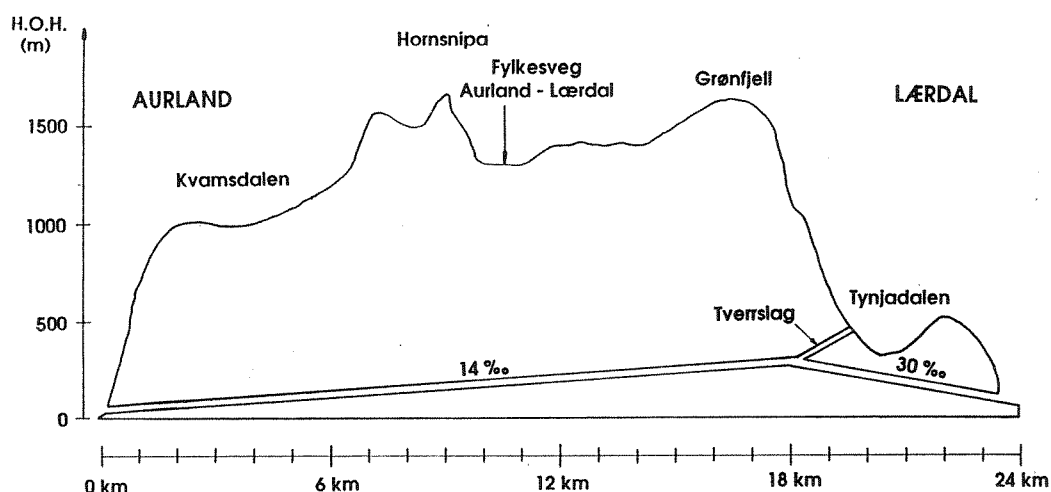


O-93267

# E16

## Tunnel Aurland - Lærdal

Konsekvensanalyse av tunneldrift  
og massedeponi i Tynjadalen i Lærdal



# NIVA - RAPPORT

Norsk institutt for vannforskning



NIVA

|                         |                 |
|-------------------------|-----------------|
| Prosjektnr.:<br>O-93267 | Undemr.:        |
| Løpenr.:<br>2999        | Begr. distrib.: |

|   |   |  |   |   |
|---|---|--|---|---|
| <b>Hovedkontor</b><br>Postboks 173 Kjelsås<br>0411 Oslo<br>Telefon (47) 22 18 51 00<br>Telefax (47) 22 18 52 00 | <b>Sørlandsavdelingen</b><br>Televeien 1<br>4890 Grimstad<br>Telefon (47) 37 04 30 33<br>Telefax (47) 37 04 45 13 | <b>Østlandsavdelingen</b><br>Rute 866<br>2312 Ottestad<br>Telefon (47) 62 57 64 00<br>Telefax (47) 62 57 66 53 | <b>Vestlandsavdelingen</b><br>Thormøhlensgt 55<br>5008 Bergen<br>Telefon (47) 55 32 56 40<br>Telefax (47) 55 32 88 33 | <b>Akvaplan-NIVA A/S</b><br>Postboks 735<br>9001 Tromsø<br>Telefon (47) 77 68 52 80<br>Telefax (47) 77 68 05 09 |
|---|---|--|---|---|

|   |   |                              |
|---|---|------------------------------|
| <b>Rapportens tittel:</b><br><b>E16. Tunnel Aurland - Lærdal.</b><br><b>Konsekvensanalyse av tunneldrift og massedeponi i Tynjadalen i Lærdal</b> | <b>Dato:</b><br>07.02.94                      | <b>Trykket:</b><br>NIVA 1994 |
|   | <b>Faggruppe:</b><br>Vassdrag                 |                              |
| <b>Forfatter(e):</b><br>Vilhelm Bjerknes<br>Per Kristian Røhr<br>Svein Ole Åstebøl<br>Knut Robert Robertsen<br>Bengt Rognerud                     | <b>Geografisk område:</b><br>Sogn og Fjordane |                              |
|   | <b>Antall sider:</b><br>57                    | <b>Opplag:</b><br>93         |

|  |  |
|--|--|
| <b>Oppdragsgiver:</b><br>Statens Vegvesen Sogn og Fjordane | <b>Oppdragsg. ref.:</b><br>Gunnar Lotsberg |
|--|--|

**Ekstrakt:**  
Sideelva Kuvella og Lærdalselva nedstrøms Kuvella kan bli direkte berørt av forurensninger fra tunneldrift og massedeponi av sprengstein i Tynjadalen. Partikkelforurensning kan få alvorlige følger for sjøaure i Kuvellas nedre del, mens effektene i Lærdalselva vil bli mindre dramatiske. Anleggsarbeidet vil også kunne gi forbigående endringer i vannkvaliteten i brønner med tilsig fra Kuvella, og for kvaliteten av inntaksvannet til stamfiskanlegget i Tynjadalen. Det er foreslått en rekke avbøtende tiltak.

4 emneord, norske

1. Stamveg-tunnel
2. Massedeponi
3. Vannforurensning
4. Tiltak

4 emneord, engelske

1. Highway tunnel
2. Rock dump
3. Water pollution
4. Remedial measure

Prosjektleder

Vilhelm Bjerknes

For administrasjonen

Dag Berge

ISBN-82-577-2449-1

## Forord

*Rapporten er en konsekvensanalyse av vannforurensningen som kan oppstå som følge av tunneldrift og deponering av sprengstein i Tynjadalen i Lærdal. Anleggsvirksomheten og massedeponiene inngår som en del av tunnelprosjektet på E16 mellom Aurland og Lærdal.*

*Rapporten gir en oversikt over miljøproblemer som kan oppstå i forbindelse med prosjektet, og skisserer forebyggende sikrings- og rensetiltak. Det ligger utenfor målet med denne rapporten å foreta en prosjektering av sikrings- og rensetiltakene.*

*Oppdragsgiver er Statens Vegvesen Sogn og Fjordane, ved Gunnar Lotsberg. Oppdraget er utført av Norsk institutt for vannforskning (NIVA) i samarbeid med Geofuturum A/S. NIVA har tatt for seg påvirkningen av vassdrag, og har også hatt det redaksjonelle ansvar for rapporten. Geofuturum har hatt ansvaret for grunnvann og vurderingen av tunneldrift og massedeponier.*

*Følgende fagpersonale har deltatt: Per Kristian Røhr, Svein Ole Åstebøl, Knut Robert Robertsen og Bengt Rognerud fra Geofuturum, Vilhelm Bjerknes fra NIVA. Vilhelm Bjerknes har vært prosjektleder.*

*Arbeidet er utført på grunnlag av møter med oppdragsgiver og med representanter for Lærdal kommune og Lærdal elveeigarlag, og på grunnlag av befaringer i det berørte området. Det er innhentet opplysninger om vassdrag, forurensninger og grunnforhold. Materialet er gjennomgått og forurensningsfare og effekter er vurdert. På dette grunnlag er en rekke forurensningsbegrensende tiltak skissert.*

*Bergen, 13. januar 1994.*

*Vilhelm Bjerknes*

# Innhold

|  |    |
|--|----|
| SAMMENDRAG .....   | 3  |
| 1. INNLEDNING .....  | 5  |
| 2. VASSDRAGET .....  | 6  |
| 2.1. Nedbørfelt .....  | 6  |
| 2.1.1. Areal, klima, avrenning .....   | 6  |
| 2.1.2. Geologi .....   | 9  |
| 2.1.3. Grunnvann .....   | 12 |
| 2.2. Brukerinteresser .....  | 13 |
| 2.2.1. Laks- og sjøaufiske .....   | 13 |
| 2.2.2. Fiskekultivering .....  | 13 |
| 2.2.3. Jordbruksvanning og drikkevann .....                                      | 14 |
| 3. FORURENSNINGSVIRKNINGER I VASSDRAG .....                                      | 15 |
| 3.1. Forurensningstyper og vannkvalitetskriterier .....                          | 15 |
| 3.1.1. Partikkelforurensning .....   | 15 |
| 3.1.2. Nitrogenforurensning .....  | 21 |
| 3.1.3. Olje- og kjemikaliespill .....  | 22 |
| 3.1.4. Sur avrenning og utvasking av metaller .....                              | 22 |
| 3.2. Effekter på vannkvalitet .....  | 23 |
| 3.2.1. Kuvella og Lærdalselva .....  | 23 |
| 3.2.2. Konsekvenser for grunnvannskilder .....                                   | 24 |
| 3.3. Forslag til miljømål .....  | 25 |
| 3.3.1. Drikkevann .....  | 26 |
| 3.3.2. Jordbruksvanning .....  | 26 |
| 3.3.3. Stamfiskbasseng .....   | 27 |
| 3.3.4. Sjøaure i Kuvella .....   | 27 |
| 3.3.5. Lærdalselva nedstrøms Kuvella .....                                       | 27 |
| 4. DEPONERINGS- OG ANLEGGSSOMRÅDET.  |    |
| LOKALISERING OG TILTAK .....   | 29 |
| 4.1. Generelt om plassering og utforming av massedeponier .....                  | 29 |
| 4.1.1. Terrengform og grunnforhold .....   | 29 |
| 4.1.2. Avrenning .....   | 29 |
| 4.1.3. Forberedende grunnarbeider ved deponering<br>av masser .....              | 30 |
| 4.1.4. Avslutning av deponeringsområdet .....                                    | 31 |
| 4.2. Forurensningstilførsler og tiltak i deponerings-<br>og anleggsområdet ..... | 31 |
| 4.2.1. Deponering av masser .....  | 31 |
| 4.2.2. Veier i deponerings- og anleggsområdet .....                              | 34 |
| 4.2.3. Knuseverk .....   | 35 |
| 4.2.4. Riggområder .....   | 36 |
| 4.2.5. Vaskeplasser og lagerområder .....  | 37 |
| 4.2.6. Tunnelavløp .....   | 39 |

|   |    |
|---|----|
| 5. VIRKEMIDLER FOR GJENNOMFØRING AV .....         | 42 |
| TILTAK.....                                       | 42 |
| 5.1. Miljøhåndbok.....                            | 42 |
| 5.2. Systematisk sikkerhets- og miljøledelse..... | 42 |
| REFERANSER .....                                  | 43 |
| Vedlegg .....                                     | 45 |

## SAMMENDRAG

Det er foretatt en vurdering av mulig forurensning av vassdrag og grunnvann fra de planlagte deponiene, fordelt på to fyllinger i Tyjadalen. Deponiene vil bestå av 1.2-1.5 mill m<sup>3</sup> tunnelmasse fra stamvegtunnelen E 16 mellom Lærdal og Aurland, og vil dekke et areal på 160 daa. Det er utarbeidet reguleringsplan for massedeponiene.

Elva Kuvella som renner gjennom Tynjadalen har et nedbørfelt på 65 km<sup>2</sup>. Nedbørfeltet ved nedre kant av deponiet er på 52 km<sup>2</sup>. Midlere årsavrenning er anslått til 30-35 l/s\*km<sup>2</sup>, dvs. en midlere vannføring på ca. 2 m<sup>3</sup>/s. I flom er det antatt at vannføringen kan bli 5-10 ganger middelvannføringen.

Lærdalselvas store betydning som reproduksjonsområde for laks og som sportsfiskeelv gjør at forebyggende tiltak mot vassdragsforurensning bør tillegges stor vekt. Årlige inntekter av utleie av fiskeretter i Lærdalselva er anslått til 3 mill. kr. Vannkvalitet og biologiske ressurser i Lærdalselva er veldokumentert, og gir et godt utgangspunkt for overvåking.

Bortsett fra den nedre elvestrekningen på ca. 1 km, er Kuvella fisketom. Stamfiskanlegg for lærdalslaks er lokalisert til dette sidevassdraget. 15 gårdsbruk er knyttet til et vanningsanlegg basert på vann fra Kuvella. 8 husholdninger får vann fra brønner som er direkte eller indirekte påvirket av Kuvella.

Miljøskader forårsaket av nydannete partikler fra utsprengte masser er påvist i forbindelse med anleggsarbeid i- og nær vassdrag på en rekke steder i de senere år. I tillegg til direkte skader på fisk er det påvist reduksjoner i både fiske- og bunndyrpopulasjoner i norske vassdrag som har vært utsatt for silting fra anleggsvirksomhet. Skader fra sedimentert finstoff på rogn og yngel er dokumentert gjennom en rekke utenlandske undersøkelser. Estetiske forhold og problemer for utøvelse av fisket er også velkjente effekter av partikkelforurensning.

I ekstreme situasjoner må en regne med at flom kombinert med regnskyll eller snøsmelting kan føre til episodisk tilslamming av Kuvella. I Lærdalselva vil slike utslipp bli kraftig fortynnet. Man kan likevel ikke utelukke skader på rogn, yngel og småfisk, samt bunndyr i Lærdalselva nedstrøms Kuvella.

Nitrat fra sprengstoffrester vil i likhet med partikler bli tilført vassdraget i relativt intense episoder under regnværs- og snøsmeltingsflommer i Kuvella. Nitrogen er ikke begrensende for primærproduksjonen i Lærdalsvassdraget, og nitrattilførslene vil trolig ha liten eutofivirkning.

Grunnvannet i Tynjadalen kan bli noe påvirket av partikler og nitrat fra tunneldrift og deponiaktivitet. Dette får i første rekke konsekvenser for eventuell lokal grunnvannsforsyning til riggområdene. Langs Kuvellas nedre del kan 5 brønner bli spesielt påvirket. Brønnene er såkalte gravde brønner i løsmasser. For å unngå eventuell forringelse av vannkvaliteten kan brønnene erstattes med dypere borebrønner i løsmasser eller i fjell. Et slikt tiltak kan også vurderes for stamfiskanlegget. Grunnvann i fjell synes ikke å bli påvirket av normal anleggs- og deponeringsvirksomhet. Hvis drivstofflekkasjer eller andre alvorlige uhell intreffer i anleggsområdet, kan påvirkningen av grunnvann i løsmasser og fjell bli mer omfattende.

Fra planeringsområder for jordbruksformål av samme størrelse er det målt stofftap på opp til 50 tonn i enkelte år. I ekstreme situasjoner har erosjonen vært betydelig større. En må regne med at massene som skal deponeres i Tynjadalen er mer stabile.

Overflatevann fra bakenforliggende områder foreslås drenert gjennom deponiene. Dette kan oppnås ved at bunnlaget bygges opp av stein og blokk. Som tiltak mot erosjon og stofftransport på deponiflatene, er det foreslått å lede vannet ned i belter som løper parallelt med høydekontene. Beltene skal også bestå av stein og blokk helt fra bunnlaget og opp til deponioverflaten.

Forurensning fra riggområder, tunnelavløp og veiavløp er foreslått håndtert ved lokale tiltak før utløp til Kuvella. Dette omfatter sikringstiltak mot lekkasjer fra drivstofflagre o.l., sedimentasjonsdammer for tunnelavløp, avløp fra knuseverk og veiavløp, samt infiltrasjon av avløpsvann fra lager- og kontorrigg. Utredningen peker også på mulige løsninger for vannforsyning til lager- og kontorrigg.

Sedimentasjon og infiltrasjon foreslås som de viktigste rensiltakene for tunnelavløpsvann, avrenningsvann fra knuseverk og sigevann fra fyllingene. Rapporten gir noen eksempler på dimensjonering av sedimentasjonsbasseng basert på ulike mengder av forurenset vann og krav til oppholdstid. Forurensningsgrad og vannmengde vil trolig variere i løpet av prosjektet, noe som vil kreve endringer av rensekapasitet under veis. Kvalitetsmål for avløpsvann er en tredje dimensjonerende faktor som det ikke er tatt stilling til.

Gjennomføring av tiltak mot stofftap til vassdrag krever kontroll og oppfølging under hele anleggsfasen, og må derfor inngå som en del av anbudsgrunnlaget for entreprenører som skal delta i anleggsarbeidet. Det bør utarbeides en miljøhåndbok som blir retningsgivende for denne del av virksomheten. Videre blir det anbefalt at ledere og ansatte gis grundig innføring i forebygging og håndtering og av de miljøproblemene som knytter seg til denne typen anlegg.

Grunnlagsundersøkelser av vannkvalitet og vassdragsøkologi er igang for dokumentasjon av førtilstand og som grunnlag for et miljøovervåkingsprogram under og etter anleggsfasen.

# 1. INNLEDNING

Det foreliggende arbeid er utført etter oppdrag fra Statens vegvesen i Sogn og Fjordane, og tar for seg vurderinger og beregninger av vannforurensning som kan opptre som følge av deponering av 1.2-1.5 mill m<sup>3</sup> sprengstein i Tynjadalen, Lærdal kommune. Deponiene vil inneholde de utsprengte massene fra ca. 14 km av av den planlagte vegtunnelen på E 16 mellom Aurland og Lærdal.

Tunneldrivingen fra nordsiden av fjellet vil starte med et tverrslag i Tynjadalen. Tverrslaget vil gå ca. 1500 m skrått nedover mot hovedtunnelen. Etter planen skal 8 km av hovedtunnelen mot Aurland og 6 km mot Lærdal drives gjennom tverrslaget i Tynjadalen. En regner med at dette arbeidet vil foregå over en periode på 3 til 5 år, med start på sensommeren/høsten 1994.

Det er utarbeidet en reguleringsplan for massedeponi i Tynjadalen, og den foreliggende rapporten er en konsekvensanalyse av forurensningsrisikoen for ferskvannsresipienten Kuvella og Lærdalselva nedstrøms Kuvella, både under selve anleggsfasen, og etter at anlegget av deponiene er avsluttet.

Følgende forhold er vurdert:

- Forurensningstilførsler til vassdrag fra deponeringsområdene.
- Effekter i resipientene, Kuvella og Lærdalselva, og konsekvenser for bruk.
- Forurensningsbegrensende tiltak.

Rapporten peker på de viktigste forurensningsproblemer knyttet til denne type naturinngrep, hvordan disse problemene kan tenkes å gjøre seg gjeldende for Lærdalsvassdraget, og hvordan de kan begrenses. Rapporten peker avslutningsvis på en del områder det bør arbeides videre med for å planlegge og gjennomføre anleggsarbeidet slik at miljøet ivaretas.

Rapporten bygger på gjennomgang av teoretisk materiale, og på erfaringer fra tilsvarende anleggsvirksomhet andre steder. I tillegg er utredningen basert på befaringer i området, og på møter, samtaler og skriftlig materiale fra offentlige etater og enkeltpersoner.



## 2. VASSDRAGET.

### 2.1. Nedbørfelt.

Lærdalsvassdraget ligger i Lærdal kommune i Sogn og Fjordane, og renner ut i Sognefjorden ved Lærdalsøyri. Lærdalselva dannes av sideelvene Mørkedøla og Smedøla med utspring i henholdsvis Hemsedalsfjellene og Filefjell. Nedslagsfeltet er på 1130 km<sup>2</sup>, og middelvannføringen er på ca. 36 m<sup>3</sup>/s. Vassdraget er regulert.

Tynjadalen er sidedalføre til Lærdal. Det går veg 5 km opp i dalen. Sideelven Kuvella, som renner gjennom Tynjadalen, har et nedslagsfelt på ca. 65 km<sup>2</sup>, og renner inn i Lærdalselva ca. 1.5 km ovenfor Tønjum og ca. 10 km ovenfor utløpet ved Lærdalsøyri. Høydeforskjellen innenfor Kuvellas nedslagsfelt er på over 1800 m fra samløpet med Lærdalselva til Store Hånosi (1836 moh).

#### 2.1.1. Areal, klima, avrenning.

##### Areal.

Kuvellas nedbørfelt ved nedre kant av deponiet er planimetret til 52 km<sup>2</sup>. Arealet som dekkes av deponiene er anslått til ca. 160 daa.

De aktuelle arealene som omfatter deponier, riggområder og veier er vist i figur 2.1.1. Deponiområdene går opp til kote 450, og er relativt bratte. Det maksimale fallet på terreng-overflaten vil ikke bli nevneverdig større etter at deponiet er avsluttet. I følge de tverrprofilene som er tegnet opp, kan den nedre delen av lia bli noe brattere etter at deponiene er avsluttet. Det kan muligens påvirke skredgrensene i framtida.

Området har tydelige merker etter skred og avrenning. I de aktive skredområdene er det sparsomt med vegetasjon. Deler av arealet er ur, mens andre deler har mer finkornet materiale. En kunne under befaringen se erosjonsspor i skredmassene. Arealet er også preget av større blokker.

##### Klima.

Nærmeste stasjon for temperatur og nedbør er stasjon 5413 Lærdal-Tønjum. Denne stasjonen ble opprettet i 1948. Normaler og ekstremverdier for temperatur og nedbør i perioden 1961-90 er vist i tabell 2.1.1.

Området har moderat nedbør, mest om høsten og tidlig vinter. Februar og april er de tørreste månedene. Ekstremene viser at det kan være stor vinternedbør, og at enkelte døgn også kan ha store nedbørmengder. Temperaturen varierer også innen vide grenser både sommer og vinter. Det er registrert opp til 15 varmegrader, både i januar og i februar. Klima og topografi gjør at rasfasen i anleggsområdet er stor.



