

RAPPORT LNR 3614-97

Miljøkonsekvensvurdering i  
forbindelse med utvidelse av  
Malerød Steinindustri

**G**jenfylling av nordre  
Malerødtjern med  
skrotstein



**Hovedkontor**

Postboks 173, Kjelsås  
0411 Oslo  
Telefon (47) 22 18 51 00  
Telefax (47) 22 18 52 00

**Sørlandsavdelingen**

Televeien 1  
4890 Grimstad  
Telefon (47) 37 04 30 33  
Telefax (47) 37 04 45 13

**Østlandsavdelingen**

Rute 866  
2312 Ottestad  
Telefon (47) 62 57 64 00  
Telefax (47) 62 57 66 53

**Vestlandsavdelingen**

Thormøhlensgt 55  
5008 Bergen  
Telefon (47) 55 32 56 40  
Telefax (47) 55 32 88 33

**Akvaplan-NIVA A/S**

Søndre Tollbugate 3  
9000 Tromsø  
Telefon (47) 77 68 52 80  
Telefax (47) 77 68 05 09

Tittel Miljøkonsekvensvurdering i forbindelse med utvidelse av Malerød Steinindustri: Gjenfylling av Nordre Malerødtjern med skrotstein	Løpenr. (for bestilling) 3614-97	Dato 17/2-97
	Prosjektnr. Undernr. O-96286	Sider Pris 16
Forfatter(e) Dag Berge Torulv Tjomsland Rolf Tore Arnesen Eigil Rune Iversen	Fagområde Vassdrag	Distribusjon Fri
	Geografisk område Vestfold	Trykket NIVA

Oppdragsgiver(e) Fritzøe Blue Pearl AS	Oppdragsreferanse
---	-------------------

<p>Sammendrag</p> <p>I forbindelse med reguleringsplanene for utvidelse av Malerød Steinindustri vurderes Nordre Malerødtjern brukt som skrotsteindeponi. NIVA har gjort en konsekvensvurdering av denne gjenfyllingen for det nedenforliggende vassdrag. De hydrologisk konsekvensene blir ubetydelige. Det planlagte sedimenteringsbassenget nedstrøms Malerødtjern vil fange opp det meste av finmateriale fra skrotsteintippen. Utstrakt tipping av skrotstein bør ikke foretas i ekstreme flomperioder, da oppvirvlet myr/sedimentmateriale vil kunne vaskes nedover til Paulertjernet og øke den organiske belastningen på tjernet. Utenom disse periodene vil det det aller meste av oppvirvlet myrmateriale sedimentere i sedimentasjonsbassenget. Avrenning fra steinbruddssvirkomheten har en gunstig virkning på vassdragets pH som er tydelig høyere på de påvirkede strekninger. Aluminiumskonsentrasjonene er imidlertid høye i avrenningsvannet, og under episoder med sur nedbør eller snøsmelting, kan det oppstå kortvarige blandsoner med giftig labilt aluminium. Effekten vil ikke nå ned til Paulertjern og Eikedalsbekken. Direkte avrenning fra bruddet, og utpumping av vann herfra vil trolig være et større problem enn avrenning fra skrotsteintipp i nordre Malerødtjern. Vann som ledes/pumpes konsentrert ut av bruddet, burde infiltreres i terrenget i stedet for å ledes direkte til vassdrag.</p>
--

<p>Fire norske emneord</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Steinbrudd</li> <li>2. Skrotsteintipp</li> <li>3. Miljøkonsekvensvurdering</li> <li>4. Vannforurensning</li> </ol>	<p>Fire engelske emneord</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Rock processing industry</li> <li>2. Waste rock deposit</li> <li>3. Environmental impact assessment</li> <li>4. Water pollution</li> </ol>
---	---

  
Dag Berge  
Prosjektleder

ISBN 82-577-3170-6

  
Merete Johannessen  
Forskningsdirektør

Norsk institutt for vannforskning  
Oslo

Miljøkonsekvensvurdering i forbindelse med utvidelse av

Malerød Steinindustri:

**Gjenfylling av Nordre Malerødtjern med skrotstein**

NIVA, Brekke 17/2-1997

Saksbehandler: Dag Berge  
Medarbeidere : Torulv Tjomsland  
Eigil Rune Iversen  
Rolf Tore Arnesen  
Birger Bjerkeng

# Innhold

<b>1. Sammendrag og Konklusjon</b>	<b>4</b>
<b>2. Innledning</b>	<b>5</b>
<b>3. Materiale og metoder</b>	<b>5</b>
<b>4. Malerødbekkens nedbørfeltet</b>	<b>5</b>
<b>5. Resultater og diskusjon</b>	<b>8</b>
5.1 Effekter på hydrologi	8
5.2 Effekter på vannkjemiske forhold	8
5.3 Partiklens sedimenteringsegenskaper	11
5.3.1 Forsøk med "Long-tube"	11
5.3.2 Hvor langt kommer partiklene	13
<b>6. Avbøtende tiltak</b>	<b>13</b>
<b>7. Litteraturreferanser</b>	<b>15</b>
<b>8. Primærtabeller</b>	<b>16</b>

---

# 1. Sammendrag og Konklusjon

Gjenfylling av Nordre Malerødtjern med skrotstein vil få ubetydelige hydrologiske effekter. For å unngå at overflateforurensning drenerer mot Farris, dvs. vannstrømmen snues, bør det anlegges en voll i nordre enden av tjernet tidlig i oppfyllingsperioden samt å passe på at denne alltid er høyere enn den øvrige fyllingen. Når fyllingen er ferdig bør den helle svakt mot syd. Med disse foranstaltninger skulle det ikke være noen fare for at dreneringsretningen snues.

