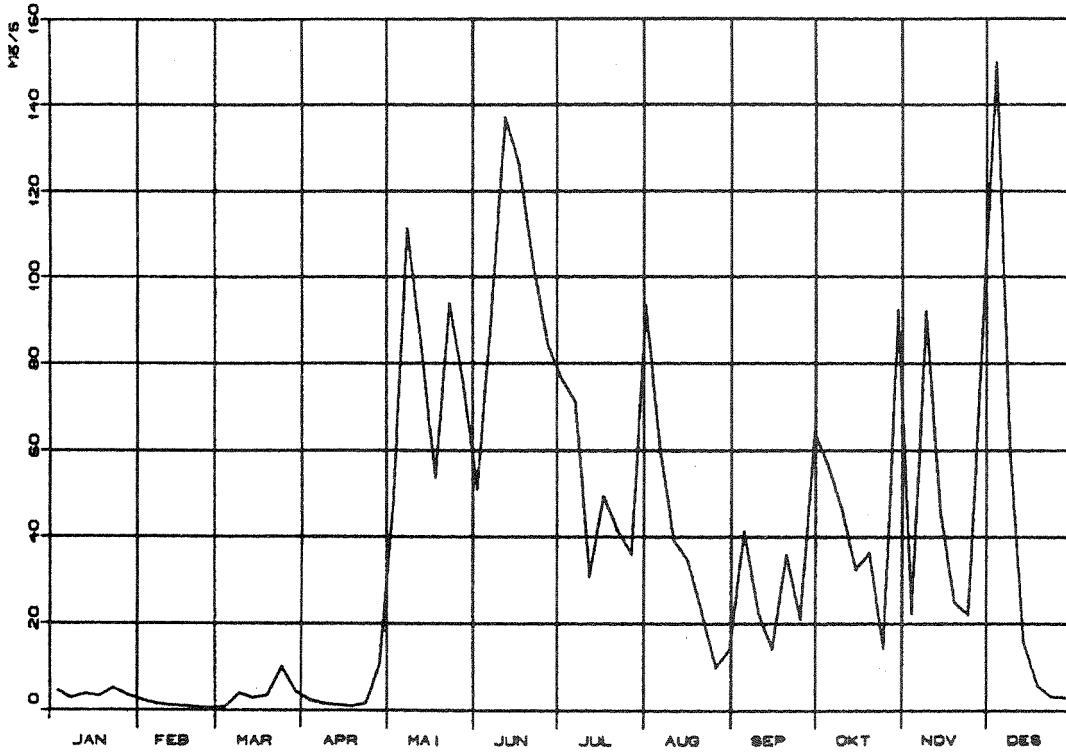
#### Konstruksjon av kart

Dybdene er overført fra ekkogrammene til et arbeidskart. Dette arbeidskartet er så benyttet som grunnlag for opptrekking av dybdekurver basert på interpolering.