**Tabell 2.1.1.** Normaler og ekstremer av temperatur og nedbør for stasjon 5413 Lærdal-Tønjum i perioden 1961-90.

**Temperatur**

| J                                    | F     | M     | A    | M    | J    | J    | A    | S    | O    | N     | D     |
|--------------------------------------|-------|-------|------|------|------|------|------|------|------|-------|-------|
| <b>Temperaturnormaler 1961-90</b>    |       |       |      |      |      |      |      |      |      |       |       |
| -2,5                                 | -2,2  | 1,3   | 5,2  | 10,3 | 13,6 | 14,7 | 13,9 | 9,9  | 6,1  | 1,4   | -1,2  |
| <b>Høyeste månedstemperatur</b>      |       |       |      |      |      |      |      |      |      |       |       |
| 4,2                                  | 5,6   | 4,5   | 7,8  | 12,0 | 16,6 | 16,9 | 17,2 | 13,8 | 10,2 | 5,5   | 3,3   |
| <b>Laveste månedstemperatur</b>      |       |       |      |      |      |      |      |      |      |       |       |
| -8,6                                 | -9,0  | -4,2  | 2,9  | 8,0  | 11,2 | 13,1 | 11,9 | 7,7  | 2,7  | -3,1  | -7,9  |
| <b>Absolutte maksimumstemperatur</b> |       |       |      |      |      |      |      |      |      |       |       |
| 15,9                                 | 15,3  | 16,8  | 19,2 | 26,8 | 29,9 | 30,9 | 31,0 | 24,5 | 20,5 | 17,5  | 14,8  |
| <b>Absolutte minimumstemperatur</b>  |       |       |      |      |      |      |      |      |      |       |       |
| -20,7                                | -21,1 | -15,3 | -8,0 | -2,5 | -0,1 | 4,0  | 2,8  | -2,5 | -7,2 | -13,9 | -19,4 |

**Nedbør**

| J   | F   | M   | A  | M  | J  | J   | A   | S   | O   | N   | D   |
|---|-----|-----|----|----|----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| <b>Nedbørnormaler 1961-90 i mm</b>                        |     |     |    |    |    |     |     |     |     |     |     |
| 44  | 23  | 29  | 14 | 21 | 33 | 47  | 50  | 60  | 66  | 54  | 50  |
| <b>Største månedsnedbør i mm</b>                          |     |     |    |    |    |     |     |     |     |     |     |
| 186   | 142 | 210 | 42 | 58 | 71 | 121 | 104 | 121 | 139 | 199 | 202 |
| <b>Minste månedsnedbør i mm</b>                           |     |     |    |    |    |     |     |     |     |     |     |
| 1   | 0   | 0   | 0  | 1  | 8  | 10  | 8   | 16  | 13  | 2   | 0   |
| <b>Største døgnsnedbør i mm</b>                           |     |     |    |    |    |     |     |     |     |     |     |
| 44  | 42  | 39  | 28 | 16 | 35 | 31  | 35  | 24  | 33  | 39  | 42  |
| <b>Største snømengde i cm</b>                             |     |     |    |    |    |     |     |     |     |     |     |
| 23  | 23  | 16  | 15 |    |    |     |     | 5   | 33  | 20  | 33  |
| <b>Årsnedbør ( sum av månedsnormaler 1961-90): 491 MM</b> |     |     |    |    |    |     |     |     |     |     |     |

### **Avrenning.**

Vi har nyttet Avrenningskart for Norge, Blad 4, (NVE, 1987). Utsnitt er vist i figur 2.1.2. Kartet har referanseperiode 01.09.30 - 31.08.60. Årlig middelavrenning varierer fra ca 10 l/s\*km<sup>2</sup> nede i Tønjum til ca 40 l/s\*km<sup>2</sup> i fjellpartiet lengst oppe i Kuvellas nedbørfelt. Dette indikerer at nedbørforholdene varierer mye i det aktuelle området.

Nedbørfeltet til nedkant av deponiene, som er anslått til ca 52 km<sup>2</sup>, er vist i figur 2.1.3. Midlere årlig avrenning varierer fra ca 10 til ca 40 l/s\*km<sup>2</sup>. Arealene med de største intensitetene utgjør den største delen av nedbørfeltet. Midlere årlig avrenning for hele feltet anslås derfor til å ligge i størrelsesorden 30-35 l/s\*km<sup>2</sup>.

Det går fram av reguleringsplan for massedeponi i Tynjadalen at det er stor fare for snø- og sørperas deponiområdet. Skredgrensene når flere steder helt ned til/over elva Kuvella.

I dalsidene er det tegnet inn flere elveløp på kartet (M 1:5000), men disse ser ikke alltid ut til å stemme helt overens med terrenget. Det er mange "renner" nedover i lisdida. Her har det rent/renner det vann i flomsituasjonene. Dette vannet må ha passasje også etter at deponiene er fylt opp.

Det er mye som tyder på at en god del av avrenningen fra dalsidene skjer til dels nede i ras- og skredmassene, med retning mot Kuvella. De hydrologiske forholdene varierer mye over året i nedbørfeltet til de områdene som omtales i denne rapporten. Det er ikke utført måling av vannføring i Kuvella. Det foreligger derfor ikke hydrogrammer som viser variasjonene i avrenning over tid. I perioder med liten avrenning er elva tørr på visse strekninger, da vannet renner i løsmassene i elveleiet. Flommene i Kuvella kan etter massetransporten og erosjonssporene å dømme være meget intense. Flomtopper har en særlig forbindelse med snøsmelting og ved intens nedbør. Lav vannføring er vanlig på sensommeren og om vinteren.

### **2.1.2. Geologi**

Løsmassene i Tynjadalen kan inndeles i to hovedgrupper; ras- og skredmasser i dalsidene og elveavsetninger langsmed elva Kuvella.

#### **Ras- og skredmasser**

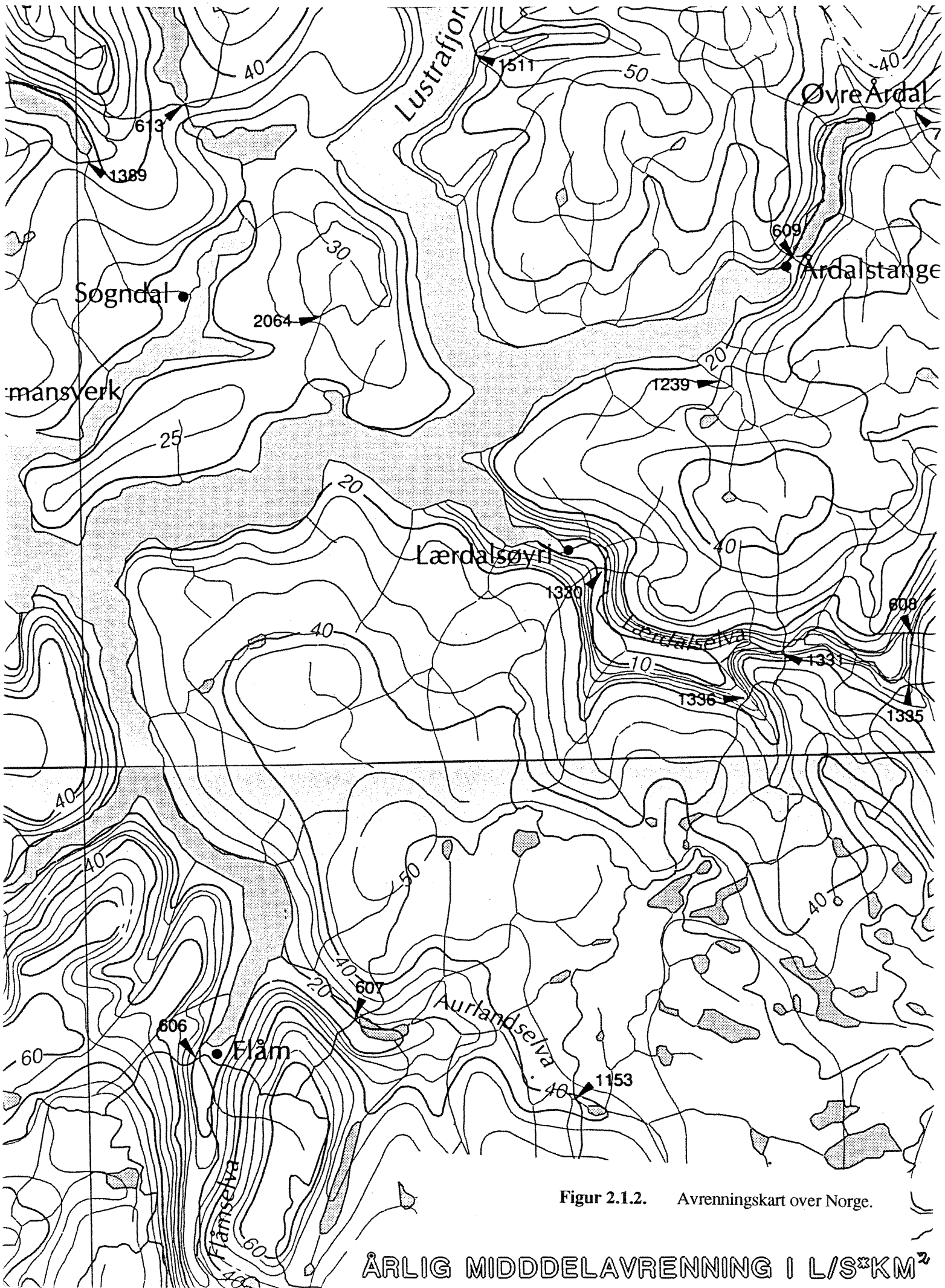
Ras- og skredmassene dekker stort sett dalsidene fra ca. 550 m høyde og ned til elva. Snitt og erosjonsspor viser at disse massene har stor mektighet. Det ble ikke observert fjellblotninger ved befaringen i desember 1993, men området var da dekket av 10-15 cm snø.

Terrengoverflaten har de fleste steder et høyt innhold av stein og blokk. Jordsmonnet er ofte svært tynt eller mangler helt.

Nedenfor alle skar, botner og gjel er det markerte erosjonsspor i ras- og skredmassene. Erosjonssporene skyldes rennende vann som har gravd seg ned i løsmassene. Sporene strekker seg et godt stykke nedover dalsiden. Normalt er disse løpene tørre. Stor vannføring med dertil hørende erosjon finner sannsynligvis sted bare ved spesielt store nedbørmengder, og ved kraftig snøsmelting.

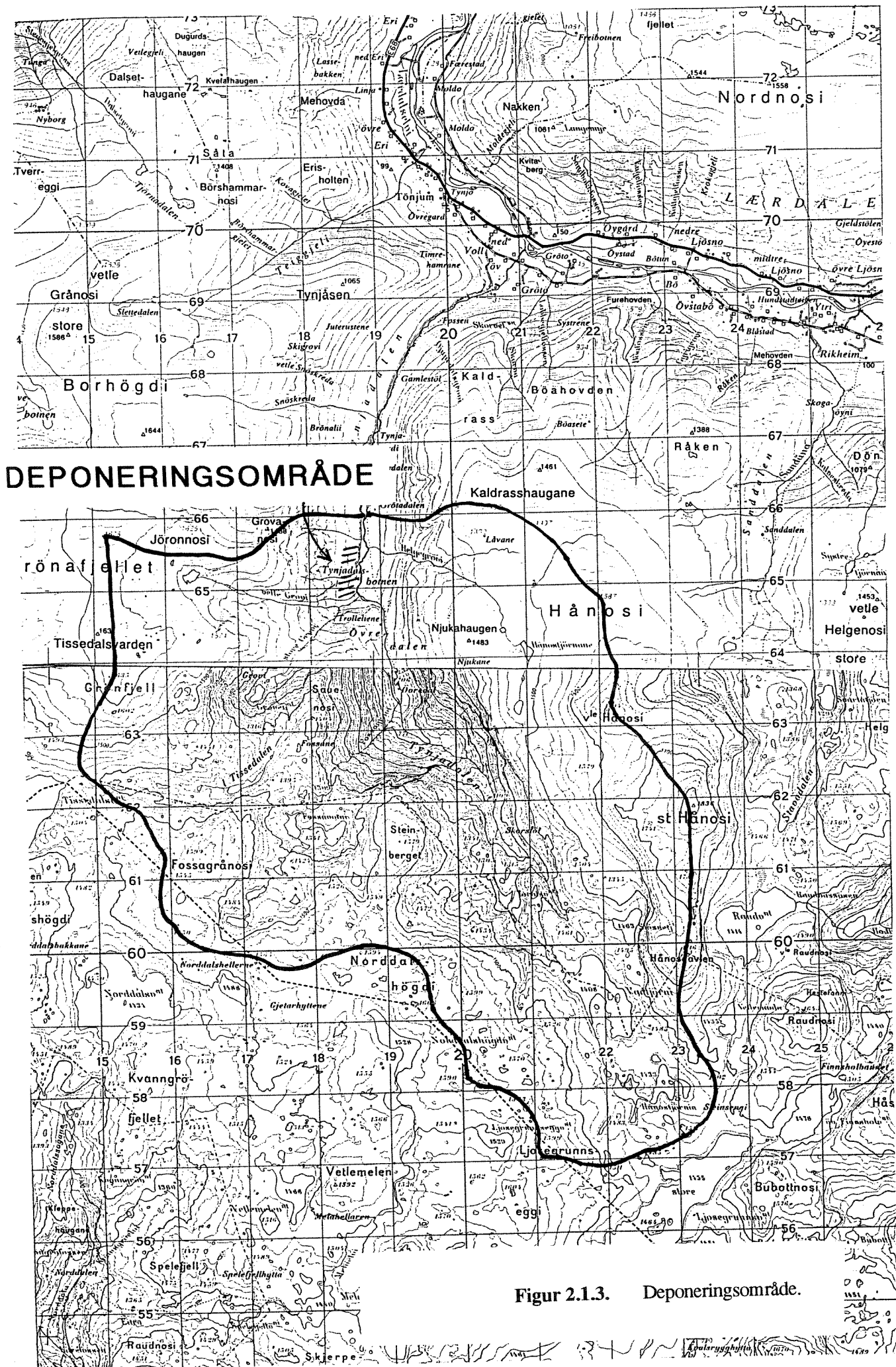
Innenfor de nordlige deler av det området hvor fylling 1 skal etableres, har terrengoverflaten nærmest form som et stort vaskebrett. Vekselvis ligger det løsmasserygger og forsenkninger, med lengdeutstrekning på tvers av dalføret, nærmest vinkelrett på Kuvella.

# AVRENNINGSKART OVER NORGE



Figur 2.1.2. Avrenningskart over Norge.

ÅRLIG MIDDELAVRENNING I L/S\*KM<sup>2</sup>



Figur 2.1.3. Deponeringsområde.

Snitt og skjæringer i ras- og skredmassene viser at løsmassene er dårlig sortert, og består hovedsaklig av stein- og blokkholdig grus og sand. En kornfordelingsanalyse viser et finstoffinnhold (silt) på ca. 20-25 %, se figur 4.2.4. Løsmassene er relativt godt pakket, men det er mulig å grave i dem med spade.

### **Elveavsetninger**

Elveavsetningene begrenser seg stort sett til selve elveleiet, enkelte øyer i elveløpet og en mindre elveslette i området der rigg 1 er planlagt. I overflaten ligger det grov stein og blokk. Sannsynligvis er dette en grov erosjonshud, med mer steinholdig sandige grusmasser under. Særlig i riggområde 1 vil det være naturlig å forvente at det ligger mer sandige grusmasser under stein og blokk. Ifølge jordbrukssjef Halvard Eri, Lærdal kommune er det ikke fjell i elveløpet før i utløpet av Tynjadalen mot Lærdalen.

Rett nord for området som er kalt Nedreilaget, rett øst for samløpet mellom Storegrovi og Kuvella, ligger en større vifteformet løsmasseavsetning, se figur 4.2.1. Løsmassene har form som en flomvifte, og kan være avsatt av flomvann fra Kuvella. Det er derfor grunn til å tro av setningen kan inneholde noe mer sortert og mer vanngjennomtrengelige løsmasser enn ras- og skredmassene ellers i dalen.

### **2.1.3. Grunnvann**

Den grove overflaten på ras- og skredmassene vil sannsynligvis medføre at det meste av nedbøren som faller i området infiltreres ned i løsmassene, og renner av som grunnvann. Grunnvannet vil ha en strømningsretning tilsvarende terreng-helningen helt ned mot Kuvella.

Ved befaringen i desember 1993 ble det ikke registrert noen markerte kildeutslag ned mot Kuvella. Dette indikerer at ras- og skredmassene har kapasitet til å motta og transportere det meste av nedbøren som grunnvann.

Flere av de mindre bekkeløpene som munner ut fra skar, botner og gjel er kun inntegnet i øvre deler av dalsidene på økonomisk kartverk. Dette indikerer at bekkene ved normale nedbørmengder "forsvinner" i løsmassene før de når Kuvella, dvs. infiltrerer i ras- og skredmassene.

Ved befaringen ble det registrert at elveløpet i øvre del av dalføret hovedsaklig var tørt. Enkelte steder ble det registrert vann som rant oppå isen i elveleiet. Ved brua over elva forsvant også dette vannet ned under elveløpet.

Lyden av rennende vann var imidlertid markert, spesielt fra fossen ved Nedreilaget/Krokane. Også her var elveleiet tørt. Dette indikerer at det må være en vesentlig vannføring i løsmassene i elveløpet, og at elveavsetningene over morene eller fjell er massive. NGI (1993) oppgir dybden på urene i Tynjadalen til over 50 m.

Ifølge jordbrukssjef Hallvard Eri, Lærdal kommune, er elveløpet tørt i tørkeperioder om sommeren og i kalde perioder i vinterhalvåret. Resten av året renner det vann i det meste av elveløpet. Vannføringen under elveløpet kan også karakteriseres som en betydelig grunnvannsstrøm, som blir matet med overflatevann fra Kuvella og flere mindre sidevassdrag/bekker, samt fra utstrømmende grunnvann fra ras- og skredmassene i dalsidene. Grunnvannets strømningsretning vil være parallelt med Kuvella, dvs. mot nord. I stølsområdet ved Tynjadalstroi renner det vann i elveløpet tilnærmet hele året (Halvard Eri, pers. medd.).

Bortsett fra Forsvarets brønn ved bomstasjonen i munningen av dalføret er det ikke kjent at det er drikkevannsinteresser knyttet til grunnvannet i selve Tynjadalen. Derimot er det en del drikkevannsbrønner på vifta som er utspylt fra Tynjadalen. Brønnene er registrert og kartfestet av landbrukskontoret i Lærdal, se vedlegg 1, og forsyner gårdsbruk og boliger med grunnvann som mates inn i løsmassene fra Kuvella. Bare én av disse brønnene er boret i fjell.

## **2.2. Brukerinteresser.**

### **2.2.1. Laks- og sjøaufiske.**

Lærdalselva har verdensry som sportsfiskeelv, noe som bla. henger bla. sammen med topografi, vannføring og tilgjengelighet, i tillegg til fiskebestanden. Utleie av fisket innbringer fra år til annet omkr. 3 mill NOK (Olav Wendelbo, pers. komm.). Også som produksjonsområde for laks er Lærdalselva særdeles viktig. Vannkvaliteten i vassdraget er lite påvirket av sur nedbør (SFT 1993), og gir gode livsvilkår for laksefisk og næringsdyr. Ved hjelp av fisketrapper er den laks- og sjøauførende strekningen utvidet fra 24 til 41 km (Anon. 1989). Gjennomsnittlig årsfangst av laks og sjøaufe de siste 10 årene var på 6.367 kg.

Fisk kan vandre uhindret ca. 1 km opp i Kuvella. Denne strekningen var tidligere et viktig reproduksjonsområde for sjøaufe. Forbygningsarbeid foretatt i midten av 1980-årene har i vesentlig grad redusert Kuvellas verdi som produksjonsområde for fisk. Telling av gytefisk i første halvdel av oktober gjennom de siste 6 år viser likevel at sjøaufen fortsatt nytter Kuvella som gyteområde. Antall registrerte gytefisk i disse årene har variert mellom 18 og 37 stk. (Torkjell Grimelid, pers. komm.).

Den øvre delen av Kuvella er ikke fiskeproduserende. Fisk på vandring opp vassdraget stanses av fosser og stryk ca. 1 km ovenfor Lærdalselva. I tillegg er dalbunnen i de indre deler av Tynjadalføret for en stor del fylt opp av dype urer (NGI 1993). I perioder med lite nedbør og snøsmelting forsvinner Kuvella i løsmassene i denne delen av dalføret.

### **2.2.2. Fiskekultivering.**

Stamfiskanlegget, som er et viktig ledd i kultiveringsarbeidet i Lærdalsvassdraget, er lokalisert til Kuvella. Aktuell brukstid for bassenget er fra ca. juni til november. Vanngjennomstrømmingen i stamfiskeanlegget anslås til å være maksimalt 500 l/min. (Torkjell Grimelid pers. komm.).