Gjenfyllingen av Nordre Paulertjern vil ikke få nevneverdig betydning med hensyn til vannforurensning av det nedenforliggende vassdrag så fremt det planlagte store sedimenteringsbassenget bygges først. Beregninger viser at omlag 60% av finmaterialet fra skrotsteintippingen vil sedimentere i dette bassenget. Utstrakt tipping av skrotstein bør ikke foretas i ekstreme flomperioder, da oppvirvlet myr/sedimentmateriale vil kunne vaskes nedover til Paulertjernet og øke den organiske belastningen på tjernet. Utenom disse periodene vil det det aller meste av oppvirvlet myrmateriale sedimentere i sedimentasjonsbassenget.

Avrenning fra steinbrudssvirkomheten har en gunstig virkning på vassdragets pH som er tydelig høyere på de påvirkede strekninger. Aluminiumskonsentrasjonene er imidlertid høye i avrenningsvannet, og under episoder med sur nedbør eller snøsmelting, kan det oppstå kortvarige blandsoner med giftig labilt aluminium. Effekten vil ikke nå ned til Paulertjern.

Direkte avrenning fra bruddet, og utpumping av vann herfra vil trolig være et større problem enn avrenning fra skrotsteintipp i nordre Malerødtjern. Det partikulære finmaterialet som følger vannet fra bruddet hadde dårlige sedimenteringsegenskaper, dvs. det sedimenterer omtrent som leire. Hvis materialet ledes ut direkte i bekk, vil det nærmest i sin helhet transporteres til Paulertjern. Det vil imidlertid fortynnes betydelig på veien. Konsentrasjonene vil reduseres med mer enn 95% i Paulertjern som følge av sedimentasjon og fortynning, slik at Eikedalsbekken vil i praksis ikke bli påvirket. Slik situasjonen er i dag, er partikkelkonsentrasjonen i bekken ved innløpet til Paulertjern så fortynnet at påvirkningen av vannkvaliteten vanskelig kan observers visuelt. Hvis imidlertid størrelsesomfanget av åpne steinbruddarealer øker jamt og trutt framover, vil påvirkningen av Malerødbekken og Paulertjern kunne bli større enn hva som er ønskelig.

For effektivt å sedimentere ut de små partiklene må man ha store sedimenteringsdammer, nærmest som små tjern, ala den dimensjonen som er planlagt nedstrøms Malerødtjern eller større. Vann som ledes/pumpes konsentrert ut av bruddet, burde infiltreres i terrenget i stedet for å ledes direkte til vassdrag. Dette ville redusere påvirkningen betydelig. Vannet fra bruddet kan ledes ut i perforerte renner som anlegges parallellt med kotene oppunder bergveggen. Lite eller ingen ting av finmaterialet fra bruddområdene ville da nå vassdraget.

## 2. Innledning

Det henvises til brev fra Fritzøe Blue Pearl AS av 6. november 1996. I forbindelse med reguleringsplanene for utvidelse av Malerød Steinindustri vurderes Nordre Malerødtjern brukt som skrotsteindeponi. Gjenfyllingen vil ta mange år. Nedstrøms Malerødtjernet skal det bygges et sedimenteringsbasseng på 20000 m<sup>3</sup> for å holde tilbake finmateriale fra virksomheten. I den anledning ønskes følgende elementer vurdert:

- Effekter på vannføring (pr årstid og totalt)
- Forandring på utløp/retning på vassdraget
- Forurensning av vann og hvor langt ned i vassdraget slik forurensning vil føres
- Mulig avbøtende tiltak, herunder oppbygging av oppsamlingsdam/slamdam
- Effektvurderingene skal omfatte under og etter gjenfyllingen som vil ta flere år

Nedre del av Malerødbekken, samt utløpsbekken til Paulertjern (Eikedalsbekken) er en av de aller viktigste gytebekkene for ørretbestanden i Hallevatn, og det er av stor interesse at ikke gyteforhold og oppvekstforhold for ørret forverres.

NIVA, ved Dag Berge og Torulv Tjomsland, var på befaring sammen med Rolf Nilsen fra Malerød Steinindustri 26/11-96 hvor man gjennomgikk planene mer i detalj, samt så på bruddene, avvanningen fra disse, samt skrotsteinsdeponiene. Nordre Malerødtjern og bekkesystemet ned mot Paulertjern og Hallevatn ble befart.

NIVA leverte prøgram 4/12-96. Programmet ble godkjent 11/12-96. I henhold til programmet var rapport lovet ferdig i løpet av januar 1997. Rapportutkast ble oversendt 3/2-97.