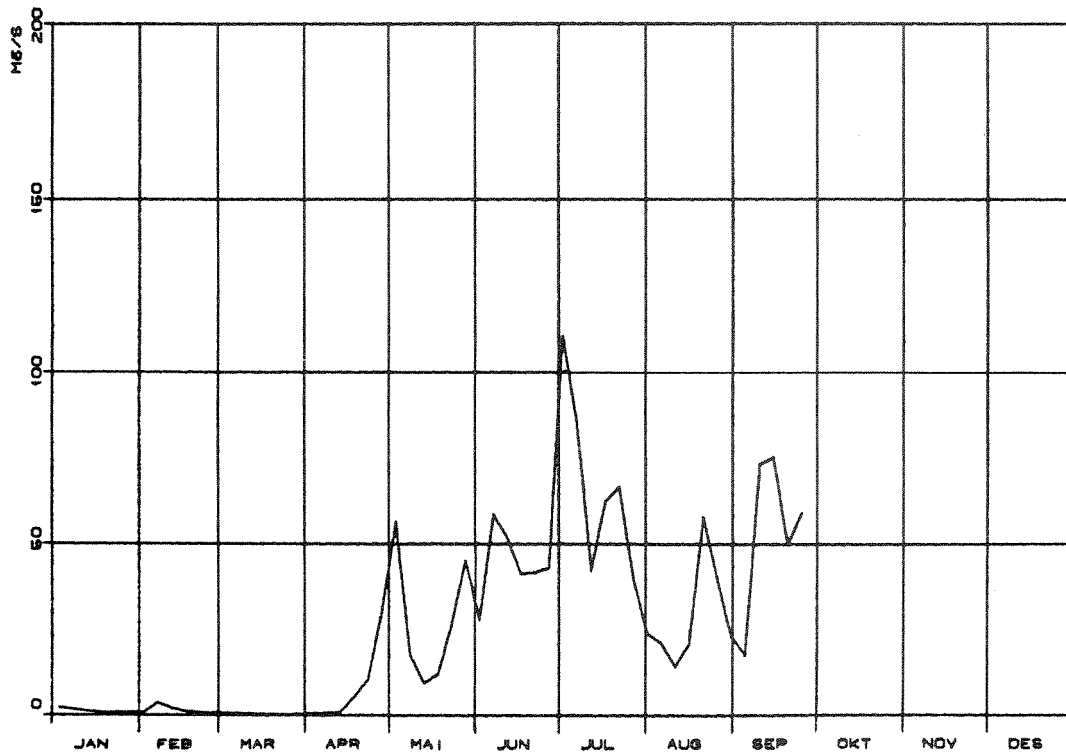


Loddelinjer i Sandvinvatnet

VANNFØRINGSDATA (6-DØGNSMIDLER) | 1986  
 STASJON: 581 - 0 SANDVENVATN



VANNFØRINGSDATA (6-DØGNSMIDLER) | 1987  
 STASJON: 581 - 0 SANDVENVATN



# Indre Hardanger Næringsmiddelkontroll

Telefon 054. 41404 - Eittheimsvegen 52, 5750 Odda

Vedlegg 3

NIVA - Vestlandsøvd.  
Breiviken 5  
5035 Bergen-Sandviken.

Deres ref.

Vår ref.

Dato 3 november 1987.

PRØVER AV RÅVATN FRÅ SANDVINSVATNET I 1986.

1986	Dato	pH	Kond.	Turb.	Coliforme	Termostabile	Totalkim
	7/1	5,5	10	0,6	7		126
	14/1	5,8	13	0,7	5		137
	21/1	4,8	10	0,5	12		178
	29/1	-	36	1,2	0		1920
	18/2	6,1	11	0,5	0		105
	25/2	6,0	28	0,5	2		46
	4/3	5,9	12	0,5	2		92
	11/3	5,9	13	0,5	2		100
	18/3	5,9	66	0,5			346
	1/4	6,2	17	0,6	8		920
	8/4	6,1	14	0,6	2		253
	15/4	6,0	20	0,7	3		159
	22/4	6,0	16	0,5	1		115
	6/5	6,0	19	0,5	6		99
	13/5				9		326
	20/5	5,8	14		2		235
	27/5	6,1	22		5		258
	4/6	6,2	11		1		260
	10/6	6,0	13		7		194
	17/6	6,3	8,8		1		144
	24/6				2		52
	30/6				1		12
	8/7				4		58
	22/7				6		118
	29/7				2		184
	5/8	5,7	4,8	0,9	51		242

# Indre Hardanger Næringsmiddelkontroll

Telefon 054. 41404 - Eittheimsvegen 52, 5750 Odda

Odda Kommune,  
Teknisk. Etat,  
5750 Odda.

Deres ref.

Vår ref.

Dato 15 september 1987.