Spesielle topografiske og geologiske forhold gjør Kuvella særlig egnet som vannkilde til et stamfiskanlegg for Lærdalsvassdraget. Bortsett fra et par mindre vann i over 1300 m høyde er det ingen innsjøer i nedslagfeltet, og ingen naturlige forekomster av fisk ovenfor fossene. Risikoen for at vannet skal være influert av smittsomme fiskesykdommer er derfor minimal. Temperatur og kjemisk vannkvalitet er gunstig, bla. som følge av grunnvannstilsig. For et laksevassdrag som Lærdalselva er et sidevassdrag med disse egenskapene av uvurderlig verdi i kultiveringssammenheng.

Det diskuteres om man også skal flytte klekkeridriften fra nåværende lokalitet ved Ljøsne til Kuvella. På denne måten vil man samle hele kultiveringsaktiviteten på ett sted, samtidig som utsettingsmaterialet blir bedre sikret mot fiskesykdommer.



### **2.2.3. Jordbruksvanning og drikkevann.**

I alt 15 gårdsbruk er tilknyttet et felles vanningsanlegg (naturlig trykk) med Kuvella som vannkilde. 3 gårdsbruk, i tillegg til Forsvaret sitt anlegg i Stampen, har drikkevannsbrønner som man antar får sitt tilsig fra Kuvella.

### **3. FORURENSNINGSVIRKNINGER I VASSDRAG.**

#### **3.1. Forurensningstyper og vannkvalitetskriterier.**

De fleste rapporterte tilfeller av stofftilførsler til vassdrag fra sprengstein i samband med fyllinger har funnet sted under og like etter anleggsperioden. De forhold som er inne i bildet ved denne type anleggsvirksomhet kan inndeles i 4 hovedgrupper:

1. Partikkelforurensning som følge av tunneldriving, knusing, fyllinger, utgravinger m.m.
2. Nitrogenholdige næringssaltforbindelser fra sprengstoffrester.
3. Oljespill.
4. Sur avrenning og utvasking av metaller etter blottlegging av sulfidholdige mineraler eller drenering av myrer. Denne påvirkningen vil være varig om ikke tiltak settes inn.

Klassifiseringssystem for miljøkvalitet i ferskvannsvannforekomster (SFT, 1989; 1992) kan gi en pekepinn om behovet for forurensningsbegrensende tiltak sett i forhold til miljømål (vannkvalitetsmål) som er satt opp på forhånd. Systemet kan også nyttes for å evaluere de forurensningsbegrensende effektene av igangsatte tiltak. Inndelingen i forurensningsgrader tar utgangspunkt i vannforekomstens antatte naturtilstand med hensyn til gitte fysiske, kjemiske eller biologiske parametre. Dagens miljøtilstand kan da tallfestes som avviket fra antatt naturtilstand.

Systemet kan benyttes til å klassifisere ulike vannforekomsters egnethet til ulike typer bruk, f.eks. drikkevann, jordvanning, friluftsbad og rekreasjon, fiskeoppdrett og sportsfiske, og angir visse grenseverdier som grunnlag for slik klasseinndeling.

Ulike bruksområder vil ha ulike grenseverdier for forskjellige forurensningsparametre. For å vurdere graden av forurensning som følge av en bestemt påvirkning, er det viktig at vannkvaliteten er godt undersøkt på forhånd, med hensyn til de aktuelle parametre. Forurensningsgraden indikeres gjennom forskjellen i miljøtilstand før og etter at forurensningen satte inn.

Ved å fastsette visse miljømål for vannkvalitet med hensyn til de 4 ovennevnte forurensningstypene på forhånd, vil det være mulig å kontrollere om vannkvaliteten holder seg innenfor de fastsatte mål. Denne framgangsmåten egner seg godt for en virksomhet av den typen som planlegges her. Tunneldriften og deponeringsarbeidet representerer en tidsavgrenset aktivitet som påvirker en vannforekomst med vitale miljøinteresser. I kapittel 3.3. foreslås en del miljømål som kan gjøres gjeldende under anleggsarbeidet.

##### **3.1.1. Partikkelforurensning.**

Denne forurensningstypen anses som den mest framtreddende ved denne typen anleggsarbeid, og gis derfor en relativt grundig behandling her.

Begrepet partikler brukes noe upresist om ikke-løste aggregater av variabel størrelse. Ofte innbefatter begrepet også levende organismer (bakterier, plankton). Av praktiske årsaker skiller man gjerne mellom oppløst og partikulært materiale ved en størrelse på 0.45  $\mu\text{m}$  (Wotton, 1990). Når vi snakker om suspenderte partikler i vann dreier det seg gjerne om kornstørrelser i intervallet fra 0.45  $\mu\text{m}$  og opp til 1000  $\mu\text{m}$ . Av døde partikler er det viktig å skille mellom organiske (detritus) og uorganiske (mineralske). I vår sammenheng er det den sistnevnte gruppen som er interessant. Uorganiske partikler kan vi dele inn i to hovedgrupper:

- Leirpartikler, ofte breslam eller erosjonsmateriale fra marine avsetninger.
- Nydannete partikler fra sprengingsarbeid, knusing osv.

Den førstnevnte gruppen kommer inn i bildet som forurensningsfaktor ved alle typer grave- og fyllingsarbeider med naturlig avsatte løsmasser, og er dessuten naturlig tilstede i varierende grad i alle vassdrag pga. naturlig erosjon. Brevassdrag kan ha særlig høye konsentrasjoner. Partikkelformen er avrundet.

Nydannete partikler fra sprengings- og knusingsarbeid er kantete og flisete, noe som har betydelige konsekvenser for de rent fysiske effekter på plante- og dyrelivet (Hessen 1988; 1992).

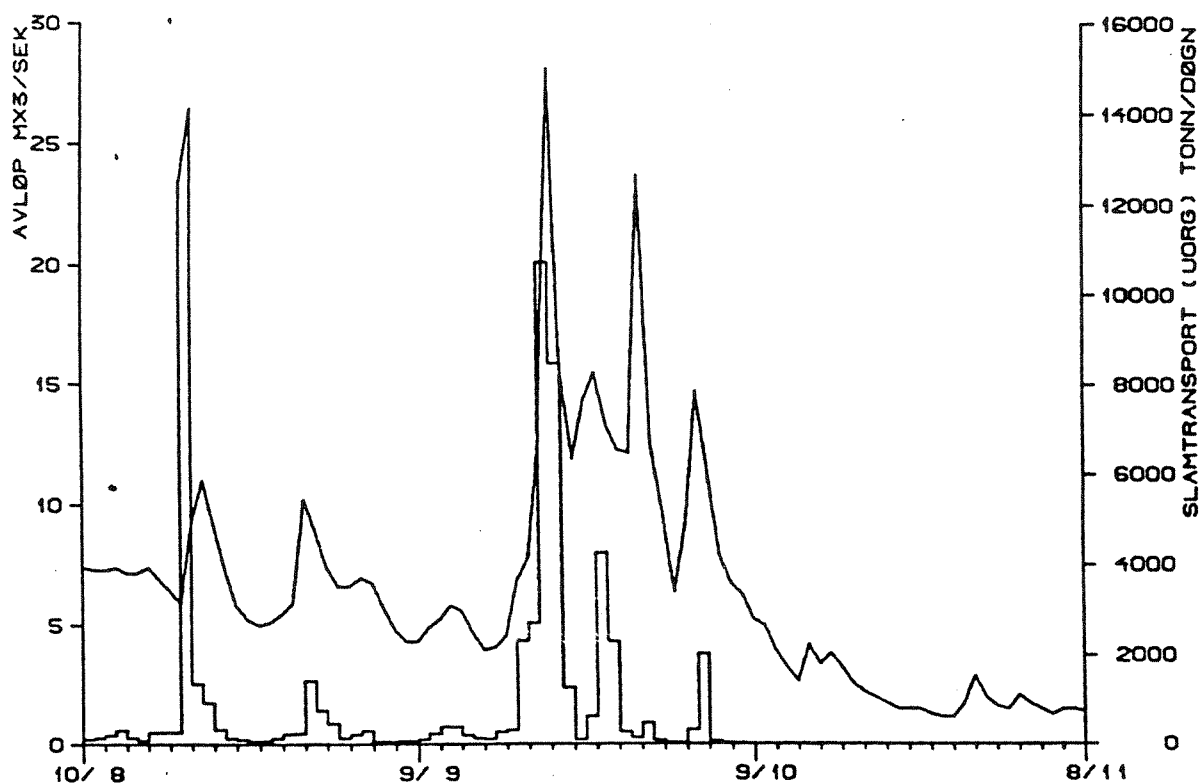
Partikkelkonsentrasjonene i vannet kan variere kraftig over korte tidsintervaller, både i naturlig slamførende vassdrag (brevassdrag) og i vassdrag som er påvirket av anleggsarbeid. Dette henger bla. sammen med variasjoner i nedbør og avrenning. Figur 3.1.1. viser sammenheng mellom vannføring og slamtransport i Vettefjordelva, mens figur 3.1.2. er et kornfordelingsdiagram av suspenderte partikler (vesentlig sprengstein) fra samme vassdrag (Bogen og Hougsnæs, 1989).

Den såkalte Wentworth-skala er mye brukt for størrelsesinndeling av partikler. Partikkelstørrelser som omtales i denne rapporten tar utgangspunkt i denne skalaen.

Tabell 3.1. Wentworth skala.

| Partikkel-kategori | Størrelse (mm)  |
|--------------------|-----------------|
| Blokk              | >256            |
| Stein              | 64 - 256        |
| Grov grus          | 16 - 64         |
| Grus               | 2 - 16          |
| Svært grov sand    | 1 - 2           |
| Grov sand          | 0.5 - 1         |
| Middels grov sand  | 0.25 - 0.5      |
| Fin sand           | 0.0125 - 0.25   |
| Svært fin sand     | 0.0625 - 0.125  |
| Silt               | 0.0039 - 0.0625 |
| Leire              | <0.0039         |

## MEL



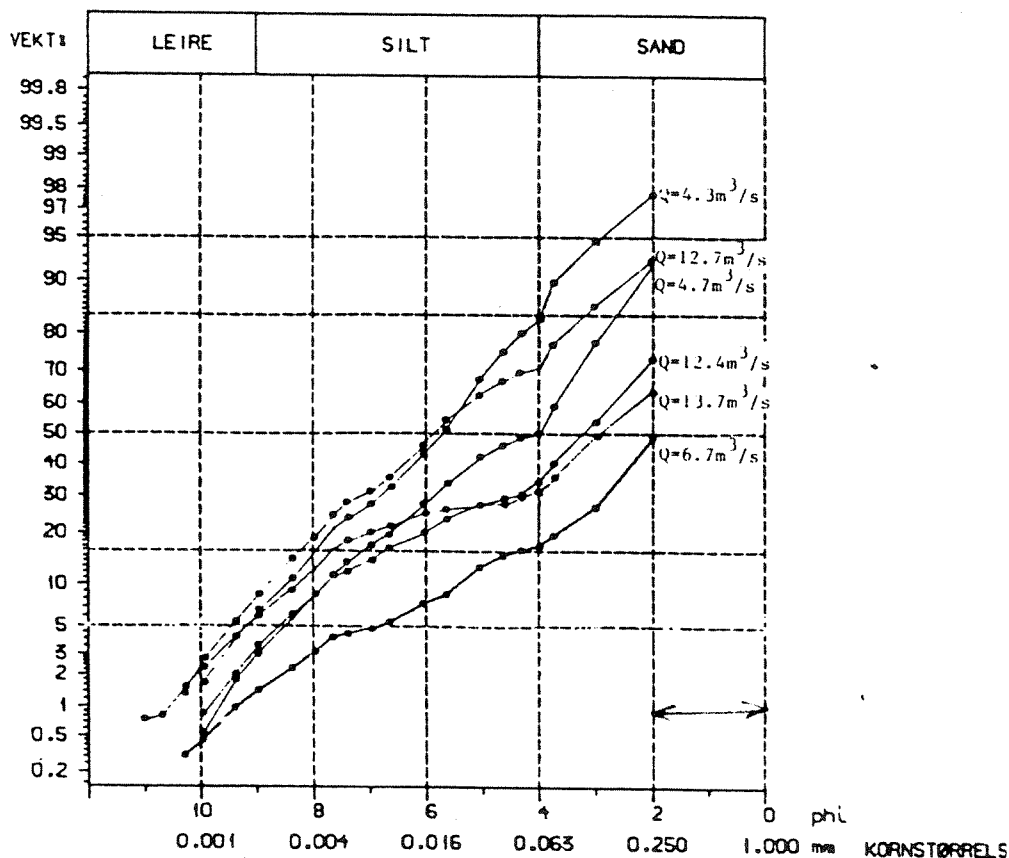
Figur 3.1.1. Vannføring (heltrukken linje) og suspensjonstransport (søyler) ved Mel i Vetlefjordnelva 9/8-7/11 1988 (fra Bogen og Hougnæs 1989).

En kan tenke seg minst 5 ulike virkemåter av suspenderte partikler overfor fisk og fiske (Grande 1986):

1. Direkte virkning på fisk. Redusert motstandsdyktighet, redusert tilvekst osv.
2. Utvikling av rogn og yngel (reproduksjon).
3. Påvirkning av adferd.
4. Redusert næringstilbud.
5. Vanskeliggjøre utøving av fisket.

#### Generelt.

Den europeiske innlandsfiskekommisjonen EIFAC (Alabaster & Lloyd 1982) angir retningsgivende verdier for hvor mye partikler som kan tåles av hensyn til fisk. Verdiene er imidlertid basert på effekter på avkastningen av fisket, og ikke på hva fisken direkte tåler av eksponering. Videre refererer EIFAC's grenseverdier til erosjonspartikler fra jordbruksarealer og elveleier, og man må derfor være varsom med å anvende disse verdiene direkte på partikler fra anleggsslam med stort innslag av nydannete partikler.



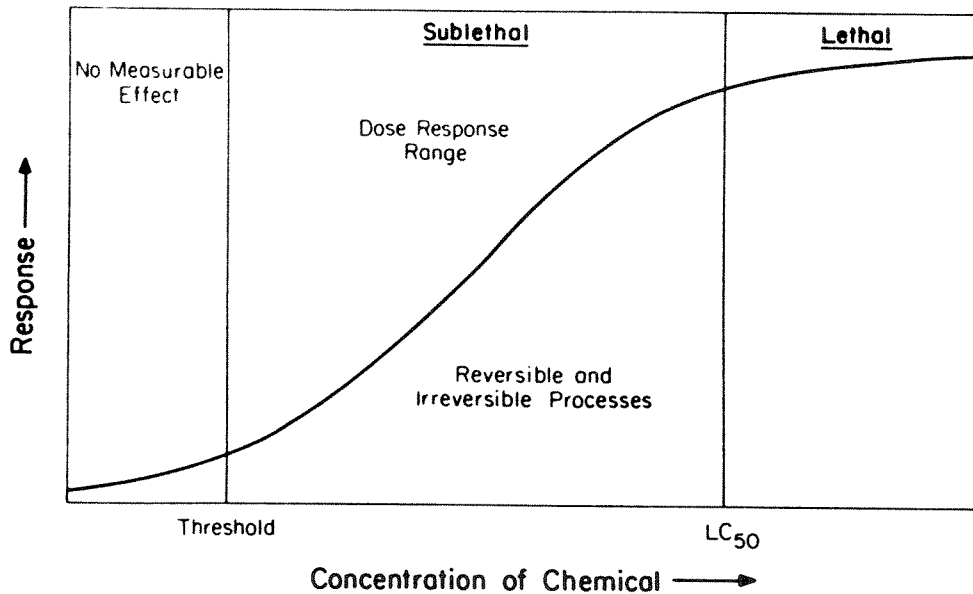
**Figur 3.1.2.** Kornfordelingskurver for suspensjonsmateriale ved Mel i Vetlefjordelva i september 1988.  $Q$  = vannføring (fra Bogen og Hougsnæs 1989).

Vi skiller mellom direkte og indirekte effekter. Vi snakker om direkte effekter der skarpe partikler penetrerer epitel og slimlag hos fisk, filtrerende bunndyr og plankton. Hos fisk forårsaker dette slimutsondring, og kan i ekstreme tilfelle føre til dødelige skader på åndedretsorganene. Andre direkte effekter skyldes at partikler "sliper" bort påvekstlager fra elvebunnen, og dermed reduserer næringsgrunnlaget for en del bunndyr.

Graden av påvirkning (respons) avhenger av forurensningskonsentrasjon (dose) (figur 3.1.3) og av eksponeringstid, dvs. hvor lang tid dyret er utsatt for påvirkningen (figur 3.1.4). Sammenhengen mellom konsentrasjon og eksponeringstid er viktig, men lite kjent når det gjelder partikkelforurensning. Imidlertid er kunnskaper om disse sammenhengene nødvendige for å vurdere direkte effekter og skader av slik forurensning.

Indirekte effekter kan skje ved sedimentasjon i innsjøer og stilleflytende elvestrekninger. Dette kan påvirke vilkårene for næringsdyr og fisk. Suspenderte slampartikler reflekterer lys, noe som kan endre livsvilkårene for plankton i innsjøer og for dyr som bruker synet i forbindelse med næringsopptak.

Sedimentasjon på stilleflytende partier i elver og kan føre til tetting av porerommene i grusen i gytegrøper der laks og ørret har lagt sin rogn. Dette reduserer gjennomstrømmingen i grusen, og rogn og yngel kan stryke med av oksygenmangel. En rekke forskere har påvist at dødeligheten på egg og yngel øker når gyteplassene overdekkes av finfordelt materiale (Alabaster & Lloyd, 1982). Vellykket utvikling av eggene beror mest på hvor mye slam som sedimenterer på bunnen, og i mindre grad på hvor mye som er suspendert.



**Figur 3.1.3.** Idealisert diagram som viser effekter av dose på respons, målt som fysiologisk forandring (Fra Heath 1987)

Fisk kan tåle forbausende høye konsentrasjoner av mineralsk materiale. Partiklenes geologiske opphav, størrelse og form må tas i betraktning. I tillegg vil ulike partikkelstørrelser og typer ha ulike effekter på ulike fiskearter og stadier.

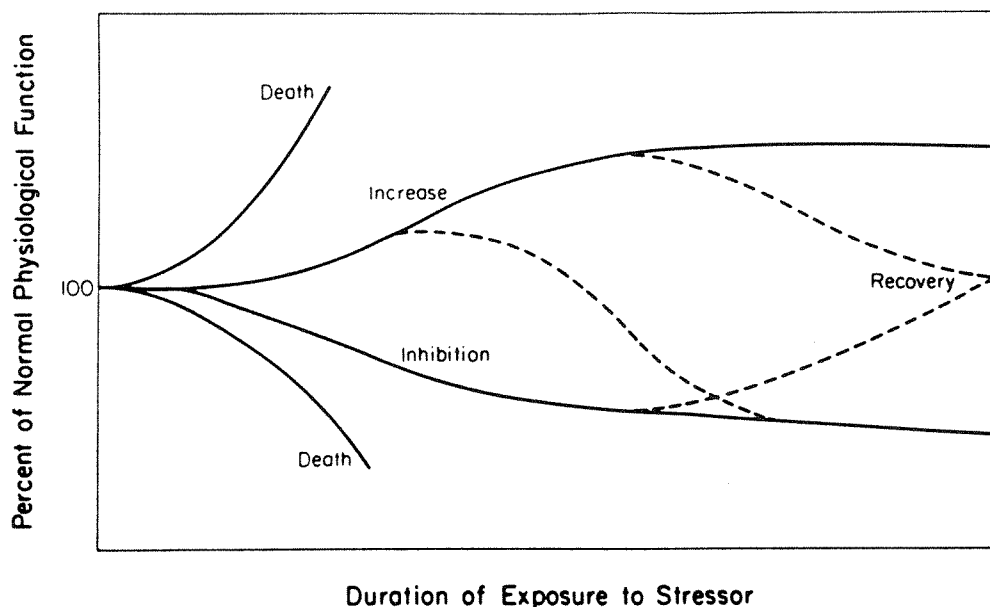
Redusert tilvekst hos fisk ved partikkelforurensning er satt i sammenheng med vanskeligheter for fisken å finne maten (Grande, 1986). Partikkelforurensning reduserer dessuten næringstilbudet, slik at fisken må bruke mer energi til næringssøk.

Det er sannsynlig at fisk som er påvirket av partikkelforurensning også vil være mer utsatt for sykdom. Skader på slimlag og gjelleepitel åpner for infeksjoner. Eksperimentelt er det vist at regnbueørret var mer utsatt for finnråte i høye partikkelkonsentrasjoner (Grande, 1986).

Høye konsentrasjoner av partikler ser ikke ut til å hemme laksefisk under vandring fra sjøen og opp i vassdrag for å gyte. Flere undersøkelser tyder på at konsentrasjoner på opp til flere tusen mg/l kan passeres uten vanskeligheter (Grande, 1986).