## 3. Materiale og metoder

Vurderingene baseres på befaring av området, opplysninger om virksomheten og planer for utvidelse, vannprøver tatt under befaringen, samt prøver fra tidligere undersøkelser. For å vurdere sedimenterngsegenskapene ble det foretatt en såkalt Longtube-test på vann fra pumpesumpa i østre del av bruddet. Det er kjørt enkle modeller for å beregne hvor langt ned det partikulære materialet vil gjøre seg gjeldene. Kjemiske analyser er foretatt ved NIVA's akkrediterte laboratorium.

## 4. Malerødbekkens nedbørfeltet

Vann fra steinindustriområdene ved Malerød omkring Vardeåsen drenerer via bekkene i Malerød nordre og Malerød søndre, som møtes og tildels renner langs Malerødveien frem til Nedre Paulertjern ved E-18, og videre gjennom Eikedalen og ut i Tverrfjorden/Halle vannet. Nedenfor Paulertjern kalles vassdraget for Eikedalsbekken.

Nedbørfeltet som omfatter Malerød ved inløpet av Nedre Paulervann er på 3.3 km<sup>2</sup>. Nedbørfeltet ved utløpet av Nedre Paulertjern og totalt til Tverrfjorden/Hallervannet er på henholdsvis 5.9 km<sup>2</sup> og 43 km<sup>2</sup>.





Fig.1 Dagens skrotsteintipp ved vestre Malerødbruddet. Denne type fylling vil fortsette nedenfor veien til venstre i bildet ned mot Nordre Malerødtjern og til slutt fylle igjen dette, se neste bilde.

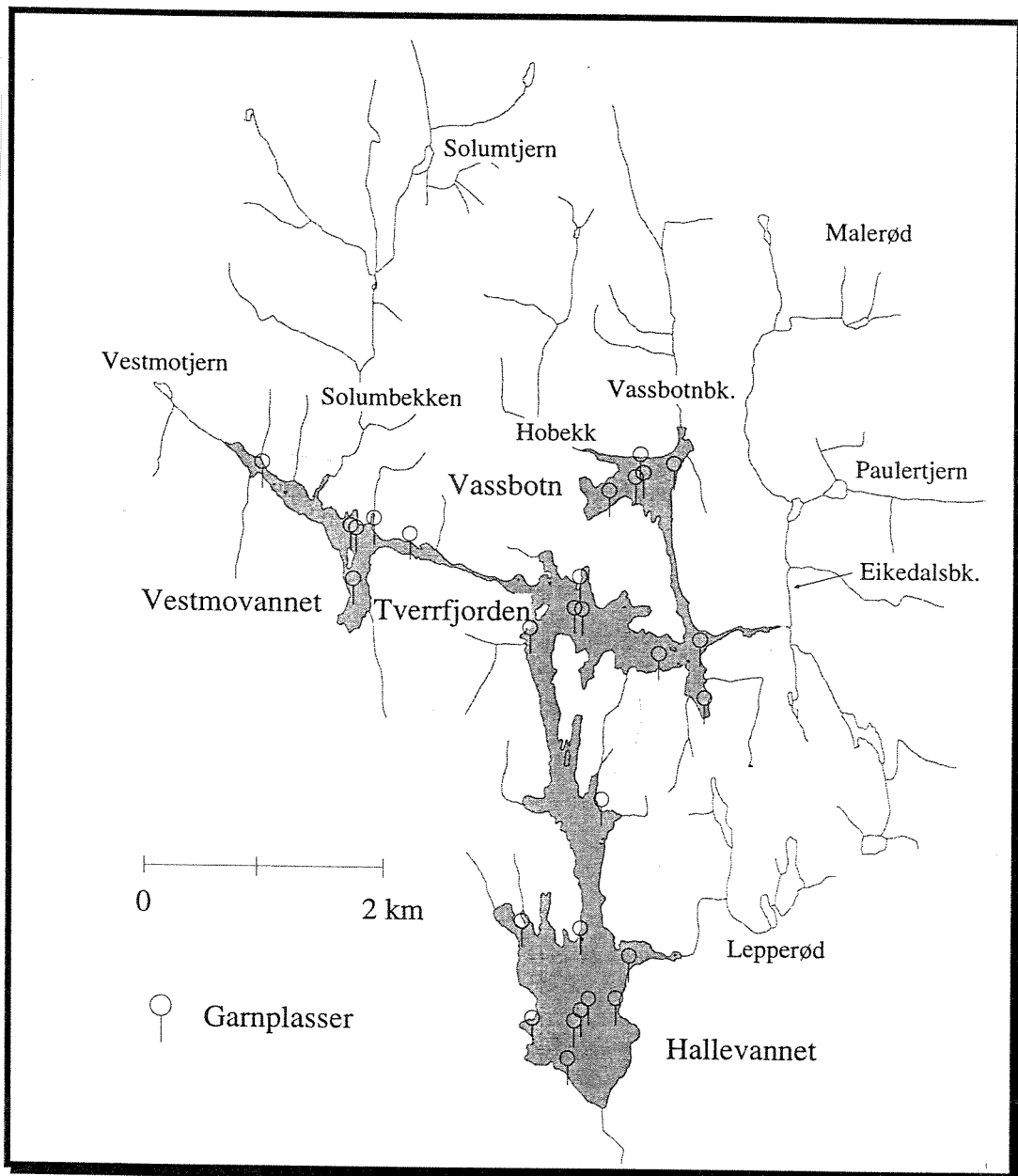


Fig.2 Bilde fra Nordre Malerødtjern som med tiden vil bli igjenfylt med skrotstein.