## RESULTAT AV VANNPRØVER FRA RÅVANN-UTLØP AV SANDVINSVANNET (SILHUSET).

Dato 1987	Coliforme pr. 100 ml	Totalkim pr. ml	pH	Ledn.evne uS/cm	Turbiditet, NTU	Hardhet, mmol/l
6/1	8	101	5,96	22,0	0,43	
13/1	8	105	5,55	8,5	0,55	
20/1	3	72	5,7	5,0	0,75	0,05
27/1	1	80	5,66	0,8	0,35	0,04
3/2	4	81	6,11	15,0	0,34	0,04
10/2	4	194	5,52	10,0	0,28	
17/2	3	206	5,48	5,0	0,25	
24/2	2	235	5,60	7,0	0,25	
3/3	6	173	5,75	22,0	0,27	0,04
10/3	1	158	5,67	7,0	0,27	
17/3	2	96	5,94	10,0	0,31	
24/3	0	99	5,89	9,0	0,28	
31/3	3	120	5,62	10,0	0,25	
7/4	8	145	5,80	9,0	0,30	
21/4	1	213	5,85	8,5	0,39	
28/4	2	85	6,07	28,0	0,37	
5/5	4	160	5,88	11,0	0,3	
12/5	3	115	5,91	29,0	0,24	
19/5	1	90	5,96	10,1	0,25	
26/5	5	72	6,41	15,0	0,33	
2/6	7	42	6,06	11,5	0,25	
9/6	1	120	6,03	11,5	0,26	
16/6	1	67	5,68	10,0	0,47	
23/6	1	76	6,23	9,0	0,50	
30/6	1	49	5,84	11,0	0,78	



Dato	pH	Kond.	Turb.	Coliforme	Termostabile	Totaltall
12/8				5		174
19/8	6,7	12	-	10		92
26/8				6		85
9/9	5,6	8,5	1,2	13		235
16/9	5,2	7,5	1,0	10		141
23/9	4,5	5,0	-	22		263
30/9	5,2	7,0	-	11		278
7/10	5,0	6,0	-	16		-
14/10	5,6	1,5	-	25		257
21/10	5,5	6,3	-	7		162
28/10				10		152
4/11				12		156
11/11	5,5	7,0		21		238
18/11	5,6	11		13		215
25/11	5,3	3,0		17		196
27/11				20		166
2/12	5,7	14		12		178
9/12	6,0	14		31		157
16/12	5,6	19		12		215
23/12	5,5	12	0,5	17		208

Eg går ut frå at inntaksdjupet kan ha veksla, både over og under sprangsjiktet.

Dato	Coliforme pr. 100 ml	Totalkim pr. ml	pH	Ledn.evne uS/cm	Turbiditet, NTU	Hardhet, mmol/l
7/7	12	260	5,90	18,0	1,0	
14/7	7	140				
21/7	5	96	6,45	5,7	1,1	<0,1
28/7	2	< 300	5,83	6,5	1,5	
5/8	1	68	5,74	8,5	2,0	
11/8	1	76	5,92	6,0	1,3	
18/8	13	75	6,69	9,0	1,0	
25/8	32	335	5,1	8,4	1,5	

Helsing

*Agnar Kvellestad*

Agnar Kvellestad  
kommuneveterinær

PRØVER AV RÅVATTN FRÅ SANDVINSVATTNET 1 SEPTEMBER OG OKTOBER 1987.

Dato	pH	Kond.	Turb.	Coliforme	Termostabile	Totaltall
1/9	5,1	7,0	1,7	0		9
8/9	5,3	7,6	1,2	11	0	232
15/9	5,8	8	1,2	52	2	390
22/9	5,5	10,5	1,2	22	2	327
29/9	5,2	5,2	1,0	18	0	198
6/10	5,2	8,2	0,8	2	0	157
13/10	5,6	8,0	0,9	6	4	215
15/10	5,8	6,1	0,9	21	0	171
20/10	5,2	10	0,9	23	1	299
22/10	5,9	8,4	1,0	8	2	270
27/10	5,3	9,8	0,9	16	1	400

Inntaksdjup i ca. 17 m heile tida frå i førstninga av ~~oktober~~ <sup>august</sup>.  
 Coliforme bakteriar er bestemt ved membranfiltermetoden etter Norsk Standard.