For selve utøvelsen av fisket har tilslamming en rekke uheldige følger (Grande, 1986). Sportsfiske kan påvirkes slik at f.eks. fluefiske vanskeliggjøres og blir mindre attraktivt. Vading kan bli

vaskeligere på grunn av at bunnen blir glattere og vanskeligere å se. Rent estetiske forhold med et tilslammet vassdrag kan bety at naturopplevelsen ved utøvelsen av sportsfisket blir redusert, og at betalingsvilligheten for leie av fiskerett går ned.



Figur 3.1.4. Illustrasjon av fysiologisk forandring ved forurensningseksposering over tid.

#### Noen norske eksempler.

I forbindelse med et tunnelsprengingsarbeid i Trøndelag registrerte Jacobsen m.fl. (1987) betydelig fiskedød både i resipientelva og i et settefiskanlegg ved så lave tørrstoffkonsentrasjoner som <5 mg/l. Partiklene var i dette tilfellet nålformete korn av amfibol/kloritt, og besto av meget små fibre (<10 µm). Denne observasjonen tyder bla. på at høyt antall partikler pr. volumenhet kan være skadelig selv om den totale tørrstoffkonsentrasjonen er lav, og at partiklenes form spiller en avgjørende rolle.

Ved Mel i Vetlefjordelva i Sogn og Fjordane ble det i 1988 registrert varierende tørrstoffkonsentrasjoner opp til 10.16 g/l i forbindelse med tipping av tunnelmasse i elveskråningen ned mot vassdraget. Middelkonsentrasjonen for alle målinger ved Mel i 1988 var på 815.95 mg/l. Disse konsentrasjonene er langt høyere enn det som er målt i naturlige vassdrag i Norge (Bogen & Hougsnæs, 1989).

Substratet i Vetlefjordvassdraget ble sterkt påvirket, og det ble registrert en kraftig endring i bunnfaunaens mengde og sammensetning, med nedgang i grupper av viktig fiskeføde som steinfluer og døgnfluer. Det ble ikke registrert akutt dødelighet på fisk, men det ble påvist slimutsondring på gjellene, redusert kondisjon hos fisken og betydelig rekrutteringssvikt (Hessen m.fl. 1989). Senere undersøkelser har vist at bunndyr og fiskerekruttering har tatt seg opp igjen etter at anleggsarbeidet ble avsluttet, og den kraftige tilslammingen stoppet opp (Bjerknes & Bækken 1990).

Vegfyllingsarbeid langs Vangsvatnet i Hordaland og flomsikringsarbeid ved Vangsvatnets utløp førte til konsentrasjoner av minerogent materiale på opptil 118.6 mg/l ved utslippstedet, og opptil 30.5 mg/l 8 km nedstrøms. Det ble påvist klare effekter på bunnfaunaen, men ikke på fisk eller på naturlig gytt rogn av laks i vassdraget (Bjerknes & Aanes, 1990; Bjerknes m.fl., 1991; Sægrov m.fl., 1991).

Klassifisering av egnethet for drikkevann (SFT, 1989) setter en øvre grense for suspendert stoff på 10 mg/l for drikkevann, friluftsbad og sportsfiske, for tilstandsklassen "meget dårlig" og egnethetsklassen "ikke egnet". For bruk til jordbruksvanning og fiskeoppdrett nyttes egnethetsklassen "mindre egnet" for samme forurensningsgrad.

Høyt innhold av finpartikulært materiale gir vannet et lite estetisk utseende, og kan føre til problemer med misfarging av sanitærutsyr og klesvask. Med en økt slam- og finstofftransport i Kuvella kan en ikke utelukke at en del drikkevannsbrønner kan bli påvirket av finpartikulært materiale (se kapittel 3.3).

I de grove løsmassene i øvre deler av utspylingsvifta ved munningen av Tynjadalen vil elvevannet bli matet ned i løsmassene. Finstoff (leire) vil kunne følge grunnvannet gjennom de grove massene, og kan på denne måten komme i kontakt med brønnene.

#### **Tiltak.**

Tiltakene som er omtalt i kapittel 4 er først og fremst rettet mot partikkelforensning. En del av tiltakene vil også motvirke de andre forensningstypene.

#### **3.1.2. Nitrogenforensning.**

##### **Generelt.**

Avrenningsvann fra deponiene vil inneholde forhøyete verdier av nitrat. Den biologiske betydningen av nitratforbindelser i vann ligger først og fremst i at nitrat er et næringssalt som primærproduzentene benytter i fotosyntesen. Vurdert fra helsemessige synspunkter har SIFF krav om at drikkevann skal inneholde <2.5 mg NO<sub>3</sub>-N/l. Klassifiseringssystemet for egnethet for drikkevann setter øvre grense for totalnitrogen til 0.8 mg N/l (SFT, 1989). I dette systemet inngår nitrogen sammen med en rekke andre parametre. Drikkevann med nitrogenkonsentrasjon >0.8 mg/l gis tilstandsbetegnelsen "meget dårlig" og egnethetsbetegnelsen "ikke egnet".

Brønnene som mates fra Kuvella (se kapittel 2.2.3 og 3.3) vil være utsatt for nitratpåvirkning. I avrenningsvann fra sprengstein er det tidligere målt nitrogenkonsentrasjoner opptil mellom 5 og 10 mg/l (Lande, 1986). Fortynningseffekten i Kuvella gjør det lite sannsynlig at avrenning fra deponiene vil føre til nitratkonsentrasjoner i brønnene som vil overstige SIFF's grenseverdi på 2,5 mg/l. Nitratavrenningen fra tunnelvannet knytter det seg noe større usikkerhet til.

I Lærdalsvassdraget, som i de fleste andre norske vassdrag er det fosfor som begrenser primærproduksjonen. En økning i nitratkonsentrasjonen alene vil derfor ikke få noen vesentlig betydning for produksjonsforholdene. Dersom steinen inneholder fosfor som frigjøres ved sprenging og knusing, vil avrenningen kunne medføre eutrofi-problemer.



**Tiltak.**

Økningene i nitratkonsentrasjonene antas å bli kortvarige, og vil være styrt av de samme forhold som styrer partikkelforurensningen, dvs. nedbør, snøsmelting og vannføring. De tiltakene som settes i verk for å hindre erosjon av partikulært materiale vil stort sett også virke for nitrat. Nitrogenet vil imidlertid for en stor del foreligge løst, og vil derfor ikke fanges opp av sedimenteringsdammene.

**3.1.3. Olje- og kjemikaliespill.**

ANFO, som inngår som en viktig sprengstoffkomponent, inneholder 4-6% mineralolje. Ved vellykket sprengning vil oljereseter ikke være tilstede i spylevatnet fra tunnelen og i sprengsteinen som skal deponeres. Det er viktig å hindre søl ved håndtering og lading, slik at oljeforurensning fra sprengstoff unngås.

Brønnene som ligger nærmest Kuvella vil være mest utsatte i tilfelle lekkasjer fra olje- og drivstofftanker i anleggsområdet. Slik påvirkning vil merkes både på lukt og farge. Muligheter for oljespill ved tanking, oljeskift, lekkasje fra drivstofflagre osv. og tiltak for å begrense denne typen forurensning er gjennomgått i kapittel 4.

**3.1.4. Sur avrenning og utvasking av metaller.****Generelt.**

Det finnes flere eksempler på at sprengning og deponering av sulfidholdige/metallholdige bergarter har medført skader på vassdrag. Lien (1989/90) beskriver noen svært sure vassdragsavsnitt ved Heiane på Stord, der forsureningen trolig er forårsaket av avrenning fra vegfyllinger, skjæringer og fra et industriområde som er anlagt på sulfidholdige bergarter.

Hindar m.fl. (1992) beskriver et tilfelle ved Lillesand i Aust-Agder der utsprengning av jernsulfid- og kopperkisholdige masser førte til dramatiske vannkjemiske endringer i et tilstøtende vassdrag. Når slike mineraler kommer i kontakt med luft, vil sulfidene oksyderes til sulfat. Ved kontakt med vann dannes svovelsyre, med den følge at metaller, eksempelvis aluminium løses ut i betydelig grad, til skade for fisk og næringsdyr.

Ifølge berggrunnskart og opplysninger innhentet fra Fylkesgeologen i Sogn og Fjordane (Russenes pers. medd.), skal tunnelen mellom Lærdal og Aurland gå gjennom grunnfjellsbergarter, som hovedsakelig består av øyegneis og grannittisk gneis. Det kan imidlertid ikke utelukkes at man treffer på anortosittiske bergarter i tunnelen. Fylkesgeologen kjenner ikke til at det er registrert kisholdige bergarter i området.

Sprengstein fra øyegneis, granittisk gneis og anortositt vil sannsynligvis ha en pH-verdi på rundt 7-8, dvs. være svakt basisk. Det er derfor ikke grunn til å forvente at deponering av slike masser vil virke forsurende på Kuvella eller på grunnvannet i dalføret.

## 3.2. Effekter på vannkvalitet.

### 3.2.1. Kuvella og Lærdalselva.

Karakteristisk for et lite nedbørfelt som Tynjadalen er at det er meget følsomt overfor regnskyll av høy intensitet og kort varighet (Skofteland, 1978). Få og små innsjøer i nedslagsfeltet gir liten grad av selvregulering, noe som gjør at avløpet meget raskt kan øke til flom av høy intensitet. Flommen, som vesentlig skyldes avrenning langs overflaten eller like under denne, vil kulminere og igjen avta meget raskt. Hele flommen kan være over på få timer.

De samme forhold gjelder flommer som vesentlig skyldes snøsmelting. Snøsmelting skjer normalt til forskjellig tid i lavland og høyfjell. Dette vil ha en utjevne effekt på vannføringen nederst i større vassdrag, mens en i et lite felt vil kunne få snøsmelting samtidig i store deler av feltet.

I kapittel 2.1. er Kuvellas totale nedbørfelt fram til samløpet med Lærdalselva angitt til 65 km<sup>2</sup>, og midlere årlig avrenning for hele feltet er anslått til 30-35 l/s\*km<sup>2</sup>, noe som gir en midlere vannføring på omkr. 2 m<sup>3</sup>/s.

Nedenfor presenteres noen tenkte tilfeller med utgangspunkt i flommer på opptil 5 ganger middelvannføringen, dvs. 10 m<sup>3</sup>/s (trolig må en regne med at det kan forekomme flommer på opp til 10 ganger middelvannføringen). Da nedre kant av deponiområdene på enkelte strekninger vil ligge nokså tett opptil vassdraget, vil det være risiko for at plutselige flommer kan føre med seg finstoff fra deponiene. I tillegg vil snøsmelting eller regnvær bidra til at finstoff når vassdraget. Det kan også tenkes situasjoner der snø- eller sørperas fører med seg finstoff fra deponiet.

Episodisk tilslamming av Kuvella, med tørrstoffverdier på samme nivå som i Vetlefjordvassdraget, kan tenkes (kapittel 3.1.1. ovenfor), kan finne sted ved kortvarige flommer på opptil 10 m<sup>3</sup>/s.

Dersom det utvasket finstoff gir en tørrstoffkonsentrasjone på 800 mg/l, kan dette ha alvorlige følger for rogn og yngel av sjøaure i nedre del av Kuvella. Fortynningen etter samløpet med Lærdalselva avhenger av hovedvassdragets vannføring. Ved en flom i Lærdalselva på 200 m<sup>3</sup>/s blir utslippet fortynnet til 40 mg/l, ved 100 m<sup>3</sup>/s til 80 mg/l, og ved 50 m<sup>3</sup>/s til 160 mg/l. De direkte effektene på fisk av slike konsentrasjoner over korte tidsrom vil være små.

Gitt ovennevnte betingelser vil en flom av 3 timers varighet føre bortimot 90 tonn finstoff ut i Lærdalselva. Utvasking av finstoff fra deponiene vil trolig være begrenset til episoder knyttet til flommer i Kuvella. Hvor mye av stoffet som sedimenterer i Lærdalselva avhenger av vannføringen. Effektene etter utløp i Lærdalsfjorden vil være minimale sammenliknet med deponering av tunnelmasse ved Fadnes (Johnsen & Golmen, 1992).

For stamfiskbassenget ved Kuvella vil en vannkvalitet på 800 mg tørrstoff /l være uheldig. Selv om stamfisk normalt bør tåle slike konsentrasjoner over kortere tidsrom (Grande 1986), risikerer en at skader eller andre unormale forhold ved fisken kobles til vannkvaliteten. Derfor anbefales det å bore en grunnvannsbrønn i løsmasser eller fjell, for å ha en upåvirket vannkilde. Det kan eventuelt installeres hjulfilter som alternativ eller som supplement. Dette vil imidlertid bare ta de groveste partiklene.

I den mest intense perioden for jordbruksvanning om sommeren, vil vannføringen i Kuvella være liten, og stofftapet fra deponiene ubetydelig. Effektene for kvaliteten på jordvanningsvannet vil derfor være minimale.

Erfaringer fra anleggsforurensning av vassdrag andre steder viser at vesentlig nedsatt siktbarhet i vannet gjør seg gjeldende også ved adskillig lavere tørrstoffkonsentrasjoner enn nevnt i eksemplene ovenfor (Grande 1986; 1992). Små partikler i silt- og leirefraksjonene kan gi høy turbiditet selv om konsentrasjonen av partikulært materiale kan være lav. Disse fraksjonene vil være vanskeligst å bli kvitt ved resning, og en må forvente nedsatt sikt i Lærdalselva også utenom perioder med storflom i Kuvella. Dette vil neppe ha vesentlige biologiske effekter, men vil berøre estetiske hensyn og hensynet til utøvelsen av fisket i Lærdalselva nedstrøms Kuvella.

Tiltakene i tilknytning til tunneldriften, og tiltakene for å avgrense stofftapet fra deponiene i Tynjadalen vil være avgjørende når det gjelder å redusere disse effektene. I sommerhalvåret vil avrenningen fra Kuvella normalt være lav, slik at effektene i nedre del av Lærdalseva i fiskesesongen vil være små.

Vannkvaliteten i Lærdalselva er godt dokumentert gjennom Statlig program for forurensningsovervåking (SFT, 1993). Et utvidet prøvtakings- og analyseprogram er allerede igangsatt for å skaffe grunnlagsinformasjon om vannkvaliteten i Kuvella og i Lærdalselva nedstrøms Kuvella. Det er også satt igang forhåndsundersøkelser av bunndyr og fisk i Kuvella og av bunndyr i området omkring samløpet med Lærdalselva.

Det er meningen at disse vassdragsundersøkelsene skal munne ut i et overvåkingsprogram som vil bli kjørt under- og i en tid etter anleggsfasen i Tynjadalen. Programmet for undersøkeselsene finnes i vedlegg 3. Dokumentasjon av fiskebiologiske forhold i selve Lærdalselva dekkes av eksisterende overvåkingsprogram som utføres av Fylkesmannens Miljøvernavdeling (Roy Langåker pers. komm.).

### 3.2.2. Konsekvenser for grunnvannskilder.

Registrerte grunnvannsbrønner som mates fra Kuvella består av gravde, relativt grunne brønner. Løsmassene i deler av vifta er sannsynligvis grove.

En kan ikke utelukke at de mest usatte brønnene kan få vannkvaliteten påvirket av aktivitetene i forbindelse med anleggsvirksomhet eller massedeponiene. Påvirkningen av grunnvannet i nedre del av Tynjadalføret vil først og fremst dreie seg om:

- Turbid vann (partikler).
- Økte nitratverdier.

Ut fra et økonomisk kartverk hvor brønnene er inntegnet, vurderes følgende brønner å være mest utsatt:

- Forsvarets to brønner, ved Stampen og i Tynjadalen.
- 14/2, Voll nedre, Harald Midtvoll.
- 13/5, Skogheim, Kåre Grøthe.
- 14/7, Bruvoll, Ola Bruvoll.

Det kan ikke utelukkes at også andre brønner kan bli påvirket, men sannsynligheten for dette er liten, da avstanden fra Kuvella er stor.

Det bør tas flere vannprøver fra de mest utsatte brønnene før anleggsstart. Prøvene bør først og fremst analyseres for tørrstoff, turbiditet, nitrat og bakterieinnhold. Under - og i en tid etter anleggsfasen bør det fortsatt tas regelmessige prøver og vannanalyser.

### 3.3. Forslag til miljømål.

Det opprettes bestemte målepunkt i Kuvella nedstrøms deponiet i Tynjadalen, og i Lærdalselva nedstrøms Kuvella. For hvert av disse punktene blir det på forhånd fastsatt miljømål (vannkvalitetsmål) som skal gjelde under og etter anleggsarbeidet. De sikrings- og rensetiltakene som blir gjennomgått i kap. 4 skal sikre at de fastsatte vannkvalitetsmål kan holdes. Målene som foreslås nedenfor søker å tilfredsstille de viktigste brukerinteresser og biologiske funksjoner i de ulike vassdragsavsnitt.

Målene er foreløpige forslag. Det bør foretas mer nøysktige beregninger for å kunne fastsette mål for vassdragssavsnitt som er realistiske i forhold til fortynning, sedimentasjon/resuspensjon osv. Tabell 3.1. presenterer et forslag til vannkvalitetsmål på den øverste stasjonen i den påvirkede delen av vassdraget. Vi foreslår at denne stasjonen blir utstyrt med et selvregistrerende turbidimeter tilkoblet skriver eller datalogger.

**Tabell 3.3.1. Vannkvalitetsmål for Kuvella nedstrøms deponi.**

|                             | Normale driftsforhold | Øvre grense | Ekstrem-episoder* |
|-----------------------------|-----------------------|-------------|-------------------|
| • Turbiditet (FTU)          | <1                    | 5.0         | 5 - 250           |
| • Susp. stoff (mg/l)        | <5                    | 10          | 10 - 800          |
| • NO <sub>3</sub> -N (µg/l) | <250                  | 800         | >800              |

\* Uhell, ekstreme værforhold, høy vannføring, ras.

Under normale driftsforhold og normale nedbørs- og vannføringsforhold i Kuvella vil sedimentasjon, infiltrasjon og fortynning gi en gradvis reduksjon i forurensning i vassdraget nedstrøms utslippstedet. I korte episoder vil nedbør og snøsmelting kunne skape ekstremsituasjoner med ugunstige forhold. Risikoen for slike situasjoner er størst vår og høst, og minst i sommerhalvåret, dvs. i sesongen for laksefiske og jordbruksvanning.

Nedenfor har vi foreslått miljømål for de viktigste brukerinteresser og biologiske funksjoner i de ulike deler av Kuvella nedstrøms deponiområdet og i Lærdalselva nedstrøms Kuvella:

#### Kuvella

- Drikkevann
- Jordbruksvann
- Stamfiskanlegg
- Reproduksjons- og oppvekstområde for sjøaure

## Lærdalselva nedstrøms Kuvella

- Sportsfiske
- Reproduksjons -og oppvekstområde for laks og sjøaure
- Vandringsveg for gytefisk og smolt til og fra ovenforliggende elvestrekninger

### 3.3.1. Drikkevann

Drikkevannsinteressene knytter seg primært til grunnvannsbrønner som mates fra Kuvella (Kap. 3.2.2.). Ettersom disse brønnene vil være de mest utsatte, er det naturlig at vannkvalitetsmål og overvåking av drikkevannskvalitet konsentreres om disse objektene.

#### Partikler

Vurdert ut fra SIFF's retningslinjer (SIFF 1987) vil partikulært materiale i dette tilfellet først og fremst skape bruksmessige- (misfarging av sanitærutstyr, klesvask osv.), og i mindre grad hygieniske problemer.

SIFF knytter sine krav til turbiditet (FTU), og ikke til konsentrasjon av suspendert materiale (mg/l):

- |                           |           |     |
|---------------------------|-----------|-----|
| • God vannkvalitet        | < 0.5     | FTU |
| • Mindre god vannkvalitet | 0.5 - 1.0 | FTU |
| • Ikke tilrådelig         | > 1.0     | FTU |

Vannkvaliteten i brønnene idag er ikke kjent. Ut fra ovennevnte normer vil det likevel være naturlig å forutsette at turbiditeten i drikkevannet ikke skal overskride 1.0 FTU.

#### Nitrat

Ved godkjenning av vannverk legges normen < 2.5 mg NO<sub>3</sub>-N/l til grunn. Det er erfaring for at nitratinholdet i grunnvann i områder med intensivt jordbruk øker over tid (SIFF 1987).

- |                           |                    |        |      |
|---------------------------|--------------------|--------|------|
| • God vannkvalitet        | NO <sub>3</sub> -N | <2.5   | mg/l |
| • Mindre god vannkvalitet | NO <sub>3</sub> -N | 2.5-10 | mg/l |

Vannkvaliteten mht. nitrat idag er ikke kjent. Vi vil likevel foreslå at målet settes til <10 mg NO<sub>3</sub>-N/l.