Spesifikt avløp er ca. 17 l/s/km<sup>2</sup>. Midlere årsvannføring i bekken fra Malerød ved innløpet av Nedre Paulertjern og ved utløpet er på henholdsvis 60 l/s og 100 l/s. Midlere vanntilførsel til Tverrfjorden/Hallevannet er 700 l/s.

Nedbørfeltet er overveiende dekket med et tynt lag med løsmasser eller består av bart fjell, hvilket indikerer liten infiltrasjonskapasitet og en rask avrenning. Figur 3 viser områdets beliggenhet i Hallevannets nedbørfelt.

Eikedalsbekken er en av Hallevannets aller viktigste gytebekk for ørret (Christensen 1996). I gamle dager gikk det mye gytefisk også ovenfor Paulertjern, mens dette har langt mindre omfang nå. Christensen (1996) mener at for ørreten er liten vannføring deler av året det største problemet med bekkene.



Figur 1. Områdets beliggenhet i Hallevannets nedbørfelt.



## 5. Resultater og diskusjon

### 5.1 Effekter på hydrologi

Effekten på vassdragets hydrologi blir svært liten. Man kan tenke seg at det kan ha en liten effekt på fordrøyningskapasiteten når det setter inn med kraftig regnvær etter tørre perioder. Effekten blir imidlertid liten. Hvorvidt tjernet er fullt av vann eller av stein når regnværet begynner, blir jo omtrent det samme.

Tjernet ligger omtrent på vannskillet mellom Farrisvannet og Hallevannets nedbørfelt. For å unngå at overflateforurensning drenerer mot Farris, dvs. vannstrømmen snues, bør det anlegges en voll i nordre enden av tjernet tidlig i oppfyllingsperioden, samt å passe på at denne alltid er høyere enn den øvrige fyllingen. Når fyllingen er ferdig bør den helle svakt mot syd. Med disse foranstaltninger skulle det ikke være noen fare for at dreneringsretningen snues.

### 5.2 Effekter på vannkjemiske forhold

Negative forurensningseffekter fra oppfyllingen vil først og fremst være knyttet til partikler og muligens høyt aluminiumsinnhold. Partikler kan påvirke vassdrag negativt ved tilslamming av gyteområder, samt virke direkte skadelig på fisk og organismer hvis konsentrasjonene er store (Alabaster og Lloyd 1984). Det finnes imidlertid også eksempler på at partikkeltilførsel fra tunneldriving har positiv effekt på vannkvaliteten i forsurede vassdrag (Grande og medarb. 1996).

I tabell 1, 2 og 3 er det fremstilt vannkjemiske data fra aktuelle bekkestrekninger. Vannkvaliteten i Malerødbekken er forsuringspåvirket. Fra tabell 3 sees at pH oppstrøms der pumpevannet fra steinbruddet munner ut er målt fra 5.0 til 6.0. Denne stasjonen er påvirket fra skrotsteintippen fra vestre del av bruddet, men bekken påvirkes tydeligvis bare ved regnskyll. Den ekstreme prøven fra den 18/11-93 kunne tenkes å være fra en slik periode, da mange av steinbruddrelevante forurensningsparametre er svært høye, så som turbiditet, nitrat, aluminium, mm. Prøven har imidlertid så høye verdier at den likner mer på det vannet fra pumpe-sumpa i den østre delen av bruddet (se tabell 1). Vi legger derfor ikke så mye vekt på denne ene ekstreme prøven. Den kan være tatt på feil sted eller være kontaminert.

Avrenning fra steinbruddsvirksomheten har en gunstig virkning på vassdragets pH som er tydelig høyere på de påvirkede strekninger enn der påvirkningen er mindre. Aluminiumskonsentrasjonene er imidlertid høye i avrenningsvannet, i vannet fra pumpe-sumpa ble det registrert konsentrasjoner av total-aluminium på hele 35000 ug/l (se tabell 1). Labilt aluminium (giftig) ble ikke observert i skadelige konsentrasjoner hverken i denne undersøkelsen eller ved de tidligere undersøkelser bortsett da igjen i den mystiske, ekstreme prøven fra 18/11-93 (se tabell 1-3). Hvis det oppstår plutselige episoder med kraftig regn slik at mye aluminiumsholdig vann renner ut i vassdraget når pH ellers er lav, vil det kunne oppstå såkalte giftige blandsoner (Rosseland og medarbeidere 1992) umiddelbart nedenfor innblandingsstedet. Dette vil muligens kunne påvirke bekken ned mot vestre Paulertjernet. Selve Paulertjernet og bekken nedenfor vil være upåvirket av denne effekten. pH i avrenningsvannet er imidlertid høy (6.8) noe som motvirker at giftige former for aluminium ikke opptrer i særlig grad.

