

JORDFORSK

Senter for jordfaglig miljøforskning

Hovedkontor: 1432 Ås Tel. 64 94 81 00 Fax 64 94 81 10

Distriktskontor: Molde, Tel. 072 58 000

Bodø, Tel. 081 83 222

| | | | |
|-------------------|---|-------------------------|---|
| Tittel: | Kartlegging og vurdering av tungmetallforurensset grunn Delrapport 2: Kartlegging av forurensset grunn ved Telemark Treimpregnering | Tilgjengelighet: | Apen |
| Fagområde: | Miljøkjemi | Forfatter: | Sjur Andersen Petter Snilsberg Grete Rasmussen Carl Einar Amundsen |
| Stikkord: | Tungmetaller, kobber, krom, arsen, impregnering | Antall sider: | 26 |
| | | Antall bilag: | |
| | | Prosjekt nr.: | 2056 |
| | | Arkivnr. | 6.94.04 |
| | | Rapport nr.: | 1/95 |
| | | ISBN nr.: | 82-7467-144-9 |

| | |
|-----------------------|------------------------|
| Oppdragsgiver: | Kontakt: |
| SFT | Harald Solberg |
| JORDFORSK | Bestillingsnr.: |

Kort sammendrag:

Det er gjennomført en kartlegging av områder ved tidligere Telemark Treimpregnering, Porsgrunn. Det er påvist betydelig forurensning av deler av området, særlig i øvre del av jordprofilen. Toksisitet av forurensset jord er påvist, i enkelte punkter i sterk grad. Arsen kan mobiliseres av de fleste kjemiske endringer som er trolig på lokaliteten, og finnes i høye konsentrasjoner i jordvæsken. Målinger i Skienselva tyder på at tungmetaller lekker ut.

Abstract:

| | |
|----------------------------|--------------------------|
| Land/Fylke: | Telemark |
| Kommune: | Porsgrunn |
| Sted/Lokalitet: | Telemark Treimpregnering |
| Kart 1:50.000: | 1713 II |
| Økon. kart 1:5.000: | |
| UTM-koordinater: | |

| | |
|-------------------------|---------------------------------------|
| Sted: | Ås |
| Dato: | 12.1.95 |
| Prosjektleder: | <i>Sjur Andersen</i> Sjur Andersen |
| Ansvarlig leder: | <i>Øistein Vethe</i> Øistein Vethe |

| | |
|--|---------|
| Sammendrag | 1 |
| 1. INNLEDNING | 2 |
| 2. UNDERSØKELSESPROGRAM OG METODER | 2 |
| 2.1 Feltundersøkelsen | 2 |
| 2.2 Biologiske målinger | 3 |
| 2.2.2 Microtox jordvæske og elvevann | 3 |
| 2.2.3 Microtox - jord | 4 |
| 2.3 Vannprøver | 4 |
| 2.4 Faktorielle forsøk | 4 |
| 2.5 Kjemisk analyse - vann | 6 |
| 2.6 Kjemisk analyse - jord og planter | 6 |
| 3. RESULTATER OG DISKUSJON | 7 |
| 3.1 Innhold av tungmetaller i sjaktene | 7 |
| 3.2 Innhold av overflateforurensning | 7 |
| 3.3 Resultater fra FESTene | 8 |
| 3.4 Analyser av jordvæskeprøver | 10 |
| 3.5 Innhold i tjønnaks og elvemose | 11 |
| 3.6 Microtox-målinger | 12 |
| 4. KONKLUSJONER | 14 |
| REFERANSER | 15 |
| Figur 1 - 11 | 16 - 26 |

Sammendrag

Det er gjennomført en tilstandskartlegging av forurenset grunn ved tidligere Telemark treimpregnering. Dette omfatter påvisning og avgrensning av kildeområder, kvantifisering av forurensningsomfang, kartlegging av lagdeling og løsmasseavsetninger, påvisning av forurensningskomponenter, vurdering av kjemisk stabilitet i avfallet, spredningsvurdering, og installering av prøvetakings/overvåkingsutstyr.