### 3.3.2. Jordbruksvanning

Inntaket til vanningsanlegget i Kuvella vil være et naturlig punkt for kontroll av kvaliteten av jordbruksvann. Miljømål for jordbruksvann kan begrenses til den aktuelle sesongen for vanning fra juni til august. I denne perioden er sannsynligheten for estremsituasjoner (tabell 3.3.1) liten. Til vanning av bær og grønnsaker som spises uten forbehandling, krever helsemyndighetene drikkevannskvalitet (SIFF 1987). Til annen vanning må miljømålene i tabell 3.3.1. anses som tilstrekkelige.

### 3.3.3. Stamfiskbasseng.

Selv med overflatevann i øvre del av Kuvella vil vannet som tas inn ved stamfiskebassenget være delvis rensert gjennom naturlig infiltrasjon i løsmassene. Dersom en setter samme mål for vannkvaliteten for stamfiskbassenget som for Kuvella nedstrøms deponiet (tabell 3.3.1), kan vannkvaliteten betegnes som "godt egnet" (klasse 1) for fiskeoppdrett under normale driftsforhold i anleggsarbeidet.

Den øvre grensen som er foreslått for partikulært materiale i og nitrat i Kuvella nedstrøms deponiområdet vil sette vannkvaliteten i kategorien "egnet" til "mindre egnet" (SFT 1989). Sistnevnte kategori innebærer at visse behandlingstiltak, feks. filtrering kan være nødvendig.

Stamfiskhold er aktuelt i perioden juni-november, hvilket inkluderer høstregn/høstflom-perioden. Ekstremverdier høyere enn det som er angitt som øvre grense tabell 3.3.1. vil da kunne forekomme, og vil gjøre vannkvaliteten uegnet ("ikke egnet") for fiskeoppdrett. En alternativ vannkilde i form av grunnvannsbrønn i løsmasser eller fjell vil være en sikkerhet dersom slike situasjoner oppstår.

### 3.3.4. Sjøaure i Kuvella.

På grunn av infiltrasjon og fortykning vil vannkvaliteten i den sjøauførende delen av Kuvella alltid være mindre påvirket sammenliknet med situasjonen nærmere deponiet. Variasjoner i vannkvaliteten mellom "normale driftsforhold" og "øvre grense" (tabell 3.3.1) vil ikke ha dramatiske effekter på søaurens reproduksjons- og oppvekstvilkår, eller på bunndyr i nedre del av Kuvella. Ekstremverdier som angitt ovenfor kan erfaringsmessig gi forbigående effekter på overleveling av rogn, yngel og følsomme bunndyrgrupper. Størrelsen av slike effekter avhenger av konsentrasjon og eksponeringstid. Med "forbigående effekter" menes her reduksjoner i enkelte årsklasser av fisk, og bunndyr, slik en har sett det i bla. Vetlefjordelva (Hessen m.fl. 1989).

### 3.3.5. Lærdalselva nedstrøms Kuvella.

Forurensningsfaren vil være størst når høye vannføringer i Kuvella faller sammen med lave vannføringer i Lærdalselva, feks. ved plutselige regskyll i sommerhalvåret eller varmeperioder med snøsmelting om vinteren. F.eks vil en vannføring på 10 m<sup>3</sup>/s i Kuvella som faller sammen med en vannføring på 5 m<sup>3</sup>/s i Lærdalselva gi en fortykning på 1.5 x. En vannføring i Kuvella på 0.1 m<sup>3</sup>/s og en vannføring i Lærdalselva på 200 m<sup>3</sup>/s vil gi en fortykning på 2000 x.

Med de mål som er foreslått for utslippstedet i Tynjadalen (tabell 3.3.1) vil vannkvaliteten i Lærdalselva nedstrøms Kuvella i hovedsak ligge innenfor tilstandsklassen "god" når det gjelder egnethet for sportsfiske. For de parametrene vi her snakker om betyr dette:

- Turbiditet (FTU) <0.5
- Suspendert stoff (Mg/l) <1.5
- Totalnitrogen (µg N/l) <250

#### Sportsfiske.

SFT's klassifisering av egnethet for sportsfiske bygger på biologiske kriterier og vurderinger. Denne klassifiseringen tar bla. ikke hensyn til at visuelle endringer (endringer av vannets utséende)

kan finne sted selv ved meget små endringer i tørrstoffinnhold/turbiditet. Dette vil ha betydning for sportsfisket. Rent estetisk vil en slamførende elv lett framstå som mindre attraktiv for sportsfiske. I tillegg vil utøvelsen av fisket bli vanskeliggjort ved at siktbarheten blir redusert. Slike forhold kan gjøre seg gjeldende uten at de biologiske funksjoner i vassdraget blir berørt.

Ved verdier opp mot "øvre grense"(tabell 3.3.1) i øvre del av Kuvella, må en anta at Lærdalselva nedstrøms Kuvella vil være påvirket av finpartikulært suspendert materiale i en grad som gir elvevatnet farge. Slike tilstander vil imidlertid være mest utpreget vår og høst, og i mindre grad i fiskesesongen.

#### **Reproduksjon og ungfiskproduksjon.**

Etter utløpet i Lærdalselva vil forurenset vann fra Kuvella bli kraftig fortynnet (se kap. 3.2.1 ovenfor). Dette betyr at de biologiske effektene på Lærdalselva vil bli meget små. Sannsynligvis vil det bli svært vanskelig å påvise biologiske effekter som kan tilbakeføres til anleggsvirksomheten, selv om det påvises endringer i vannkvaliteten.

#### **Vandring av gytefisk og smolt.**

Påvirkningen av vannkvaliteten i Lærdalselva vil være for marginal til å influere på laksens og sjøaurens vandringsmønster.

## 4. DEPONERINGS- OG ANLEGGSSOMRÅDET. LOKALISERING OG TILTAK.

Siden deponeringsområdene foreløpig ikke er detaljprosjektert, blir det innledningsvis i kap. 4 gitt en generell beskrivelse av aktuelle problemstillinger som kan reises i forbindelse med deponering av tunnelmasser, jfr. kap. 4.1.

I kap. 4.2 tas hele det potensielle forurensningsaspektet knyttet til deponering og andre sider ved den aktuelle anleggsdrift opp til drøfting og vurdering. Aktuelle tiltak mot forurensningstilførsler til vassdrag tilpasset lokale forhold blir også diskutert i kap. 4.2.

### 4.1. Generelt om plassering og utforming av massedeponier.

Det gis her en generell oversikt over forhold som har betydning for lokalisering, utforming og avslutning av deponier. Det legges særlig vekt på løsninger for håndtering av hhv. overflatevann fra tilstøtende områder og nedbørsvann som faller på selve fyllinga.

Hensikten med denne beskrivelsen er bl.a. å presentere et relativt bredt faglig grunnlag for diskusjon av løsninger av de helt spesielle utfordringer en står over for ved etablering av deponier i et såvidt vanskelig terreng som en har i Tynjadalen.

I områder med rasfare må det tas spesielle hensyn under deponering av masser. Utformingen av deponier og valg av løsninger for overvannshåndtering må under slike omstendigheter tilpasses den lokale skredsituasjon, slik at valgte løsninger kan fungere best mulig også etter skredepisoder, jfr. kapittel 4.2.1.

#### 4.1.1. Terrengform og grunnforhold.

I Tynjadalen skal deponiene etableres over store områder i svært bratt terreng. Avsluttet deponi vil i følge Reguleringsplanen ha en stigning på 1:2 i store områder. Lengst nede mot elva er fallet 1:3 (ISIS 1993). Dalsidene som skal benyttes består av relativt stabile masser, men er sterkt utsatt for ras fra høgteliggende områder.

Tunnelmasser karakteriseres vanligvis som stabile i et deponi. Med det sterke fallet som er planlagt her, kan en imidlertid få erosjon på overflaten i perioder med kraftig nedbør, snøsmelting og intens avrenning. Anleggsfasen vil være mest kritisk, da en har en løst lagret overflate uten vegetasjon.

#### 4.1.2. Avrenning.

Kontroll med avrenning er viktig både i anleggsperioden og senere. Deponeringsmassene er løst lagret og meget lett eroderbare. Får vannet renne fritt på overflaten kan erosjon og graving bli resultatet. Det finnes mange eksempler på at store massevolumer raskt har funnet veien til nærmeste vassdrag når vannet har hatt fritt løp over massedeponiet.



**Håndtering av overflatevann.**

Vannansamlinger på deponerte masser kan infiltrere ned i deponiet, men ofte er overflata pakket og tett igjen som følge av kjøring med tunge anleggsmaskiner. Overflata blir derfor lett utsatt for overflateavrenning og erosjon. Det må utarbeides lokaltilpassete løsninger som hindrer at vannansamlinger danner eroderbare vannløp i deponerte masser. Nedbørsvann som faller på fyllinga må kunne infiltreres direkte i fyllingen uten kunstig grøftesystem.

**Håndtering av dreinsvann.**

Dreneringssystemet for deponiene i Tynjadalen må tilpasses terrengforhold og massetyper i deponiet. I tilfeller hvor grunnvannsutslag er vanlig, må det tas spesielle hensyn som sikrer at også dette vannet blir ledet effektivt bort uten at deponiet blir ustabil.

**Stabilitet i stedlige masser.**

Deponering fører til økt belastning på stedlige masser. Vanligvis er ikke dette noe problem. Legges imidlertid deponikanten for nær vassdraget, kan en risikere at deponiet fører til grunnbrudd, utgliding av masse, og forurensing av vassdraget. Geotekniske vurderinger av undergrunnens og deponiets stabilitet må gjennomføres fortløpende under anleggsfasen.

**4.1.3. Forberedende grunnarbeider ved deponering av masser.****Planlegging av deponi.**

Det bør utarbeides en plan for gradvis oppbygging av deponiet. Dette er vesentlig for en god estetisk utforming, og optimal kontroll med erosjon og stofftap.

**Håndtering av avrenning.**

Der det etableres lange fyllingsområder med jevn overgang til eksisterende terreng, må det legges opp til inntak for overflatevann i fyllingsområdet. Terrengnet rundt inntakene må utformes slik at overflatevannet følger det valgte avløpssystemet.

Der det legges opp høy fylling med relativt bratt avslutning (fyllingskant), ned mot eksisterende terreng, må det sikres mot at vann renner på overflata utover fyllingskanten. En slik fyllingskant vil være løs og ustabil inntil vegetasjon er etablert.

**Særskilte hensyn i anleggsfasen, beredskap.**

Det er nærmest umulig å oppnå fullstendig sikring mot erosjon og stofftap i anleggsperioden. Erosjonsrisikoen er størst i de mest nedbørsrike periodene av året. Intense kortvarige nedbørssituasjoner med erosjonsrisiko kan imidlertid inntreffe når som helst på året, og anleggs- og deponeringsaktiviteten må derfor til enhver tid være tilrettelagt for å takle ekstreme situasjoner.

I anleggsperioden er det særlig to forhold som krever kontinuerlig oppmerksomhet:

- Overflatevann fra områdene ovenfor deponiet ledes under deponiet.
- Vann på selve deponi-overflaten må dreneres ned i deponiet.

Noe ukontrollert avrenning vil alltid finne sted i anleggsfasen. Sedimenteringsbasseng for avsetning av erosjonsmateriale foreslås som virkemiddel for å redusere problemet. Utløpet fra slike basseng bør helst ledes via en kum inne i bassenget og med ledning til resipient.

Aktuelle tiltak for forurensningskontroll i anleggsfasen er diskutert nærmere i kap. 4.2.

#### **4.1.4. Avslutning av deponeringsområdet.**

Deponiet må gis en form som hindrer ukontrollert avrenning, utglidning og/eller utrasing. Fyllingskantene må ha en hellingsgrad som står i forhold til massetypen som deponeres. Bratte skråninger vil alltid være ustabile, også etter at vegetasjon er etablert. De første årene etter avsluttet deponering, bør det føres tilsyn med deponiet. Inntreffer det endringer i massene, kan nye tiltak bli påkrevet for å oppnå stabil situasjon.

## **4.2. Forurensningstilførsler og tiltak i deponerings- og anleggsområdet.**

### **4.2.1. Deponering av masser**

Plasseringen av massene går fram av figur 2.1.1. Profiler av fylling og endelig deponioverflate går fram av figur 4.2.1.

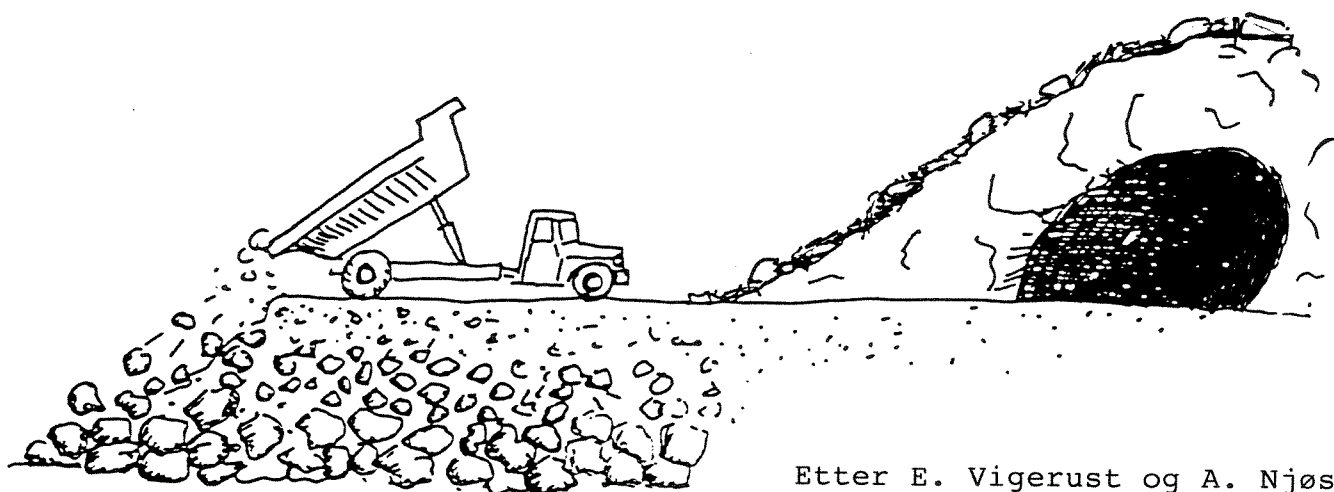
Massene som skal deponeres er sprengt ut på konvensjonell måte (ikke fullprofilboring), og har en sammensetning som varierer fra større blokker til svært fint og lett eroderbart materiale. I en undersøkelse utført av NGI i tilknytning til Vetlefjordutbygginga (Strømme 1986) fant en at 21,7 vekt-% av utsprengt masse besto av blokker >250 mm, og at 4,5 vekt-% var <1,18 mm, dvs. oppslembart materiale (se vedlegg 2). I deponiet i Tynjadalen vil denne fraksjonen utgjøre nærmere 110.000 tonn.

Plassering og fordeling av disse massene/fraksjonene i terrenget vil være avgjørende for omfanget av utvasking av finpartikler og av løste stoffer fra deponiet. Vann fra nedbør og snøsmelting må fortsatt kunne renne ned lia under deponiet etter at dette er på plass. Mye finstoff i overflata er ønskelig av hensyn til hurtig etablering av vegetasjon.

#### **Tiltak under og etter deponering.**

Når en plasserer masser i et deponi, får en ofte en sortering av massene ved at de større steinene ruller nedover og danner et bunnlag. Se figur 4.2.1. Det er viktig å få et lag i bunnen som består av stein og som har minimalt med finmateriale innblandet. Tykkelsen på dette laget bør variere noe avhengig av hvor høy fyllingen er. I følge de ni tverrprofilene (figur 4.2.1) som foreligger, er fyllingshøyden opp til ca 25 m. Bunnsjiktet av grov stein bør da være minst 3-5 m høgt. Oppover i fyllinga får en gradvis mer finstoff avsatt. Dette gir grunnlag for etablering av vegetasjon som er karakteristisk i området; or, einer, mose og eventuelt noe urtevegetasjon.

Der fyllingshøyda er liten og hvor en samtidig har merker etter overflatevann som renner ned i flomsituasjoner, må disse vannløpene fylles med grov stein slik at kanalene holdes "åpne" for avrenning. Partiene med grov stein bør nå helt opp til overflata. Det kan gi et mer naturlig preg da en ofte ser grov stein på overflata i dag.



Etter E. Vigerust og A. Njøs

**Figur 4.2.1.** Prinsippskisse. Sortering av masser i tipp.

Helt i overkant av fyllingen/deponiet må en unngå å legge fine masser som hindrer vannet i å følge gammel terrengoverflate. Dermed unngår en at større vannløp tettes igjen, og at vannet får renne konsentrert oppe på deponiet.

Det er nødvendig å vurdere fyllingsområdet underveis i arbeidet, og ta hensyn til de naturlige vannveiene i området. Deponiet har en utstrekning i dalens lengderetning på over 700 m når en ser bort fra vegtraséene i det midtre området, og betydelige vannmengder skal passere ned lia uten å erodere. Utstrekningen på tvers av dalføret blir over 300 m på det bredeste.

En må sørge for at overflatevannet slipper ned gjennom fyllinga helt ned til det grove steinlaget i bunnen. I belter parallelt med kotene kan en legge ut stein i hele fyllingens høyde fra bunnsjiktet til overflata, slik at vannet trekkes ned, og man unngår avrenning på overflaten. Det bør ikke være mer enn 50 meter mellom beltene med grov stein helt opp til overflaten. Mellom nedre fyllingsfot og elvebredden bør det være en bredest mulig sikringssone..

I følge kart i figur 2.1.3. er det to markerte bekker som blir dekket av deponiet. En har ikke grunnlag for å vurdere hvor stor vannføring en har i disse i en flomsituasjon. Det er imidlertid helt nødvendig å sørge for at vannføringen i disse løpene ikke hindres av de massene som legges ut. Eventuelt bør en vurdere å begrense deponiet noe slik at disse bekkene fortsatt kan renne uhindret.

#### **Tiltak mot tap av nitrogen.**

I følge Bjerknes m.fl. (1988), kan en få høye konsentrasjoner av nitrogen i avløpsvann fra tunneldriving. I Tynjadalen er det regnet med at nærmere 135 tonn nitrogen vil følge med sprengsteinen (vedlegg 2). Nitrogenet vil vesentlig foreligge som nitrat. Nitrat bindes dårlig i

jordmateriale og er derfor lett mobilt. Den delen som nyttes av vegetasjonen vil være relativt ubetydelig. Ved å konsentrere vannstrømmen til lag med grovere masser, vil en kunne redusere nitrogentapet. Tiltak som begrenser erosjon, vil også begrense tapet av nitrogen.

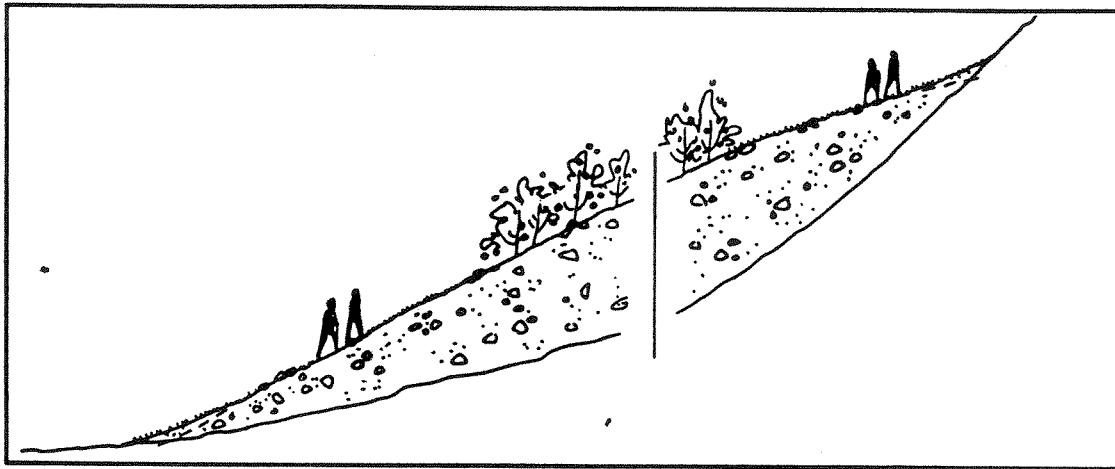
Av de 135 tonn nitrogen som følger med de sprenge massene, vil en del vaskes ut med spylevann og lekkasjevann inne i tunnelen, og deretter følge dette vannet ut av tunnelen. Nitrogentapet fra anleggsområdet til vassdraget vil være størst i anleggsfasen, og vil deretter avta. En må regne med at utvaskingen vil forsette i mange år, men at konsentrasjonene i resipienten vil være moderate.

#### Skred i deponiområdet.

Det vil være en fordel at de steinpartiene som går på tvers av fallet i fyllinga, bygges noe opp slik at det dannes rygger som bremser eventuelle skred og avleder smeltevannet som kommer i tilknytning til snø- og sørperas.