Av tabell 1 ses at ved befaringen var total aluminiumskonsentrasjonen ved innløpet til Paulertjernet 1030 ugAl/l. Denne, og endel andre verdier som f.eks. total nitrogen på 725 ugN/l, indikerer klart at

bekken er påvirket av aktivitetene. Labilt aluminium, som er giftig for fisk, ble målt til 63 ugAl/l. pH var på dette tidspunktet 5.97. Dette Al innholdet er ikke giftig ved denne pH, men under pH 5.5 som er registrert tidligere, vil et slikt Al-innhold kunne være giftig. Nitrogenavrenningen vil ha liten forurensningseffekt.

Man må regne med at under perioder med mye skrotsteintipping ut i det myrlendte tjernet, vil det virvles opp mye myrslam som vil kunne påvirke det nedenforliggende vassdraget. Dette vil først og fremst være av estetisk art, men man kan anta at det kan medføre økt oksygenforbruk i Paulertjern som følge av økt sedimentasjon av organisk materiale. Det kan også tenkes at det kan presses opp fosfatholdig bunnvann i perioder med mye steintipping. Bunnslammet i myrholdige skogstjern er gjerne svært oksygenfattige, noe som favoriserer forekomsten av fritt ortofosfat. Ortofosfat er direkte tilgjengelig for algevekst. For å hindre videretransport av oppvirvlet myrmateriale, bør utstrakt skrotsteintipping helst ikke foregå i ekstreme flomperioder. I andre perioder vil det planlagte sedimenteringsmagasinet nedstrøms Malerødtjernet fange opp oppvirvlet myrmateriale rimelig effektivt.

En rekke andre vannkvalitetsparametre vil også påvirkes av Steinbruddsaktiviteten, men de er ikke av forurensningsmessig betydning og omhandles ikke her. Partikkelinnholdet vil kunne tilslamme gyteområder for fisk, og således skade vassdraget. Trolig er avrenningen fra selve bruddområdene med utpumping av partikkelholdig vann mer forurensningsskapende for vassdraget enn det å deponere skrotstein i Nordre Malerødtjern.



Fig.4 Avrenningen fra selve bruddområdet er gjerne svært turbid, se pumpesump i forkant av bilde. Der denne avrenningen ledes direkte til vassdrag, er dette en vel så stor forurensning som avrenning fra skrotsteindeponier.

Tabell 1. Vannkjemiske data fra prøvetakingen på befaringen 26/11-96 ved Malerød Steinindustri

Analyseparameter	Benevn.	Pumpesump Malerødbrudd	Utløp sedimenter- ingsdam	Malerødbekk ved kryssing E18
pH		6.8	6.59	5.97
Konduktivitet	mS/cm	12.3	10.8	6.8
Turbiditet	FTU	70	23	2.4
Farge	mg Pt/l	43	47.6	42.8
Suspendert tørrstoff	mg/l	468		
Suspendert gløderest	mg/l	427		
Alkalitet	mmol/l	0.273	0.148	0.064
Clorid	mg/l	24.5	20.0	12.4
Sulfat	mg/l	7.9	8.9	7.1
Nitrat	ugN/l	615	675	460
Total nitrogen	ugN/l	1310	990	725
Total fosfor	ugP/l	1254	156	17
Calsium	mg/l	7.28	5.07	2.7
Magnesium	mg/l	1.88	1.67	0.9
Natrium	mg/l	13.9	13.3	7.66
Kalium	mg/l	1.24	1.49	0.83
Reaktivt aluminium	ug/l	352	341	287
Illabilt aluminium	ug/l	326	317	224
Labilt aluminium	ug/l	26	24	63
Total aluminium	ug/l	35600	3400	1030
Tot. Org. Carbon	mgC/l	39.3	8.3	6.9

Tabell 2. Vannkjemiske data fra prøvetakingen den 20. april 1993 (NIVA 1993 foreløpig utg.).

Parameter	Benevn.	Innløp vestre Paulertjern	Innløp østre Paulertjern	Utløp Paulertjern
Surhetsgrad	pH	6.14	6.70	6.23
Konduktivitet	mS/m (25°)	8.95	15.2	10.4
Farge	mgPt/l	29.0	27.0	45.5
Turbiditet	FTU	1.4	1.1	2.4
Natrium	mg/l	11.00	19.4	13.50
Kalium	mg/l	0.86	1.01	0.81
Kalsium	mg/l	3.35	6.70	4.18
Magnesium	mg/l	1.06	1.37	1.15
Jern	µg/l	160	280	460
Mangan	µg/l	60	150	120
Alkalitet (pH 4.5)	mmol/l	0.058	0.157	0.104
Klorid	mg/l	18.5	33.0	22.5
Sulfat	mg/l	6.8	6.4	7.3
Tot. org. karbon	mg/l	4.1	3.8	3.6
Total aluminium	µg/l	252	168	238
Reaktivt aluminium	µg/l	160	120	98
Illabilt aluminium	µg/l	145	110	78
Labilt aluminium	µg/l	15	10	20

Tabell 3. Prøver fra Malerødbekken oppstrøms- og nedstrøms Malerød Steinindustri 1993/94 (Holtan 1994).