Lokaliteten må betegnes som svært forurenset i enkelte delområder. I enkelte punkter er innholdet av impregneringskomponenter opp mot 30 % på vektbasis. Dette gjelder særlig området rundt der trykk tanken var plassert. I tillegg er store arealer påvirket av drypp fra impregnert virke, og nivået ligger opp mot 100 ganger i forhold til lokalt bakgrunnsnivå. Økotoksikologiske tester (Microtox) på forurenset jord viser at stoffene assosiert med de områdene som er mest forurenset er giftige.

Mobiliseringsforsøk viser at særlig arsen er mobilt, men også krom og kobber kan mobiliseres - særlig hvis de påvirkes av organiske syrer eller sjøvann. pH, som vanligvis er den eneste testfaktor i utlakningsforsøk, har mindre betydning for mobilisering enn organiske syrer og sjøvann. De observerte nivåene av forurensningstoffer i mobiliseringsforsøket bekreftes av målinger på innhold av tungmetaller i jordvæske. Dette gjelder særlig arsen.

Endringer i konsentrasjoner og giftighet av jordvæsken under to prøvetakingsrunder, viser at mobilisering trolig forgår, og at dette er viktig med henblikk på biologisk effekt.

Toksisitetsmålinger av overflatejord indikerer at man ikke kan utelukke en konflikt mellom lokaliteten og helse, dersom mennesker eksponeres direkte for dryppinfisert materiale. En mulig eksponering er at barn leker med dryppinfiserte steiner evt. slikker på dem.

Selvom det ikke er gjennomført en fullstendig risikoanalyse av lokaliteten (skal gjennomføres i fase 3 av prosjektet), er graden av forurensning, spredningsfare, arealbrukskonflikt og giftighet av en slik alvorlighet at man allerede nå bør vurdere tiltak på lokaliteten.

KARTLEGGING OG VURDERING AV TUNGMETALLFORURENSET GRUNN

DELRAPPORT 2:

Kartlegging av forurenset grunn ved Telemark Treimpregnering

1 INNLEDNING

I forbindelse med forskningsprosjektet "Kartlegging og vurdering av tungmetallforurenset grunn", er tidligere Telemark Treimpregnering, Porsgrunn, valgt som forsøksfelt. Denne delrapporten omhandler kartleggingsundersøkelsen ved lokaliteten og installering av prøvetakings/overvåkingsutstyr. Kartleggingen har omfattet påvisning og avgrensning av kildeområder, forurensningskomponenter, kvantifisering av forurensningsomfang, kartlegging av lagdeling og løsmasseavsetninger, samt vurdering av mulig mobilisering av forurensningsstoffer med påfølgende spredning.

Det er gjennomført toksisitetsmålinger på faststoffprøver og prøver av jordvæske. I tillegg er det tatt prøver av planter i elva, samt utplassert elvemose utenfor lokaliteten.

Bakgrunnsmateriale om lokaliteten er tidligere sammenstilt i en problemdefinering (Andersen et al., 1994), og den danner grunnlaget for denne kartleggingen.

Målsettingen med undersøkelsen har vært å gi en tilstandsvurdering av lokaliteten med hensyn på kilde, spredning og effekt.

2. UNDERSØKELSESPROGRAM OG METODER

2.1 Feltundersøkelsen

Prøvetakingen ble planlagt for å dekke to forhold: (i) massiv forurensning i dybden fra drenering, deponering el.l., og (ii) dryppforurensning på overflaten. Ved hjelp av gravemaskin ble mulig forurensning i dybden undersøkt ved sjakting. Sjaktingen ble gjennomført ved å grave ned til blåleire (tette masser) i en 5 meter lang og 2 meter bred rute. Dersom det ble påtruffet forurensede masser

(identifisert ved grønnfarge), ble det tatt blandprøver av hvert lag i sjakten. For å få en representativ prøve av hvert lag, ble prøvene tatt av en som er rød/grønn fargeblind, og dermed forhindret fra å underbevisst prøveta rene eller forurensede masser. Prøver (å 5 - 10 kg) ble tatt i forsterkede plastposer. Totalt ble det gravd tolv sjakter, hvorav fem av dem ble prøvetatt. Plassering av sjaktene er vist i figur 1, og profilbeskrivelse er gitt i figur 3 - 11.