#### Avslutning av deponiene.

Som antydnet i figur 4.2.2, er det planlagt en jevn overgang mot terrenget nedenfor, altså ingen bratt skråpning som avslutning. Dette gir god stabilitet. Som avslutning av det vannførende sjiktet i bunnen av deponiet, er det meget viktig at nedre kant av deponiet består av stein/blokker. Vannet kan da renne uhindret, og en får ingen utvasking i den nedre kanten av deponiet.



Figur 4.2.2. Prinsippskisse av fyllingsprofil.

De delene av deponiet som skal ha vegetasjonsdekke skal iflg. Reguleringsplanen (ISIS 1993) tilføres organisk materiale og tilsås etterhvert. Organisk materiale vil bidra til å øke infiltrasjonsevnen i det finkomete materialet, samtidig som det letter etableringen av vegetasjon. Reguleringsplanen presiserer at "Dei øvre 20-30 cm av fyllinga bør innehalde finsprengte masser med kornfordeling omtrent som naturleg grus og eit høgt innhald av finstoff."

I et så bratt terreng er en utsatt for erosjon i slike masser, og det er viktig at organisk materiale blandes inn og at vegetasjon etableres så raskt som mulig. De steinfylte sonene vil imidlertid fange opp overflateavrenning med erosjonsmateriale, og redusere faren for tilførsel av sediment til Kuvella.

#### **Vurdering av erosjon fra riggområdene.**

Det er foreslått tre riggområder, to av disse ligger nær elva Kuvella og ett ligger på deponiet nær tunnelåpningen. På det sistnevnte riggområdet skal det plasseres et knuseverk.

Riggområdene har en begrenset utstrekning, tilnærmet plan overflate, og moderate fyllingshøgder. På riggområdene vil det være stor aktivitet i hele anleggstida. En bør unngå at det renner vann på overflata ut av riggområdene, og sørge for å lede overflatevannet via et sedimentasjonsbasseng før det slippes ut. Overflata på riggområdet må formes slik at en har kontroll med overflatevannet.

### **4.2.2. Veier i deponerings- og anleggsområdet**

#### **Lokalisering av anleggsveier**

En ny anleggsvei skal bygges fra brua over Kuvella og til tunnelinnslaget. Veien har en samlet lengde på ca. 1,7 km (se figur 2.1.1.). Fra brua og til fylling 2 går veien i stigning parallelt med elva. Stedvis er fallet på veien opptil 20%. Avstanden til elva varierer fra noen meter i området ved brua og opp til 100m. Det meste av veien på denne strekningen ligger fra 30 til 100m fra elva. I området for fylling 2 går anleggsveien i S-svinger opp dalsida til tunnelinnslaget.

Anleggsveien går i skjæring i et bratt terreng. Ut fra foreliggende informasjon om løsmasseforholdene, vil veien gå i jordskjæring. Terrenget har regelmessige forhøyninger og forsenkninger beliggende med fallet. Veien vil derfor få tilsvarende variasjoner i skjærings- og fyllingshøyder.

Inne på deponeringsområdene må det lages veier frem til deponeringsstedet. I utgangspunktet må det bygges vei i naturlig terreng frem til stedet/stedene for deponeringsstart. Hvor veiene skal legges i forbindelse med oppstartingen av og under deponeringen er foreløpig uklart. Etter hvert som deponiene vokser må veitraséene jevnlig legges om.

#### **Forurensningsrisiko.**

I dalsida vil overflateavrenning oppstå i korte perioder og avrenningen vil skje i de naturlige forsenkningene. I enkelte forsenkninger er det tydelige erosjonsspor ned til elva, noe som viser at overflateavrenning skjer regelmessig. Overflateavrenning kan vaske ut finstoff fra veiskjæringer og veigrøfter, og transportere dette til vassdraget.

Forurensningstilførsler til vassdraget fra veiene vil først og fremst skje i perioder med høy avrenning, dvs. på høsten og senvinteren/våren (regn/snøsmelting). Forurensningsproblemer vil særlig kunne oppstå i disse periodene ved erosjon i tilknytning til de "aktive" bekkeløpene. I de tilfeller veigrøfta avskjærer betydelig grunnvannssig kan dette bidra til å forsterke erosjonsproblemet som følge av konsentrert avrenning i veigrøfta.

Selv om jordmassene har et visst finstoffinnhold (ca 20 % silt), anses jorda som lite erosjonsfarlig. Høyt steinnhold og høy fasthet bidrar blant annet til å dempe erosjonsfaren generelt. Vannansamlinger og rask avrenning (stort fall) gir derimot vannet betydelig erosjonskraft.

**Transport av drivstoff** kan representere en potensiell fare for vannforurensning ved uhell. Faren for slike uhell anses imidlertid å være svært liten. Det vil trolig være større risiko for akutte utslipp knyttet til lagring og håndtering av slike stoffer på riggplassene.

#### **Aktuelle tiltak.**

Tiltak mot erosjon i anleggsveiens driftsfase vil ha en todelt funksjon. De skal hindre konsentrert overflateavrenning i skjæringer/fyllinger og grøfter, og øke jordoverflatens motstandskraft mot erosjon. Her beskrives kun prinsippene for tiltakene.

Kulverter anlegges i alle forsenkninger/bekkeløp som tidvis har vannføring. Kulvertene steinsettes i inn- og utløpene. På øvrige strekninger må det også anlegges kulverter med visse avstander tilpasset de lokale forhold, for å unngå for stor vannføring i grøftene. Utløpene fra kulvertene må sikres, slik at det ikke oppstår erosjon ned mot elva. Dette kan oppnås ved steinsetting av bekkeløp eller ved at en sørger for best mulig naturlig spredning av vannet i terrenget. Da vil hovedparten av vannet infiltrere i grunnen før det når fram til vassdraget. Ved infiltrasjon oppnås naturlig rensing av vannet ved at partikler holdes tilbake i vegetasjonsdekket og i jorda.

På overflaten i grøfter, skjæringer og på deler av fyllingen som er særlig erosjonsutsatt, bør det tilbakeføres grovt materiale (stein og grus), for å redusere faren for erosjon. I byggefasen bør en anlegge midlertidige sedimentfeller og kulverter for å unngå uheldige erosjonsepisoder. Behovet for- og utformingen av disse tiltakene må i stor grad vurderes fortløpende under byggingen. For veiene som bygges midlertidig oppå deponiet, må tiltakene samkjøres med de øvrige tiltak som iverksettes for å unngå erosjon på deponioverflaten.

Med gjennomføring av de nevnte tiltak vil veiframføring i seg selv neppe representere noe forurensningsproblem for vassdraget.

#### **4.2.3. Knuseverk**

##### **Vurdering av forurensningsrisiko.**

Knuseverk planlegges ved rigg 3 ved tunnelinnslaget (figur 2.1.1). Forurensning fra knuseverk kan knyttes til følgende forhold:

- Støv
- Drensvann og arealavrenning
- Oljeprodukter og drivstoff

##### **Støv.**

Drift av knuseverk vil medføre støvdannelse. For å redusere støvproblemene brukes vann. Dette medfører avrenning av partikkelholdig vann (finstoff), i mindre grad rester etter kjemiske stoffer fra sprengstoff.

##### **Drensvann og arealavrenning.**

Knuseverket vil bli etablert på riggområde 3 på en flate bygd opp av sprengstein eller stedlige løsmasser. Overflaten vil bli hardpakket, og lite vanngjennomtrengelig. Dette vil medføre arealavrenning i perioder med nedbør, samt når det benyttes vann for å dempe støvdannelsen. Denne avrenningen blir liten sammenlignet med tunnelavløpet.

### Forslag til tiltak.

De samme tiltakene som opprettes for deponiene vil hindre partikkelavrenning fra knuseverk til vassdrag og grunnvann. Det vil være en fordel om flaten som knuseverket skal etableres på har en svak helning mot en oppsamlende drengroft, som ledes til sedimenteringsbassenget. Etter sedimentering bør vannet infiltreres i stedlige løsmasser eller i et sandfilter bygget i steintippen.

For å hindre avrenning av oljeprodukter bør lagertanker etableres over bakkenivå med en oppsamlingsenhet under, med mulighet for avløp til en oljeavskiller. Fylling av drivstoff og evt. skifting av olje bør skje på en støpt betongplate/asfaltplate, som har direkte avrenning til oljeavskilleren.

#### 4.2.4. Riggområder.

Det skal opprettes ialt 3 riggområder (figur 2.1.1). Rigg 1 planlegges på elvesletta nedenfor nåværende bru over Kuvella. Rigg 2 planlegges ved Kuvella sør for tunnelinnslaget. Rigg 3 vil være rett utenfor tunnelinnslaget (se kap. 4.2.3.).

### Forurensningsrisiko og avløpsløsninger.

Følgende forutsetninger er benyttet for å beregne forurensningstilførslene fra avløpsvannet:

- Det skal ikke opprettes boligkvarter i Tynjadalen
- Totalt 40 mann i arbeid som benytter kontor, lager og kantine.
- Spesifikke data for forurensningstilførsler. (Holtan og Åstebøl, 1990).

Rigg 1 vil bli brukt til lager, kontor osv. Forutsatt lukket klosettløsning og infiltrasjon av gråvannet i stedlige løsmasser, antas total forurensningsproduksjon fra rigg 1 å bli som følger:

|                      | Før infiltrasjon       | Etter infiltrasjon    |
|----------------------|------------------------|-----------------------|
| • Total fosfor       | 16 g/døgn; 6 kg/år     | 1.6 g/døgn; 0.6 kg/år |
| • Total nitrogen     | 50 g/døgn; 18 kg/år    | 35 g/døgn; 13 kg/år   |
| • Organisk materiale | 2200 g/døgn; 800 kg/år | 440 g/døgn; 160 kg/år |

Ved infiltrasjon av gråvannet kan det forventes en renseeffekt på 90 % for fosfor, 80 % for organisk materiale og 30 % for nitrogen. Nitrogenet vil hovedsaklig foreligge i form av nitrat.

Som klosettløsning anbefales vannbesparende klosett og tett oppsamlingstank som tømmer regelmessig. På denne måten blir avløpsvannproblemene sterkt redusert. Dersom svartvannet fjernes og gråvannet infiltreres i stedlige løsmasser vil konsekvensene for Kuvella og drikkevannsbrønnene ved utløpet av Tynjadalen bli neglisjerbare.

### Vannforsyning, rigg 1.

Overflaten på elvesletta er svært grov, løsmassene består hovedsaklig av stein og blokk. Det er grunn til å tro at dette er en grov erosjonshud, og at det ligger sandholdig stein og grus under. Avstanden til fjell eller morene under elvesletta er ikke kjent, men vi antar en løsmassetykkelse på 50 m (NGI 1993).

Vannforsyningen til rigg 1 bør baseres på grunnvann i løsmasser. Det bør gjennomføres en prøveboring med en borerigg med Odex-utstyr i de sørlige deler av elvesletta, for å klarlegge løsmassenes sammensetning, vanngiverevne og vannkvalitet. Borepunkt er markert på figur 4.2.3.

#### **Vannforsyning, rigg 2**

Aktuell vannforsyningsløsning vil være avhengig av vannbehovet. Grunnvann i fjell vil være den mest fornuftige til drikkevannforsyningen, da vi i dette området ligger delvis i deponeringsområdet og nær behandlingsanlegg for tunnellvann osv.

Er det behov for større vannmengder, f.eks. til spyling og vasking av anleggsmaskiner, foreslår vi at det foretas undersøkelsesboringer med Odex-rigg på en mindre elveslette som er skravert på figur 4.2.3. Dersom flomvifta på figur 4.2.3. inneholder sorterte masser, kan det være aktuelt å prøvebore etter grunnvann også på denne avsetningen.

Man kan også vurdere å ta vann fra Kuvella og bruke omvendt osmoseanlegg til den delen som skal brukes til drikkevann.

#### **4.2.5. Vaskeplasser og lagerområder.**

##### **Vurdering av forurensningsrisiko**

Forurensning fra vaskeplasser og lagerområder kan knyttes til følgende forhold:

- Drensvann og arealavrenning
- Vaskevann
- Oljeprodukter, kjemikalier og drivstoff

##### **Drensvann og arealavrenning**

Riggområde 1 er i naturlig tilstand selvdrenerende, det meste av vannet vil infiltreres i stedlige løsmasser og føres med grunnvannet mot nord. Riggområde 2 blir lagt på en terrasseflate bygd opp av knuste steinmasser. Overflaten blir hardpakket, og det vil bli en arealavrenning fra flaten. Riggområde 3 er beskrevet i kapittel 4.2.3.

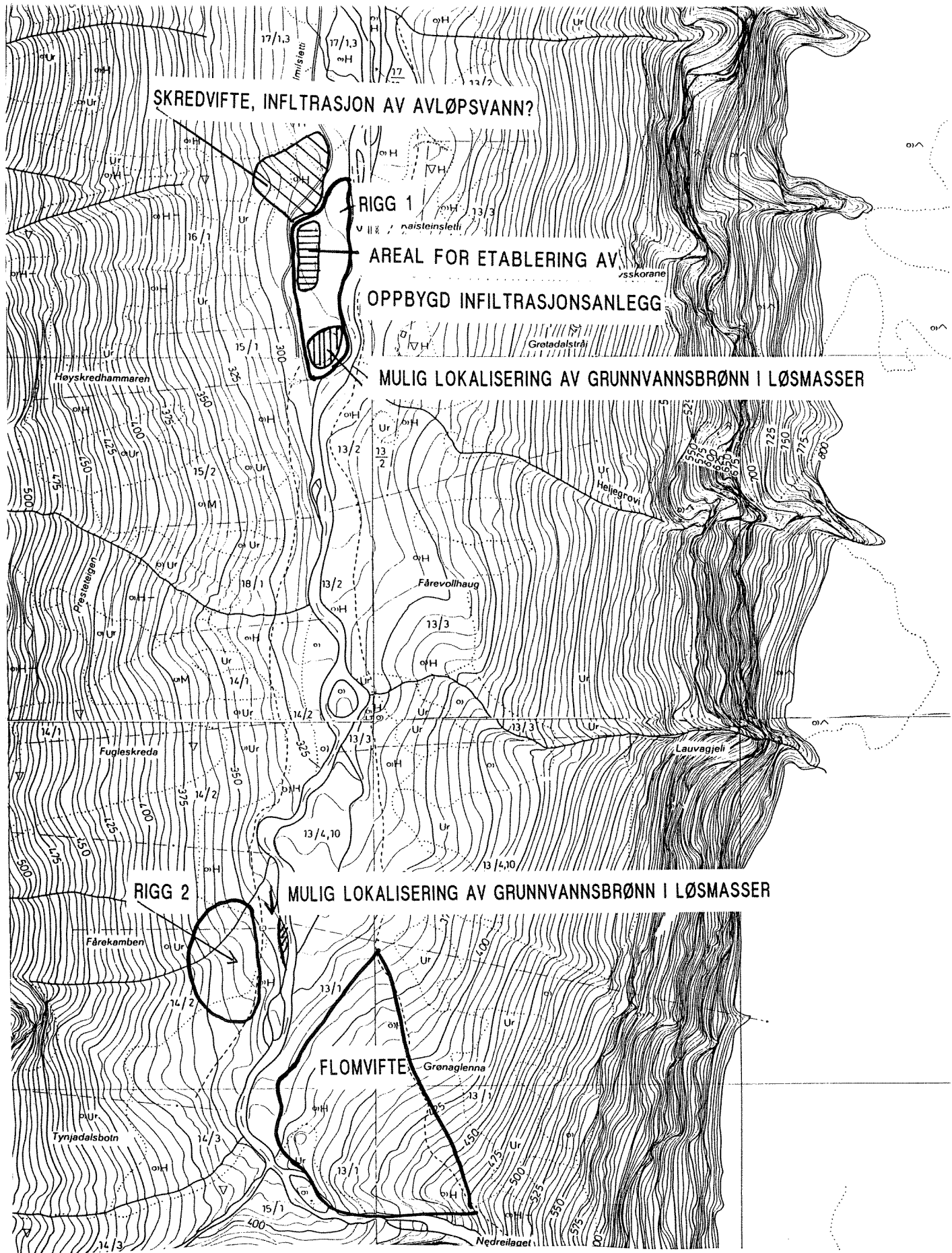
##### **Vaskevann**

Det er foreløpig ikke kjent hvor det skal etableres vaskeplasser for maskinparken. Vaskevannet vil inneholde støv og partikler, evt. rester etter olje og drivstoff, samt vaskemidler.

##### **Oljeprodukter og drivstoff**

Det vil bli lagret drivstoff til maskinparken, og trolig etablert en eller annen form for verksted, hvor det vil bli lagret ulike typer kjemiske stoffer.





**Figur 4.2.3.** Kart over mulige områder for infiltrasjon av avløpsvann, samt lokalisering av borepunkter for å vurdere mulig uttak av grunnvann i løsmasser.

**Forslag til tiltak**

Arealavrenning bør ledes via et sedimenteringsbasseng før det om mulig infiltreres i stedlige løsmasser. Vasking av maskinparken bør skje på en betongplate, med avrenning til en oljeavskiller. Om mulig bør utløpsvannet fra oljeavskilleren infiltreres i stedlige løsmasser. Drivstofftanker bør lagres over bakken, med lekkasjesikring, og med overløp via godkjent oljeavskiller. SFT har gitt nærmere retningslinjer for dimensjonering, utforming og drift av renselanlegg for oljeholdig avløpsvann (Miljøverndep. 1983).

**4.2.6. Tunnelavløp.****Vurdering av forurensningsrisiko**

Avløp fra tunnelen vil i første rekke omfatte grunnvann fra sprekker i berggrunnen (lekkasjevann) samt spylevann fra anleggsdriften.

**Lekkasjevann**

Grunnvann fra fjell vil i utgangspunktet være tilnærmet rent og fritt for forurensninger. Ved lekkasje inn i tunnelen vil vannet bli oppblandet med finstoff fra sprengstoffrester med nitrat og nitratderivater.

Selv om tunnelen Lærdal-Aurland har en betydelig overdekking, kan en ikke utelukke betydelige lekkasjevannmengder inn i tunnelen. Selv små sprekker kan gi betydelige vannmengder, da vannet står under meget stort trykk.

Dimensjonering av sedimentasjonsbassenger må være tilpasset de vannmengder man til enhver tid får inn. Kommer lekkasjevannet inn så konsentrert at det kan fjernes i egen ledning, vil dette redusere kravet til størrelse på sedimentasjonsbassenget. Fra tunnelinnslaget i Tynjadalen vil tunnelen bli drevet med fall mot både Lærdal og Aurland. Dette vil innebære at det må benyttes pumper for å få ut lekkasjevann og spylevann.

**Spylevann fra anleggsdriften**

For å dempe støvplagen ved anleggsdrift i tunnelen blir det brukt vann til spyling av røysa etter sprengning, samt ved opplasting i tunnelen. Spylevannet vil inneholde støv- og finstoffpartikler og restprodukter fra sprengstoffet.

Samlet vil tunnelavløpet trolig utgjøre en av de største forurensningskildene under anleggsperioden, med partikulært materiale og nitrat som de viktigste forurensningstypene.

Forutsatt direkte avrenning til Kuvella, vil man i perioder med stor vannføring kunne få transportert partiklene med elvevannet. I perioder med liten eller ingen vannføring i elva vil tunnelavløpet bli filtrert ned i grunnvannet under elveløpet/den underjordiske elva. Det må forventes at de største partiklene vil bli frafiltrert, mens de finere fraksjonene (leire, silt) fremdeles vil være oppløst i vannfasen, og følge grunnvannstrømmen mot nord. Nitrat bindes ikke i løsmasser, og det vil derfor bli et forhøyet innhold av nitrat i grunnvannet. Grunnvann i fjell vil etter all sannsynlighet ikke bli påvirket.

**Forslag til tiltak**

Sedimentasjonsbassenger må benyttes for å redusere partikkelinnholdet i tunnelavløpsvannet.

Partiklene vil i hovedsak bestå av sand, silt og leire. De minste partiklene, som leire og middels- til finkornig silt, vil imidlertid holde seg flytende, selv ved bruk av svært store bassenger. Bassengene bør derfor kun benyttes som en forbehandlingsenhet.

For å fjerne finkornige partikler vil det være aktuelt å infiltrere tunnelvannet etter at det har passert ett eller flere sedimentasjonsbasseng. Infiltrasjon av store vannmengder i de stedlige ras- og skredmasser vil medføre behov for store infiltrasjonsarealer. Det vil by på problemer å finne egnete naturlige flater i området. En mulig løsning kan være å benytte et "takrenneprinsipp", med åpne infiltrasjonskanaler som legges parallelt med kotene. Før denne metoden tas i bruk må løsmassenes infiltrasjonsegenskaper undersøkes nærmere.

Et alternativ vil være etablering av infiltrasjonsbassenger i deponimassene etterhvert som disse fylles ut.. For å holde tilbake mest mulig av partikkelinnholdet bør tunnelvannet filtreres gjennom et sandfilter bygd opp av tilkjørt filtersand som legges i bunnen av infiltrasjonsbassengene.