Helsing

*Egner Fvellingstad*  
 Egner Fvellingstad  
 kommuneveteriner

# HYDROGRAFISKE OBSERVASJONAR

## Vedlegg 4

Stad: SANDVINVATNET				Utfyllt av: SØK			Prosjektnr.: 87165		
Stasjonsnamn	Stasjonsnr.	Posisjon	Dato	Klokka	Botndjup	Siktedjup	Lufttemp.	Vind	
	1	N: E:	15/10-87	09.00	125	6,0	8,5°C	Retn. : stille Styrke:	

Djup	Temp.	Sal.	Oxy.	Djup	Temp.	Sal.	Oxy.	Djup	Temp.	Sal.	Oxy.
0	7,1			12	7,1			55	4,5		
1	7,1			14	7,1			60	4,43		
2	7,1			16	7,1			65			
3	7,1			18	7,1			70	4,4		
4	7,1			20	7,1			75			
5	7,1			25	7,1			80	4,35		
6	7,1			30	7,0			85			
7	7,1			35	6,9			90	4,25		
8	7,1			40	6,1			95			
9	7,1			45	5,3			100			
10	7,1			50	5,0						

### VANNHENTARDATA:

Djup	Oksygen		Oksygen, metning		Andre prøver
	Fl.nr.	Verdi (ml/l)	Fl.nr.	Verdi ( % )	T°C
3	233	8,20		96,9	7,1
10	806	8,19		96,8	7,1
20	232	8,25		97,3	7,0
50	811	8,44		94,3	4,9
120	234	7,64		84,7	4,6

MERKNADER: Farge mot secchiskive: Lys grønn

Forslag til overvåking av vannkvaliteten i settefiskanlegget i Opo.

### Bakgrunn

Hensikten er dels å redusere muligheten for skade på settefisk i anlegget, dels å sikre seg data som vil kunne avklare evt. årsaksforhold dersom noe skulle gå galt i anleggsperioden. I tillegg vil det øke kunnskapen om mulige skadevirkninger på fisk fra sprengstein.

### Program

#### Vannkvalitet

Vannkvaliteten i vassdraget kartlegges før oppstartning av anleggsvirksomhet. Vannprøver tas ut fra settefiskanleggets inntaksvann i elva.

Følgende parametre synes aktuelle: pH, ledningsevne, suspendert tørrstoff, suspendert gløderest, organisk karbon, Ca, Mg, Na, K, Cl, NO<sub>3</sub>-N, NH<sub>4</sub>-N, SO<sub>4</sub>, alkalitet, reaktiv, illabil og total Al, Cu, Fe.

Tilsvarende prøve tas ca. en uke etter anleggsstart.

#### Daglige vannprøver

Ved anlegget tar en daglige vannprøver fra inntaksvannet i elva. Prøvene tas på flasker merket fra 1 til 31. Daglig kaster en den eldste prøven, og flasken skylles og påfylles nytt vann. Prøvene oppbevares i kjøleskap.

Dersom det skulle bryte ut sykdom, eller dødelighet, tar en umiddelbart en ny vannprøve, og NIVA kontaktes. En bør samtidig ta ut prøver av død/syk fisk som fryses eller legges på 10% bufret formalin.

#### Gjelleprøver

Det tas gjelleprøver av levende fisk to ganger i uka. Disse legges på 10% bufret formalin, og lagres. I tillegg tas det ut en prøve før anleggsarbeidet starter, og en prøve i måneden under anleggsarbeidet. Disse legges på formalin og sendes NIVA for studie av partikler.

#### Turbiditet

NIVA har apparatur for automatisk kontinuerlig måling av turbiditet og pH. Dette innstales for måling av inntaksvannet til settefiskanlegget.