For å få representative prøver av overflateforurensningen som skyldes drypp fra vått virke, ble dryppstedene delt i fire grid (figur 1). Inndelingen var primært motivert av hvor lenge de enkelte stedene ble benyttet som tørkeplass. De fire grid'ene ble delt inn i småruter, og hver enkelt rute ble prøvetatt ved å grave et 50x50 cm hull for hånd. 3-5 kg prøve fra 5 - 20 cm ble tatt i plastposer. Disse prøvene ble tørket og siktet gjennom syrevasket teflonduk med 2 mm åpning. Deretter ble det tatt ut 200 g prøve fra hver rute som så ble blandet sammen til en blandprøve. Det ble dermed laget 4 blandprøver; - en for hver grid. I den griden som tilsynelatende var mest forurenset (grid 4), ble også prøver fra hver enkelt rute analysert. Dette ble gjort for å sammenligne resultatene for blandprøven med gjennomsnittverdien for de 10 delprøvene.

Det ble tatt en bakgrunnsprøve sør på lokaliteten (figur 1).

I tillegg til kjemiske analyser av jordprøver og blandprøver, ble de samme prøvene undersøkt m. h. p. toksisitet. Til dette ble "Microtox solid phase" - test benyttet.

2.2 Biologiske målinger

2.2.1 Vannlevende planter

Det er lite vannvekster i Skienselva (Porsgrunnselva) utenfor området, men det ble funnet noen hjerteformede tjønnaks (*Potamogeton perfoliatus*) rett utenfor trykktankområdet, og disse ble prøvetatt og analysert for tungmetaller. Elvemose (*Fontinalis antipyretica*) ble plassert ut i plastbur langs hele tomta med tanke på høsting etter en periode i elva (figur 2). En prøverunde av disse ble tatt etter 2 uker i elva. Bortsett fra prøvetakingsdagen var det lite nedbør i perioden, og dermed sannsynligvis liten avrenning.

2.2.2 Microtox jordvæske og elvevann

Microtox er en biologisk test som brukes for å måle toksisk effekt av miljøgifter i jord- og vannprøver. Lysutsendende bakterier (*Vibrio fischeri*) blir utsatt for prøven, og lystapet i forhold til en ren referanse måles. Denne lysreduksjonen (en som skyldes hemming av stoffskifte i organismen) indikerer hvor giftig prøven er. En gjennomgang av metoden er gitt av Engelstad og Eggen (1994).

Frysetørrede bakterier ble gjenopplivet i en 2% saltløsning. 3 ml vannprøve ble tilsatt 60 mg natriumklorid i en kuvette på microtox-panelet, og den hadde dermed en konsentrasjon på 99% av opprinnelig prøve. Det ble laget 2 fortynninger av denne prøven med konsentrasjoner på 66% og 44%. To kontroller (fortynningvæske; 2% NaCl løsning) ble brukt, og duplikater ble kjørt av alle prøvene. 10µl bakterieløsning ble tilsatt fortynningene og kontrollene, og lysemmissjonen ble deretter avlest etter 5 og 15 minutter.

Før prøvene fra Porsgrunn ble analysert, ble Microtox apparatets nøyaktighet testet. Under normale forhold skal en phenol-løsning på 100 mg/l ha en EC50-verdi på mellom 13 og 26 mg/l. I dette tilfellet ble verdien bestemt til 21 mg/l.

2.2.3 Microtox - jord

I 1992 lanserte Microbics Corporation en prosedyre for en eksponering av bakteriene overfor en fast fase, som jord og sediment. Det hadde lenge vært ansett at ekstraksjoner av fast fase, vandig eller organisk, ikke ga det rette bildet på toksisitet i prøven. Ulike ekstraksjonsteknikker vil gi et ulikt bilde av det som er biotilgjengelig. Fast fase-metoden gjør det mulig å eksponere bakteriene i standardløsningen direkte overfor partikkelbundete komponenter. Dette foregår i kuvetter hvor en blander bakterier og jordprøver som inkuberes ved gitt temperatur og tid. Ned i røret trykkes så et filter som har en porestørrelse som slipper bakteriene gjennom sammen med væsken. Væskefasen pippeteres ut og analyseres på vanlig måte. Måleenheten er hvor mye jordprøve (i ppm) som må tilsettes for å få en 50% reduksjon i lysutsende. Lavere ppm-verdier betyr dermed økende giftighet.