Erfaring med infiltrasjon av avløpsvann i åpne basseng i Norge og Sverige tilsier at dette er en metode som kan benyttes også i vinterhalvåret, uten frostproblemer. Gjennomsnittlig lufttemperatur i Lærdal er +5.9°C. Det kan dermed forventes at temperaturen på grunnvannet i fjellet ligger mellom +6°C og +8°C, uavhengig av årstid. Vannets varmekapasitet og de store vannmengdene som forventes fra tunnelen, gjør at det ikke forventes frostproblemer med infiltrasjon av tunnelvannet ved lave lufttemperaturer vinterstid.

En sedimenteringsdam bør være stor nok til at vannet får en oppholdstid på et par døgn. Et tunnelavløp på 500 l/min gir 720 m<sup>3</sup> vann/døgn, dvs. 1440 m<sup>3</sup> på to døgn. Et basseng på 2 m dyp må ha et overflateareal på 720 m<sup>2</sup> for å oppnå nødvendig oppholdstid. Tilsvarende vil et tunnelavløp på 200 l/min kreve et damareal på 288 m<sup>2</sup> for å oppnå 2 døgn oppholdstid.

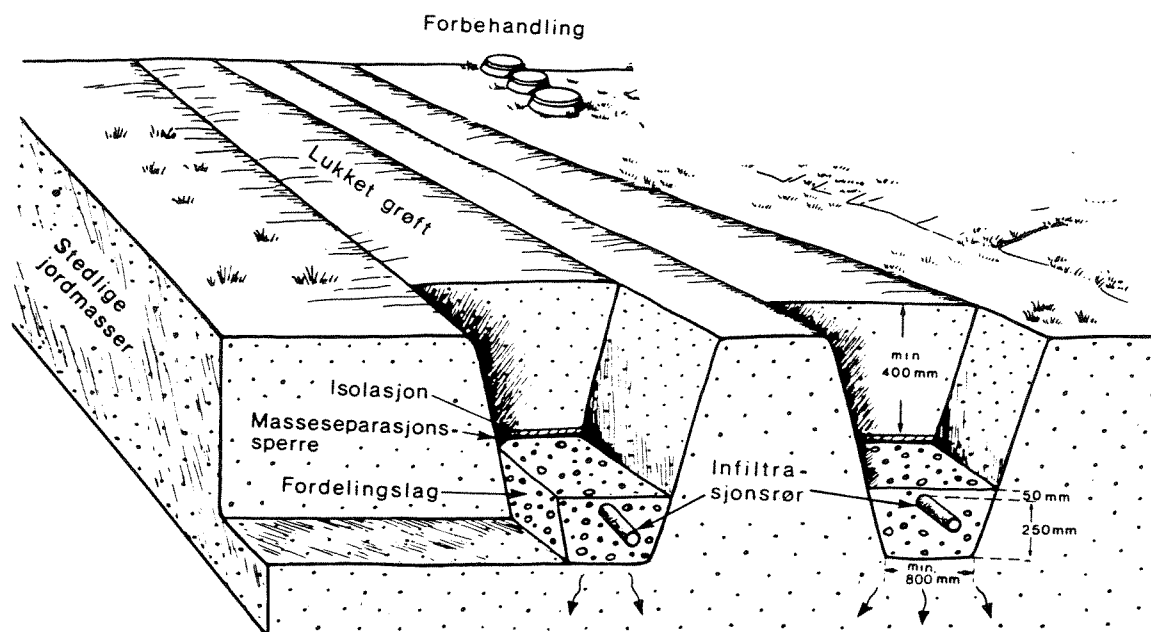
Kvalitetsmål for avløpsvann (kap. 3.3) er en tredje dimensjonerende faktor som ennå ikke er fastsatt. Vannmengde og forurensningsgrad vil trolig komme til å variere ganske mye i løpet av prosjektet, mens kravet til avløpsvannskvaliteten trolig vil være konstant. En må derfor være fleksibel med hensyn til dimensjonering av rensanlegg, og regne med flere endringer under veis.

En sedimenteringsdam må ha et stabilt overløp. I en fyllingsdam vil det enkleste være å sette en kum inne i dammen, med avløpsrør fra bunnen av kummen. Vannet ut fra dammen infiltreres i de stedlige løsmasser. Prinsippkisser av infiltrasjonsanlegg er vist i figur 4.2.4.

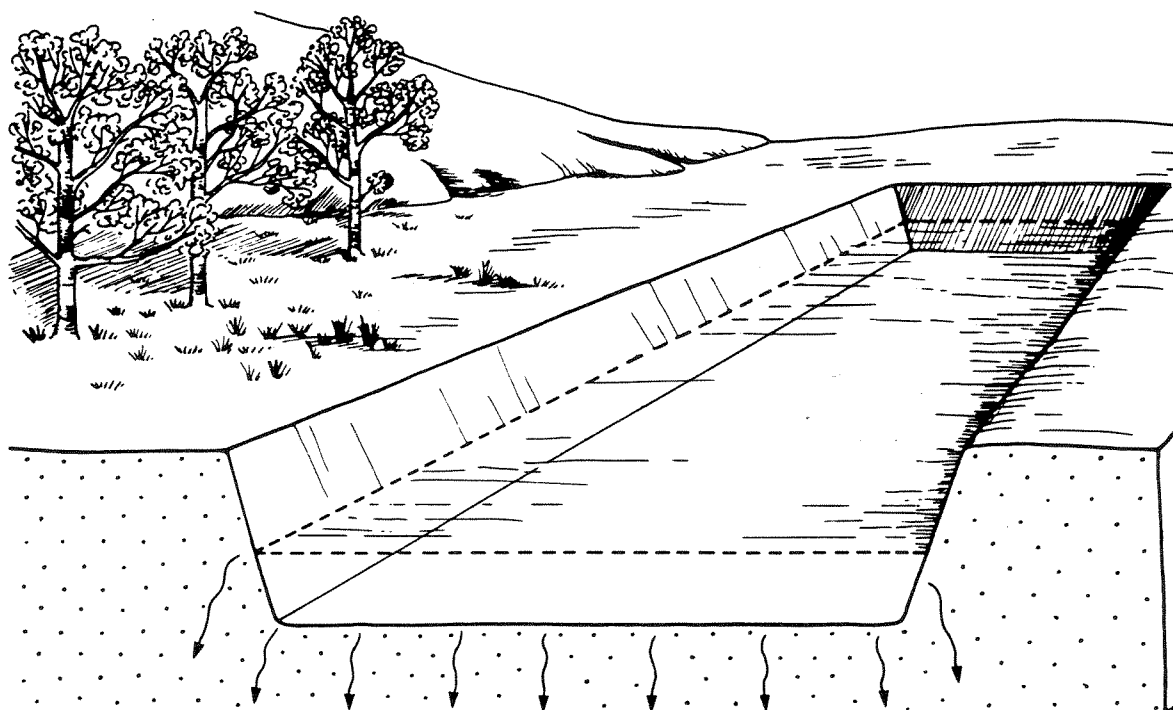
### **Effekt av tiltak**

Ved infiltrasjon kan det forventes at sand- og siltpartikler vil bli holdt tilbake før vannet når Kuvella. Det forutsettes da at alt vannet kan infiltreres. Leirpartikler vil i mindre grad bli holdt tilbake, og vil følge vannfasen ned til Kuvella.

Nitrat bindes dårlig i jord, og man må regne med at 90-95 % av nitraten i tunnelvannet vil havne i grunnvannet, og før eller senere i elva Kuvella. Infiltrasjon vil imidlertid medføre at tunnelavløpet får en viss oppholdstid i løsmassene, samt at det oppnås en vesentlig fortykningseffekt med grunnvann og senere med overflatevann i Kuvella.



Prinsippskisse av et tradisjonelt lukket infiltrasjonsanlegg.



Prinsippskisse av et åpent infiltrasjonsbasseng.

Figur 4.2.4. Prinsippskisser av infiltrasjonsanlegg for avløpsvann.

## 5. VIRKEMIDLER FOR GJENNOMFØRING AV TILTAK.

For å sikre at de tiltak og mål som er beskrevet i denne rapporten følges opp i praksis, må tiltakene bla. innarbeides i anbudsdokumenter til entreprenører. Vegvesenet må sikre seg at ansatte i egen etat og i entreprenørfirma er innforstått med- og praktiserer systematisk sikkerhetsledelse og ressurskontroll. Dette vil gjøre det mulig å unngå miljøskader som skyldes menneskelig svikt.

### 5.1. Miljøhåndbok.

Innsikt i - og forståelse av årsakssammenhengene bak uhell/ulykker med miljøkonsekvenser, er av avgjørende betydning for å kunne utvikle hensiktsmessige kontrolltiltak. Det er viktig å utvikle en erkjennelse av at årsakene til slike ulykker i stor grad er de samme som fører til andre former for tap.

Det foreslås å utarbeide miljøhåndbok spesielt for tunnel- og deponiarbeidet i Tynjadalen, og at det arrangeres innledende miljøseminar med Vegvesenets anleggsledelse og ledere for aktuelle entreprenørbedrifter. En slik håndbok bør ta for seg de miljøkomplikasjoner anleggsarbeidet kan medføre. Håndboken skal ikke bare peke på de mange årsaker til - og konsekvenser av uhell, men også gå nøye gjennom de mange muligheter for styring og kontroll. Disse mulighetene kan deles inn i tre hovedkategorier:

- Forebyggende (før hendelsen)
- Beskyttende (under hendelsen)
- Tiltak for å minimalisere skadeomfang (etter hendelsen)

Håndboken bør gi forpliktende retningslinjer for det arbeidet som skal gjennomføres, og den bør revideres etterhvert som man vinner erfaring vedr. uønskete hendelser og hvordan disse kan forebygges.

### 5.2. Systematisk sikkerhets- og miljøledelse.

Ledeme må sørge for at alle ansatte får en grundig innføring i sikkerhetsregler og andre bestemmelser, og de bakenforliggende miljøhensyn som ligger til grunn. Oppfølging av de ansatte må gjennomføres for å sikre at lærdommen forstås og brukes. Kunnskapene bør friskes opp minst en gang årlig.

Det må opprettes et rapporteringssystem som gjør at forhold som skaper risiko for miljøskader rapporteres og følges opp øyeblikkelig. Ledeme må sørge for systematiske inspeksjoner innefor det område den enkelte leder er ansvarlig for, og sørge for at alle ansatte får skikkelig instruks om hvordan jobben skal utføres.

Alle ansatte bør delta på ukentlige og vel forberedte sikkerhetsmøter innenfor det enkelte ledelsesområde. På disse møtene skal miljøkrav, ulykker og uønskete hendelser med miljøkonsekvenser gjennomgås og analyseres med sikte på å avdekke årsaker, unngå gjentakelser og sikre forbedringer.

## REFERANSER

- Alabaster, J. S. & Lloyd, R. 1982. Water quality criteria for freshwater fish. Butterworths, London.
- Anon. 1989. Fysiske tiltak for bedring av fiskeoppgang i Lærdalselva. Rapport fra arbeidsgruppe oppnevnt av Direktoratet for naturforvaltning.
- Berge, D. , Grande, M., Holtan, H. Røhr, P. K. Åstebøl, S: O. & Rognerud, B. 1993. Ny E6 Østfold grense- Vestby, og Ny dobbeltsporet jernbane Smørbekk-Rustad. Beregninger og vurderinger av vannforurensninger. NIVA rapport nr. 2925.
- Bogen, J. & Hougsnæs, R. 1989. Vetlefjordelvas sedimentbudsjett. VHB-NOTAT nr. 25/89. NVE.
- Bjerknes, V. & Bækken, T. 1990. Registreringer av fisk, bunndyr og vannkvalitet i Vetlefjordelva høsten 1990. NIVA notat O-90165.
- Bjerknes, V., Aanes, K. J. & Tjomsland, T. 1988. Miljøvirkninger av slam fra veifylling i Vangsvatnet, RV 13 ved Bulken, Voss kommune. NIVA notat O-88029.
- Bjerknes, V. & Aanes, K. J. 1990. Anleggsarbeid på RV 13 ved Bulken i Voss kommune. Effekter på vannkvalitet og bunndyr. NIVA rapport nr. 2428.
- Bjerknes, V., Aanes, K.J. & Bækken, T. 1991. Flomsikring av Vangsvatn. Miljøvirkninger av anleggsarbeid. NIVA rapport nr. 2676.
- Grande, M. 1986. Virkning av partikler på fisk. I: Nicholls, M. & Erlandsen, A. H., Red.: Partikler i vann. Foredrag fra seminar 22. og 23. mai 1986, Dombås, Norge. Norsk Limnologforening.
- Grande, M. 1992. Vassdragsforurensning fra veggbygging Storvasshammeren, Snillfjord 1991. NIVA rapport nr. 2802.
- Heath, A. G. 1987. Water pollution and fish physiology. CRC Press, Inc. Boca Raton, Florida.
- Hessen, D. O. 1988. Biologiske effekter av partikler i vann. Limnos 3/88.
- Hessen, D. O. 1992. Uorganiske partikler i vann - effekter på fisk og dyreplankton. NIVA rapport nr. 2787.
- Hessen, D. O., Bjerknes, V., Bækken, T. & Aanes, K. J. 1989. Økt slamføring i Vetlefjordelva som følge av anleggsarbeid. Effekter på fisk og bunndyr. NIVA rapport nr. 2226.
- Hindar, A., Lydersen, E. & Kroglund, F. 1992. Ekstreme aluminiumskonsentrasjoner og lav pH i Langedalstjønnen i Lillesand kommune - årsak, virkninger og mulige tiltak. NIVA rapport nr. 2793.
- Holtan, H. & Åstebøl, S. O. 1990. Håndbok for innsamling av data om forurensningstiførsler til vassdrag og fjorder. Revidert utgave. NIVA; JORDFORSK. NIVA rapport nr. 2510.

ISIS 1993. Statens Vegvesen. E 16 Aurland-Lærdal. Reguleringsplan for massedeponi Tynjadalen Lærdal kommune. Prosjekt: 464. Ref.: MB/KB. Indre Sogn Interkommunale Servicekontor.

Jacobsen, P., Grande, M., Aanes, K. J., Kristiansen, H. & Andersen, S. 1987. Vurdering av årsaker til fiskedød hos G. P. Jægtvik A/S, Langstein. NIVA rapport nr. 2038.

Johnsen, T. M. & Golmen, L. G. 1992. Konsekvensanalyse av dumping av tunnelmasse i sjøen i Lærdalsområdet. NIVA rapport nr. 2814.

Lande, A. 1986. Nitrogenavrenning fra sprengstein i Øvre Otra. Vurdering av vannkvalitetsendringer i forbindelse med anleggsvirksomheten. NIVA rapport nr. 1905.

Lien, L. 1989/1990. Lokalisering av forurensninger fra Heiane industriområde på Stord. NIVA notat O-89045/Jnr. 1853/89.

Miljøverndepartementet 1983. Forskrifter om utslipp av oljeholdig avløpsvann og om bruk og merking av vaske- og avfettingsmidler. Fastsatt av MD 1. oktober 1983.

NGI 1993. E 16 i tunnel Lærdal - Aurland. Ingeniørgeologiske undersøkelser for tunnel via Tynjadalen. NGI-rapport nr. 866033-3, 7. juni 1993.

NVE 1987. Avrenningskart over Norge.

Skofteland, E. 1978. Små nedbørfelters hydrologi. I: Otnes, J. & Ræstad, E., Red.: Hydrologi i praksis. Revidert utgave. Ingeniørforlaget, Oslo.

SFT 1986. Veiledning ved bygging og drift av større jordreanlegg. TA 611.

SFT 1989. Vannkvalitetskriterier for ferskvann. TA-630.

SFT 1992. Klassifisering av miljøkvalitet i ferskvann. Kortversjon. SFT-veiledning nr. 92:06.

SFT 1993. Statlig program for forurensningsovervåking. Overvåking av langtransportert forurenset nedbør. Årsrapport 1992. Rapport 533/93.

SIFF 1987. Kvalitetsnormer for drikkevann. Statens Institutt for Folkehelse. G 2.

Sægvog, H., Barlaup, B. T. & Lura, H. 1991. Anleggsarbeidet i Vosso, vinteren 1990-91. Effektar på overleving av lakseegg. Zoologisk Museum, Økologisk avdeling, Universitetet i Bergen.

Vigerust, E. & Njøs, A. 1986. Sprengstein. VN-Rapport nr. 10. NVE.

Wotton, R. S. 1990. The classification of particulate and dissolved material. In: R. S. Wotton (ED): The Biology of Particles in Aquatic Systems. CRC Press, Boston.

## Vedlegg





Geofuturum  
Postboks 1354

1401 SKI

Vår sakshandsamar  
Gunnstein Husdal

Vår dato  
05.01.94  
Dykkar dato

Vår referanse  
GH G -  
Dykkar ref.

### **E-16 AURLAND - LÆRDAL KONSEKVEN SAR VED MASSEDAPONI TYNJADALEN**

Lærdal Landbrukskontor fekk i oppdrag å registrere brukarane av brønningar, vatningsanlegg og andre interesser med tilknytning til elva Kuvella. Viser til brev til Lærdal kommune av 10.12.93.

Frå Geofuturum har det kome ynskje om å få registrert brønnane på kart. Dette vart gjort 06.01.94.

Desse vart registrert:

Gnr/bnr:

13/5 Skogheim, Kåre Grøthe.

Brønn vest for bustadhuset, like ved Kuvella. Ca 1,8 m ned på vatnet.

14/1 Voll Nedre, Kari Voll.

Brønn i tunet, tett ved stabburet. Ca 5,5 m djup.

14/2 Voll Nedre, Harald Midtvoll.

Brønn 31 m aust for hovedhuset. Ca 1,75 m ned på vatnet. Total djupne ca 2,5 m.

14/3 Voll Nedre, Torunn Voll Eltun.

Brønn ca 100 m aust for tunet, like sør for E-16. Ca 3,5 m ned på vatnet. Total djupne 4,5 - 5 m

14/7 Bruvoll, Ola Bruvoll.

Brønn i kjellar. Ca 1,5 m djup.

14/10 Haugvoll, David Vollheim.

Brønn i kjellar ca 4,5 m djup. Er i dag ikkje i bruk men står som reserve. Får i dag vatn frå felles borhol med Per Øvrevoll 15/1.

15/1 Øvrevoll, Per Øvrevoll.

Borhol ved fjellfoten ca 100 m vest for tunet, i kanten av dyrka jord, og ca 80 m sør for steinbrot. Traff vatn på 26 m. Total djupne 30 m. Felles med Haugvoll 14/10.

16/1 Tønjum, Hans A. Tønjum.  
Brønn mellom bustadhusa, ca 8 m djup. (Ikkje synfa-  
ring, opplyst ved samtale)

16/5 Tønjum, Tøris Sanden.  
Brønn ca 100 m nordvest for driftsbygningen i merke  
med 16/1. Ca 3 m ned på vatnet.

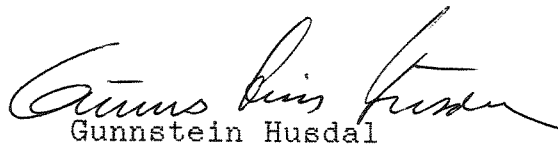
Forsvaret sine anlegg.  
Brønn i Stampen ved elvebredden, rett sør for hus.  
Brønn rett sør for første brakka på Tønjumdalen.  
Loket på begge desse brønnane var låst.

14/6 Austvoll, Jens K. Grøthe (fritidseigedom).

14/12 Pilstad, Randi Kristine og Arne Harald Berentsen (fri-  
tidseigedom).  
Desse eigedomane har eigne brønnar men ein har ikkje  
registrert dei i denne omgang då eigarane ikkje var  
tilstades.

Med helsing  
Lærdal Landbrukskontor

Halvard Eri  
Jorbr.sjef

  
Gunnstein Husdal



# Nitrogeninnhald og kornfordeling i sprengstein.

## 1. Sprengstoff.

Frå Gunnar Lotsberg, Vegvesenet Sogn og Fjordane får vi opplyst at tunneldrivinga Aurland-Lærdal blir gjennomført konvensjonelt (tradisjonell boring og sprenging), og at anolitt vil vera hovudbestanddel i det sprengstoffet som blir nytta. Ved eit ann vegtunnel-prosjekt (Tyssedal ved Odda i Hordaland; Per Fredriksen pers. komm.) vart det nytta sprengstoff med følgjande samansetnad:

|             |     |
|-------------|-----|
| -ANFO       | 60% |
| -RØRLADNING | 20% |
| -DYNAMIT    | 15% |
| -GLYNIT     | 5%  |

Det gjekk med 1.8 kg sprengstoff for sprenging av 1 m<sup>3</sup> fast masse. Ved sprenging i dagen rekner ein med 0.4 kg sprengstoff pr m<sup>3</sup> fast fjell. Ekspansjonen gjev ei volumauke på omlag 1/3 frå fast fjell til utsprengt masse.