Parameter	Benevn	Malerødbekk oppstrøms pumpeavr. fra steinbrudd				Malerødbekk nedstrøms pumpeavr. fra steinbrudd			
		15/6	18/8	18/11	26/4	15/6	18/8	18/11	26/4
Surhetsgrad	pH	5.84	6.06	7.13	5.04	6.24	6.2	6.26	5.41
Konduktivitet	mS/m								
Farge	mgPt/l	25	70	100	40	20	60	60	60
Turbiditet	FTM	0.43	5.8	99	1	0.8	5.2	4.3	6.3
Natrium	mg/l	7.21	16.9	36	1.56	12.4	11.8	9.37	4.98
Kalium	mg/l	0.67	3.08		0.25	3.18	1		0.48
Kalsium	mg/l	2.14	3.01		3.85	6.24	3.32	9.54	1.87
Magnesium	mg/l	0.81	4.33		4.18	1.22	2.65	2.59	3.09
Jern	µg/l	84	1990	6500	51	450	820	470	380
Mangan	µg/l	18	120	550	11	150	45	70	60
Alkalitet (pH 4.5)	mmol/l	0.07	0.28	1.05	0.04	0.24	0.32	0.12	0.14
Klorid	mg/l	13	21	41	7.6	25	23	12	0.6
Sulfat	mg/l	5.3	7.4	13	1.6	7.6	5.7	8	5.2
Total nitrogen	µg/l				415				565
Nitrat	µgN/l	10	145	1100	67	194	199	175	306
Total fosfor	µgP/l	8	25	975	21	7	22	36	19
Tot. org. karbon	mg/l								
Total aluminium	µg/l	117	740	6600	39	70	341	784	366
Reaktivt aluminium	µg/l	93	141	992	40	46	116	283	134
Illabilt aluminium	µg/l	81	133	262	30	38	111	283	259
Labilt aluminium	µg/l	12	8	730	10	8	5	0	76

## 5.3 Partiklenes sedimenteringsegenskaper

### 5.3.1 Forsøk med "Long-tube"

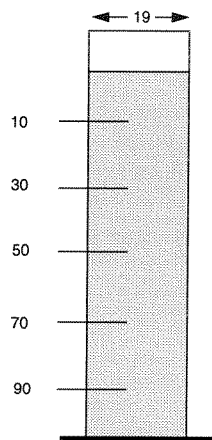


Fig.5 Skjematisk oversikt over "Long-tube"-sylinder brukt i laboratorieforsøkene. Total høyde var ca 120 cm. Alle mål i cm.

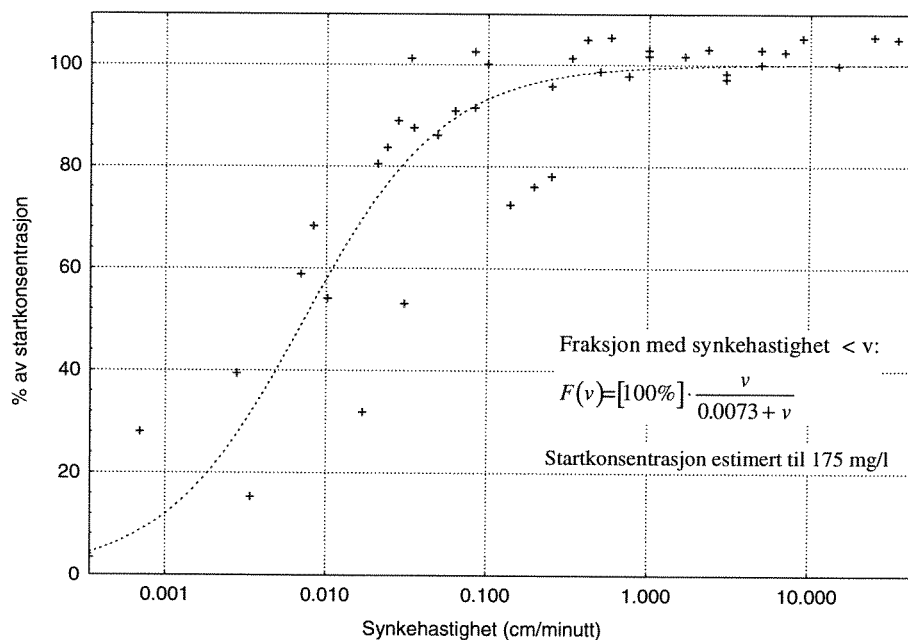
Hensikten med slike long-tube forsøk, er å beskrive sedimenteringsforløpet for partiklene som finnes i vannet. I dette forsøket er reduksjon i tørrstoffinnhold antatt å være et mål på partiklenes sedimentering. Denne metoden for undersøkelse av partiklers sedimenterings-egenskaper er bl. a. beskrevet i en artikkel av McLaughlin (1959). Data fra slike laboratorieforsøk kan brukes til å bestemme fordelingen av partiklenes sedimenteringshastighet og deres midlere sedimenteringshastighet. På grunn av de begrensninger som ligger i et laboratorieforsøk i liten skala, kan resultatene kun tas som en tilnærming til de forhold som styrer partiklenes sedimentering i et vassdrag.

Forsøkene ble gjennomført i pleksiplast sylindere med diameter ca. 19 cm. Vannhøyden var 1 m, og volumet ble derved ca. 30 l. I sylindrene var det boret huller med tynne rør for uttak av prøver på 10, 30, 50, 70 og 90 cm. Sylindrenes utforming er vist skjematisk i figur 5. Forsøkene ble gjennomført ved at vannprøven fra bedriften ble blandet i sylindren. Blandingen forgikk med et elektrisk røreverk med kraftig mekanisk omrøring. Forsøket foregikk ved værelsestemperatur.

Etter kort tid ble det tatt ut prøver for kjemisk analyse fra alle dyp hvor det var satt inn rør. I tillegg ble det tatt prøve 1 cm under overflaten. Dette ble gjentatt med lengre og lengre tidsintervall opp til ca. 3 døgn. Synkehastigheten ( $z/t$ ) ble beregnet for alle prøveuttakene fremstilt grafisk som funksjon av tørrstoffinnholdet. Ved ikke-lineær regresjon ble en funksjon tilpasset datamaterialet. Denne funksjonen er lagt inn i figur 6 som kumulativt viser fordelingen av partiklenes synkehastighet.

I tabell P1 bak i rapporten er analyseresultatene fra forsøket samlet, og figur 6 viser kumulativt en grafisk framstilling av partiklenes synkehastighet.

I dette tilfellet angir kurven at f.eks. 90 % av partiklene har en lavere synkehastighet enn 0,1 cm/min., noe som viser at vannets partikkelinnhold har meget dårlige sedimenteringsegenskaper. Dette kunne også observeres under forsøket, og etter at prøveuttakene var avsluttet var vannet i røret fortsatt sterkt turbid.



Figur 6. Sedimenteringsegenskapene til vannet som pumpes ut av bruddområdet ved Malerød steinindustri. Det antas at eventuelt finmateriale som vaskes ut fra steintippene er av samme karakter.



### 5.3.2 Hvor langt kommer partiklene

Vassdraget blir påvirket av sigevann fra steindeponiene samt prosessvann (vann fra selve bruddet). Prosessvannet blir hovedsakelig tilført direkte til vassdraget. Nedbør som faller på steinfyllingene vil sige gjennom vegetasjon og løsmasser ut i vassdraget.

Partikler som vaskes ut av steindeponiene av regnvann, antas i størst grad å bli fanget opp av vegetasjon og løsmasser. Under befaringen av dagens skrotsteindeponi som slutter ca 75m fra Malerødbekken / Nordre malerødtjern, kunne det ikke finnes noen indikasjon på at Skrotsteindeponiet påvirket vannkvaliteten i bekken/tjernet. Når vannet som drenerer skrotsteindeponiet når vassdraget er partiklene filtrert fra, og det har høyst sannsynlig en neglisjerbar virkning på vassdraget.

Det ble utført analyser av partikkelinnholdet på prosessvann som ble pumpet til vassdraget til Malerød søndre. Ca 85% av partiklene besto av kornstørrelse som leire eller mindre. Partikler av en slik størrelse sedimenterer ikke i rennende vann, kun i innsjøer o.l.

Vi kan derfor anta at prosessvann som ledes direkte til vassdraget, i sin helhet også transporteres ut i Nedre Paulertjern. Vi vet ikke hvor mye prosessvann som idag drenerer ut i vassdraget. Dersom dette for eksempel er i middel er på 1 l/s blir partikkelinnholdet ved midlere vannføring fortennet til 1/60 ved innløpet av Nedre Paulertjern. Dette fortyningstallet er selvfølgelig ment kun for å antyde fortyningens størrelse. Reelle verdier vil variere med pumpet mengde og varighet, vannføring m.m. Nedre Paulertjern virker som en effektiv sedimentasjonsfelle, særlig for for korn større enn leire. I tillegg blir partikkelinnholdet sterkt fortennet.

Enkle modellkjøringer anslår at partikkelkonsentrasjonene til prosessvannet i utløpet av tjernet kan bli redusert til noen få prosent av innløpskonsentrasjonene, dvs. Eikedalsbekken vil i praktisk sammenheng være upåvirket. Partiklene som kommer igjennom Paulertjern, vil omsider sedimentere i Tverrfjorden/Hallervatn. Bortsett fra utløpsonen, vil partikler fra Malerød neppe kunne påvises der.

Sigevann fra et nytt deponi i Nordre Malerødtjern vil sige gjennom en kortere sone med vegetasjon og løsmasser før det når vassdraget enn hva tilfellet er med dagens landdeponi, hvilket medfører økte tilførsler. Nedstrøms fyllingen blir det bygget en demning som gir opphav til en sedimenteringsdam på ca 20000 m<sup>3</sup>. Denne dammen og den til enhver tid gjenstående delen av Nordre Malerødtjern, vil virke som sedimentasjonsasseng, noe som reduserer partikkeltransporten. Beregninger viser at ca 60 % av finmaterialet fra skrotsteintippen vil sedimentere i den konstruerte dammen. Sannsynligvis blir partikkeltransporten av samme størrelsesorden som idag selv om Nordre Malerødtjern fylles igjen, da det er direkteavrenningen fra bruddet, og ikke skrotsteintippen, som er hovedkilden til vassdragspåvirkningen.