Felles for alle sprengstofftypene er at dei inneheld nitrat (NO<sub>3</sub>) eller nitratderivater. Ved sprengning blir nitrogenet omdanna til nitrose gasser. ein del nitrat-rester blir liggande igjen i steinmaterialet etter sprenging, og kan bli årsak til høgt nitrogeninnhald i avrenningsvatnet. I avrenningsvatn frå sprengstein er det målt nitrogenkonsentrasjoer på mellom 5 og 10 mg N/liter (Lande 1986). SIFF sin norm for drikkevatt er sett til < 2.5 mg NO<sub>3</sub>-N/liter.

Om ein for Tynjadalen sitt vedkommande rekner med deponering av 1.2 mill m<sup>3</sup> utsprengt masse, så svarer dette til 0.8 mill m<sup>3</sup> fast fjell, og eit sprengstoff-forbruk på omlag 1.500 tonn. Midlare innhald av N i sprengstoff kan ein rekna til 30%. Av dette kan ein rekne med at 1/3 vil følgja med sprengsteinen (Bjerknes m. fl. 1988), dvs. 135 tonn nitrogen, i hovudsak nitrat.

## 2. Kornfordeling.

Med 15% overmasse og eigenvekt 2.6 t/m<sup>3</sup> vil 0.8 mill. m<sup>3</sup> fjell utgjera totalt omlag 2.4 mill t. Kornfordeling av utsprengte masser kan sammanliknast med ei analyse av masser frå prøvesprenging utført av NGI i samband med Vetlefjordutbygginga (Strømme 1986):

| Kornstorleik<br>mm | Vektprosent | Vekt<br>1000 tonn |
|--------------------|-------------|-------------------|
| < 1.18             | 4.5         | 108               |
| < 2.36             | 7.4         | 178               |
| < 4.75             | 9.8         | 235               |
| < 8                | 10.9        | 262               |
| < 16               | 15.2        | 365               |
| < 30               | 20.8        | 499               |
| < 60               | 29.7        | 713               |
| < 150              | 60.3        | 1447              |
| < 250              | 78.3        | 1879              |

Av praktiske årsaker er det vanleg å skilje mellom løyste og partikulære fraksjoner ved ein storleik på 0.45 µ. Dvs. at 0.45 µ kan settast som ei nedre grense for storleik av suspenderte partikler.

Molekylkomplekser i storleikssorden 0.01-0.45  $\mu$  i den løyste fraksjonen vert gjerne definert som koloider, men dette er tildels ei kunstig inndeling (Hessen 1988).

Det suspenderbare materialet vil i hovudsak vera identisk med den minste storleiksgruppa av partikler ovanfor (< 1.18 mm). Mengden av suspenderbart materiale i dei massane som skal deponerast i Tynjadalen kan vi altså anslå til 108.000 tonn.

Figurane nedanfor viser kornfordelingskurver for suspendert materiale med høgt innhald av borestøv frå vassprøver ved Mel i Vetlefjordelva i anleggsperioden for Mel Kraftverk hausten 1988 (Bogen & Hougnes 1989).

### 3. Referanser.

Bjerknes, V., Aanes, K. J. & Tjomsland, T. 1988. Miljøvirkninger av slam fra veifylling langs Vangsvatnet, RV 13 ved Bulken, Voss kommune. NIVA notat O-88029.

Bogen, J. & Hougnes, R. 1989. Vetlefjordelvas sedimentbudsjett. NVE. VHB-notat nr. 25/89.

Hessen, D. O. 1988. Biologiske effekter av partikler i vann. Limnos 3/88.

Lande, A. 1986. Nitrogenavrenning fra sprengstein i Øvre Otra. Vurdering av vannkvalitetsendringer i forbindelse med anleggsvirksomheten. NIVA rapport nr. 1905.

Strømme 1986. Vetlefjordutbyggingen - Mel kraftverk. Massetransport i Vetlefjordelvi med og uten deponering av tippmasser nedenfor Nedre Svartevassvatnet. Rapport Strømme Rådgivende Ingeniører MRIF.

Bergen, januar 1994

Vilhelm Bjerknes

Statens Vegvesen Sogn og Fjordane  
5840 Hermansverk

Att. Gunnar Lotsberg

Adresse:  
Høyteknologisenteret i Bergen  
Thormøhlensgt. 55  
5008 Bergen  
Telefon 55 32 56 40  
Telefax 55 32 88 33  
Foretaksnr. 855869942

*Deres referanse*

*Deres brev av*

*Vår referanse*

*Dato*

8. november 1993

*J.nr.* 368/93

*S.nr.*

**E 16 Aurland-Lærdal. Konsekvenser ved anlegging av massedeponi i Tynjadalen. Verknader og tiltak for Kuvella og Lærdalselva. Førehandsregistrering av vasskvalitet og følsomme biologiske tilhøve.**

Vi viser til telefonsamtaler mellom Vegvesenet v/Gunnar Lotsberg og Astrid Taklo, og NIVA v/Dag Berge og Vilhelm Bjerknes om saka, og til oversending av div. kartmateriell og andre opplysninger frå Vegvesenet til NIVA 22. oktober i år.

Vegvesenet har planer om å etablere to massedeponi på totalt 1.2-1.5 mill. m<sup>3</sup>, samt oppretta eit riggområde på vestsida av Tynjadalen i samband med anleggsdrifra. Massedeponia skal taka hand om utsprengt masse frå tunnelen for E 16 mellom Aurland og Lærdal. Tida for tunnelarbeidet er, etter det vi har fått vite, rekna til 3-5 år, med planlagt start sommaren/hausten 1994. I samband med dette skal det utarbeidast reguleringsplan for det berørte området. I denne planen bør omsynet til Kuvella og Lærdalselva stå sentralt.

Verknader av massedeponia på vasskvaliteten i Kuvella og Lærdalselva vil vera størst i anleggstida, og vil vera knytta til avrenning av finstoff (slam) frå utsprengte masser, og til nitrogenholdig stoff frå sprengstoffrester. I tillegg vil lekkasje- og spylevatn frå tunnelen vera ein viktig ureiningsfaktor. Det skal opprettast eit steinknuseverk. Finpartikulært materiale og nitrogenholdig stoff vil vera dei viktigaste ureiningsfaktorane frå tunneldrift, knuseverk og deponi. I tillegg skaper hushaldskloakk og spillolje tradisjonelle problem som det må takast omsyn til.

Dei viktigaste brukarinteressene som vil bli berørt er fiske, jordbruk og drikkevatn, samt drift av stamfiskbasseng lokalisert til Kuvella. Lærdalselva er ei av dei viktigaste lakseelvane i Nord-Europa, og det knytter seg store økonomiske interesser lokalt til laksefisket i vassdraget. Dette gjer at ein bør vera særleg varsam, og unngå påverknader som kan ha uheldige konsekvensar for utøving av fisket, eller for oppgang, reproduksjon og produksjon av laks og sjøaure.

Nedanfor følger ei oversikt over dei viktigaste forventa miljøverknadane av eit anleggsarbeid av denne typen, korleis verknadane kan begrenast, og kva som bør gjerast av førehandsregistreringer og overvaking.

## 1. Miljøverknader.

Verknadane på vatn vil vera størst i anleggsfasen, og ureininga vil vera av såkalla episodisk karakter. Tilførslene til Kuvella vil variera med avrenninga frå feltet i samband med nedbør og snøsmelting. Sedimentasjon og resuspensjon i sjølve vassdraget vil variera med vassføringa.

### 1.1. Verknader av slam.

Verknadene av slampartiklar i rennande vatn avhenger m.a. av partiklane sin storleik og form, av bergart, og av parikkelkonsentrasjon. Nydanna partikler frå utsprengte masser vil normalt ha skarpe kanter, som kan vera til skade for dyre- og plantelivet. Generelt vil auka slamføring i rennande vatn ha følgjande verknader:

Brukarinteresser:

- Redusert sikt skaper vanskar for utøving av fisket
- Redusert estetisk kvalitet av vassdraget og av evt. drikkevatt
- Auka slitasje på pumper og anna materiell i samband med jordbruksvatning

Økologiske tilhøve:

- Auka driv av botndyr
- Redusert mangfald for botndyrfaunaen, skader på nettspinnande arter
- Endra oksygentilhøve i sedimentet, redusert overleving av aure- og lakserogn
- Gjelleskader og andre vevsskader på fisk og botndyr
- Nedslamming og erosjon av påvekst/begroing

Vatn frå Kuvella vert nytta til drift av Elveeigarlaget sitt stamfiskanlegg. Vidare er denne sideelva gyte- og oppvekstområde for sjøaure. Tilslamming av Kuvella vil og kunne få verknader for vasskvaliteten i sjølve Lærdalselva, med dei verknadene som er nemnt ovanfor.

### 1.2. Verknader av sprengstoffrester.

Sprengstoffrester i samband med sprengstein gjev auke i nitratkonsentrasjonen i vatn som kommer i kontakt med slike masser. Dei viktigaste verknadene i ferskvatt vil vera:

Brukarinteresser:

- Overskriding av gjeldande kvalitetskrav for drikkevatt
- Auka nitrattilførsle i samband med jordbruksvatning

Økologiske tilhøve.

- Auka begroing på elvebotn

## 2. Sikrings- og rens tiltak.

Tiltaka vil i første rekkje gå ut på å avgrensa tilførslane av ureining til vassdraget frå tunneldrifta, massedeponeringa og frå riggområdet. Vidare må ein vurdere tiltak retta mot verknadene av ureining som når fram til vassdraget. Vanlege rens tiltak må settast i verk for rensing av hushaldskloakk frå evt. brakkeleir. Tilhøva må leggest til rette for forsvarlig ivaretaking og fjerning av spillolje og evt. anna avfall i samband med anleggsdrifta.

Vatnet som blir pumpa ut frå tunnelen utgjør den potensielt største ureiningskjelda. Dette vatnet må takast hand om på ein effektiv måte for å redusere ureininga av vassdraget. Det beste og rimelegaste vil truleg vera å kombinere sikrings- og rens tiltak for tunneldrift, deponier og steinknuseverk.

Det vert tilrådd å leggja massedeponia lengst mogeleg frå Kuvella og frå sidevassdrag. Det same rådet vil ein gje for riggområda, og for fyllinga til anleggsvegen. Utfylling direkte i vassdrag eller sidevassdrag bør ein unngå så sant det er mogeleg.

Sedimentasjonsbasseng kan nyttast for å redusere partikkelmengda i avrenningsvatnet. Her vil større partiklar bli botnfelt relativt fort (iløpet av få timer), medan finare partiklar vil krevja lengre tid. Sedimentasjonsforsøk med tunnelvatn frå tilsvarande bergarter viste ei sedimentasjonsfart på 3-4 cm x døgn<sup>-1</sup> for dei finaste partiklane. Dette krev ei urealistisk lang opphaldstid. Sedimentasjonsraten kan aukast ved tilsetjing av polymerer, men dette vil vera både kostnads- og arbeidskrevjande. Sedimentasjonsbasseng vil fjerna dei grovarae partiklane, men vil ikkje hindra tydeleg slampåverknad dersom vatnet vert ført vidare ut i vassdraget.

Dersom det finnast infiltrerende grunn i området, bør sedimentasjonsbassenga bli lokalisert her. Sedimentasjonsbasseng i filtrerende masser vil ta hand om ein større del av finstoffet. Øvre lag kan gravast bort etter som finpartikulært materiale legg seg på toppen, og reduserer filterverknaden. 2.5.

Ein bør drøfta mogelegheitene for å leggja opp eit arbeidsprogram for anleggsdrifta som tek omsyn til årstidane (temperatur, nedbør, fiskesesong, oppgang av fisk, gyting, yngelklekking osv.) Dermed vil ein og redusere risiko for uønska hendingar.

## 3. Vasskvalitet og biologiske tilhøve.

### 3.1. Drikkevatn og jordbruksvatning.

Påverknaden av grunnvatnet i Tynjadalen vil vera størst i nærleiken av deponia. Lenger nedetter dalføret kan ureiningsverknader eventuelt finna stad dersom elvevatnet blir ureina. I kva grad dette vil vera eit problem for brønner i området, vil avhenge av ureiningsgrad og av eigenskapane til lausmassane i dalbotnen.



Brønner i området og bruken av brønnene må registrerast. Det bør og gjerast ei enkel undersøking av vasskvaliteten i brønnane på førehand, særleg med omsyn til dei parametranne ein rekner ved vil endra seg under anleggsarbeidet.

Eventuelle pumper for å skaffa elvevatn til jordbruksvatning kan få auka slitasje ved stor og langvarig partikkelureining. Auka nitrattilførsle gjennom vatningsvatnet bør evt. takast omsyn til i gjødslingsplanane på gårdsbruka langs vassdraget.

### **3.2. Stamfiskbasseng.**

Vatn frå Kuvella blir nytta i Elveieigarlaget sitt stamfiskanlegg. Grunngevinga for denne lokaliseringa av stamfiskanlegget er vasskvalitet og gunstig temperatur. Slike anlegg er i bruk ei begrensa del av året (juni-november). I denne perioden vil ein normalt ha haustregn og haustflaum. Vi held det for lite truleg at partikkelureininga av inntaksvatnet vil komma opp i konsentrasjoner som vil vera skadelege for stamfisk. Likevel kan ein ikkje sjå bort frå at skader på fisken kan oppstå av andre årsaker, men at ureining frå anleggsverksemda vert skulda for skadane.

På bakgrunn av ovannemnte kan det vera klokt av Vegvesenet å ta opp spørsmålet om (mellombels) flytting av stamfiskbassenget med Lærdal Elveieigarlag på eit tidlig tidspunkt.

### **3.3. Gyte- og oppvekstområder og næringsdyr for laks og sjøaure.**

Teljing av oppgangsfisk har vore gjennomført i Kuvella dei siste 5 åra. Kuvella vert rekna som ei typisk sjøaureelv. Gyte- og oppvekstområder for sjøaure bør undersøkast før anleggsarbeidet startar, eller tidleg i anleggsfasen hausten 1994. Vidare bør det takast prøver for kartlegging av botndyrfaunaen. Slik informasjon vil komme til nytte dersom det skulle skje uhell med alvorleg grad av ureining, eller det kommer fram påstand om slik ureining.

Det blir gjennomført årlege teljinger av gytefisk i Lærdalselva. Likeeins blir det gjort flatetakseringer av ungfisk (Fiskeforvaltaren ved Fylkesmannen i Sogn og Fjordane). Ei av dei undersøkte flatene ligg tett nedstraums utlaupet av Kuvella, og vil vera ein viktig referanse for moglege ureiningsverknader i Lærdalselva under og etter anleggsarbeidet.

### **3.4. Vasskvalitet i Lærdalselva.**

Lærdalselva inngår i "Statlig program for forurensningsovervåking". Det blir teke månadlege vassprøver frå vassdraget for forsurningsanalyse. Vasskvaliteten er veldokumentert.

## 4. Førehandsregistrering og overvaking.

### 4.1. Førehandsregistrering.

Nedanfor har vi lista opp nokre av dei viktigaste tilhøva ein vil trenga kunnskap om før anleggsarbeidet starter:

- Nedslagsfelt og spesifikk avrenning for Kuvella
- Berekning av finstoffmengder og kornfordeling og av mengder nitrøst stoff i sprengte masser
- Sedimentasjonsundersøkingar av finstoff frå sprengte masser
- Fortynningsberekningar for ulike nedbørs-, avrennings- og vassføringstilhøve
- Naturleg vasskvalitet ("null-tilstand") i Kuvella
- Brønner og vasskvaliteten i desse
- Vasskvalitet i Stamfiskanlegg
- Alternative plasser for mellomels lokalisering av stamfiskanlegg
- Gyte- og oppvekstområde for sjøaure
- Tettleik og storleiksfordeling av fiskeunger
- Kartlegging av oppgangsaure, gyteplasser og overleving av rogn
- Botndyrsamfunn

### 4.2. Overvaking.

Eit overvakingssystem for Kuvella bør grovt sett innehalda dei same elementa som førehandsregistreringa. Vasskvaliteten bør overvakast i Kuvella og i utvalte drikkevassbrønner, i tillegg til overvakingstasjonar for vasskvalitet i Lærdalselva, oppstraums og nedstraums Kuvella. Slik overvaking bør skje på grunnlag av automatisk registrering og dataoverføring via telenettet, kombinert med vanleg prøvetaking og kjemiske analyser.

Det kan vera fruktbart å setja opp grenseverdier for ureininga på førehand, slik at ein har klare mål å styre etter når det gjeld vasskvalitet. Dette må gjerast i samråd med miljøstyresmaktene.

Vi vil og tilrå eit biologisk overvakingssystem i Kuvella. I tillegg til dei gytefiskteljingane som går føre seg allereie, bør overvakinga omfatta årlege takseringar av sjøaure på utvalte elveflatar med elektrisk fiskeapparat og kvantitativ innsamling av botndyr på utvalte stasjonar. Endringar i botndyrsamfunnet kan gje viktig informasjon om kort- og langsiktige endringar i vasskvaliteten.

### 4.3. Førehandsregistrering 1993-94.

Biologiske data bør dekke ein haustfase og ein vår/sommarfase. Hausten 1993 nyttast til taksering av ungfisk i Kuvella, og til kvantitativ undersøking av botndyr i Kuvella og Lærdalselva (surbersamplar 3 stasjonar, 5 subsamples pr. stasjon). Våren nyttast til flatetaksering av ungfisk, undersøking av gytegroper og overleving av rogn/ynge i Kuvella, og til gjentatt botndyrinnsamling.

NIVA vil nytta Zoologisk Institutt, Universitetet i Bergen som medarbeidar for botndyrundersøkingane.

Haustbolken av feltarbeidet må skje på kort varsel, og bør gjennomførast allereie i november 1993. Vårbolken gjennomførast i april før vårflaum. Nedanfor har vi satt opp eit overslag over førehandsgranskingane, slik desse kan gjennomførast med den korte tiden som står til rådvelde fram til anleggsstart. Førehandsgranskinga kan rapporterast i juni 1994. Rapporten vil munna ut i eit forslag til overvakingsprogram.

Arbeidsprogram og kostnadsoverslag vil vera grunnlag for diskusjon med oppdragsgjevar når det gjeld innhald og omfang. Grovt sett vil vi trirlå at eit oppfølgjande overvakingsprogram går ut på årlege gjentakinger av førehandsregistreringa. Dersom overvakinga i anleggsperioden avdekkar vesentlege verknader, bør det gjennomførast ei sluttgransking etter at arbeidet er avslutta. Hvis overvakinga syner at verknadene på vassdraget har vore små, vil det truleg ikkje vera naudsynt med ei slik avsluttande undersøking.

## 5. Kostnader.

### 5.1. Arbeidskostnader.

|   |               |               |
|---|---------------|---------------|
| Kornfordeling, sedimentasjonsundersøkinger av finstoff                        | kr. 20.000.-  |               |
| Teoretiske beregninger av avrenning, fortynning osv.                          | kr. 12.000.-  |               |
| Feltarbeid botndyr, fisk, vassprøver. 2 bolker inkl. førebuing og etterarbeid | kr. 50.000.-  |               |
| Møte med Vegvesenet i Hermannsverk*   | kr. 5.000.-   |               |
| Bearbeiding, analyse, rapportering  | kr. 100.000.- | kr. 187.000.- |

### 5.2. Vassprøvetaking og kjemiske vassanalyser.

|  |              |              |
|--|--------------|--------------|
| Månadlege vassprøver og analyser (forsuringspakke) av Kuvella (1 stasjon) og Lærdalselva (2 stasjoner) | kr. 18.000.- |              |
| 4 prøver av 5 drikkevannsbrønner   | kr. 9.500.-  |              |
| Prøvetaking, kjøring, frakt  | kr. 2.500.-  | kr. 30.000.- |

### 5.3. Reiseutgifter.

|   |              |              |
|---|--------------|--------------|
| Feltarbeid, 2 personer i 2x3 dager, statens regulativ | kr. 15.000.- |              |
| Møte Vegvesenet Hermansverk                           | kr. 2.500.-  | kr. 17.500.- |

### 5.4. Trykking og div. utgifter.

kr. 5.000.-

-----  
Sum

kr. 239.000.-  
-----

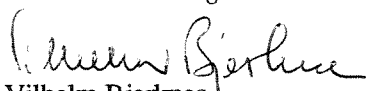
\* Dersom det blir trong for fleire møter, enten i Hermansverk eller i Lærdal, vil kvart møte koste kr. 7.500.-.  
Møter i samband med feltarbeid i vassdraget kan skje etter nærare avtale.

Summen ovanfor inkluderer inntil 50 stk. rapporter levert oppdragsgjevar. For planlegging og gjennomføring av den første feltarbeidsbolken høyrer vi gjerne frå Vegvesenet så snart som råd.

Med venleg helsing

NORSK INSTITUTT FOR VANNFORSKNING

Vestlandsavdelingen

  
Vilhelm Bjerknes



**Norsk institutt for vannforskning**

Postboks 173 Kjelsås, 0411 Oslo

Telefon: 22 18 51 00 Fax: 22 18 52 00

ISBN 82-577-2449-1