## 6. Avbøtende tiltak

Det er 2 tiltak som er aktuelle for å hindre vassdragsforurensning fra steinbruddsvirksomheten.

1. Sedimenteringsbassenger
2. Infiltrasjon i terreng

Sedimenteringsbassenget på 20000 m<sup>3</sup> som er planlagt nedenfor Nordre Malerødtjern synes å være av tilstrekkelig dimensjon for å sedimentere ut problemavrenningen fra skrotsteintippingen i Nordre Malerødtjern.

Slik vi ser terrenget, vil ikke dette bassenget få med seg direkteavrenningen som pumpes ut fra Østre del av bruddet (Vardåsbruddet). Det kan der synes vanskelig å bygge sedimenteringsbasseng av tilstrekkelig størrelse for denne utpumpede avrenningen. Dette vannet burde ikke ledes direkte til vassdrag, men burde infiltreres i terrenget. Siden det er nokså små vannmengder, kan dette gjøres ved at man leder vannet ut i perforerte renner som bygges parallellt med kotene i terrenget så nær oppunder bergveggen som mulig. Man vil da få fordelt vannet slik at bekkdannelse ikke skjer, og vannet vil sige gjennom grunnen og bli filtrert før det når åpen bekk.

## 7. Litteraturreferanser

- Alabaster og Lloyd 1982: Water Quality Criteria for Freshwater Fish. Butterworths, London.
- Berge, D., M. Grande og S. Stene Johansen, 1993: Videre utredninger av vannrelaterede miljøforhold ved ny E18 forbi Hallevannet., NIVA-rapport, foreløpig utgave., 11 sider.
- Grande, M., S. Andersen, V. Bjerknes, A. Kvellestad, 1996: Igangkjøring av Hekni Kraftverk. II: Eksponering av bleke for partikulært materiale fra kraftverkstunnelen. NIVA-rapport Lnr 3369-95., 20 sider.
- Christensen, G. N. 1996: Fiskeribiologiske undersøkelser i Hallevannet 1995. Fylkesmannen i vestfold. Miljøvernavdelingen. Rapport nr 11/96., 32 sider.
- Holtan, H. 1992: Vurdering av eventuelle vannforurensningseffekter av steinbruddvirksomhet i Larvikområdet., NIVA-rapport O-91119 / Lnr.2677., 22 sider.
- Holtan, H. 1994: Undersøkelse av forurensningstilførsler fra Steinindustrien i Larviksområdet. NIVA-rapport O-93124 / Lnr. 3164., 26 sider.
- McLaughlin, R.T. jr. 1959: The settling properties of suspensions. Journal of the hydraulics division, ASCE, Vol 85., No.: HY 12, Proc. Paper 2311, Dec. 1959, pp 9 - 41.
- Rosseland, B.O., I.A. Blakar, A. Bulger, F. Kroglund, A. Kvellstad, E. Lydersen, D. H. Oughton, B. Salbu, M. Staurnes, and R. Vogt, 1992: The mixing zone between limed and acidic river waters: Complex aluminum chemistry and extreme toxicity for salmonids. Environmental Pollution 78: 3-8.

## 8. Primærtabeller

Tabell P1. Malerød Steinindustri

Analysereultater fra Long-tube forsøk for bestemmelse av sedimenteringshastighet.

Prøve nr.	Dyp cm	Tid minutter	Tørrstoff mg/l
0			160.92
1	0	2	172.70
2	10	2	175.02
3	30	2	174.68
4	50	2	184.56
5	70	2	183.74
6	90	2	181.94
7	0	10	175.14
8	10	10	180.00
9	30	10	171.98
10	50	10	180.10
11	70	10	179.28
12	90	10	184.16
13	0	30	177.06
14	10	30	177.20
15	30	30	178.00
16	50	30	177.86
17	70	30	180.28
18	90	30	169.98
19	0	120	119.44
20	10	120	179.42
21	30	120	167.58
22	50	120	183.58
23	70	120	184.32
24	90	120	171.14
25	0	360	69.00
26	10	360	155.62
27	30	360	160.08
28	50	360	126.78
29	70	360	132.96
30	90	360	136.56
31	0	1440	48.94
32	10	1440	102.96
33	30	1440	140.80
34	50	1440	153.18
35	70	1440	150.64
36	90	1440	158.98
37	0	2940	5.86
38	10	2940	26.84
39	30	2940	94.60
40	50	2940	55.76
41	70	2940	146.42
42	90	2940	92.82

## **Norsk institutt for vannforskning**

Postboks 173 Kjelsås  
0411 Oslo

Telefon: 22 18 51 00  
Telefax: 22 18 52 00

Ved bestilling av rapporten,  
oppgi løpenummer 3614-97

ISBN 82-577-3170-6