2.3 Vannprøver

I fem av sjaktene ble det installert jordvæskesugere i ulike lag (figur 1, 3, 4, 5, 9 og 10). Jordvæskesugerene er av typen Prenart™, og er brukt i flere lignede undersøkelser utført av JORDFORSK. Detaljer om virkemåter, referanser og installeringsmetoder finnes i Westby (1993).

2.4 Faktorielle forsøk

To prøver fra kildeområdet fra 50 og 70 cm, samt den blandprøven med høyest innhold av tungmetaller (grid 4), ble undersøkt med faktorielle eksraksjonstester (FEST). Stabiliteten av kobber, krom og arsen under endring av pH, ionestyrke og tilstedeværelse av organiske syrer, ble undersøkt. pH inngikk som faktor fordi lokaliteten ligger i et område som utsettes for sur nedbør; ionestyrke inngikk som faktor fordi området i stormfloepisoder påvirkes av sjøvann; og organiske syrer inngikk fordi det trolig er mye organikk i væskefasen p. g. a. nedbrytning av plantemateriale fra barking etc. på lokaliteten.

Det ble laget to løsninger, en med høy verdi (x) og en med lav verdi (o), for hver av de tre faktorene som ble undersøkt i prosjektet (tabell 2).

Tabell 1. Sammensetningen av ekstraksjonsløsningene benyttet i det faktorielle forsøket.

| Løsning | o | x |
|----------------------|-----------|--|
| pH | 6.0 | 3.5 |
| lonestyrke (μ) | Dest.vann | 20 % sjøvann |
| DOC | Dest.vann | eplesyre, salisylsyre og sitronsyre = 150 mg DOC/l |

o - lav verdi; x - høy verdi

25 gram av homogenisert prøve ble tilsatt 100 ml ekstraksjonsvæske (vist i tabell 2) i 500ml polyetylenflasker (jord:væske forhold 1:4). Ekstraksjonen foregikk i 45 timer med konstant risting. Etter risting ble sediment filtrert fra, og konsentrasjonene av elementene i ekstraktene ble bestemt.

Tabell 2. Sammensetningen av ekstraksjonsløsningene i det faktorielle forsøksoppsettet.

| Prøvenr. | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 |
|------------|---|---|---|---|---|---|---|---|
| pH | o | x | o | o | x | x | o | x |
| lonestyrke | o | o | x | o | x | o | x | x |
| DOC | o | o | o | x | o | x | x | x |

x, o - se tabell 1 for forklaring.

pH

pH varierer fra 3.5 til 6.0. Dette området dekker godt den naturlige variasjonen i pH. Løsningenes pH ble justert til pH 3.5 og pH 6 med 0.15M H^+ (1:1 $H_2SO_4:HNO_3$) eller med 0.1M NH_3 .

Ionestyrke

Ionestyrken (μ) er variert over et intervall fra 0 - 20 % sjøvann (0 - 7 ‰ salinitet). Det er benyttet kunstig laget sjøvann, med kun uorganiske komponenter.

Løst organisk karbon

Løst organisk karbon (DOC) er summen av eplesyre, salisylsyre og sitronsyre. Syrene er alle organiske syrer som dannes naturlig ved nedbrytning av organisk materiale. Konsentrasjonen i blandingen er 150 mg DOC/l, en konsentrasjon som ligger noe i overkant av hva som vanligvis finnes i jordvæske. Syrene er sterkere kompleksbindere ved pH 6 enn ved pH 3.5, fordi dissosiasjonsgraden er høyere ved høye pH verdier. Dette gjelder generelt også for andre naturlig forekommende kompleksbindere (fulvosyrer og humussyrer).

2.5 Kjemisk analyse - vann

Løst organisk karbon

Løst organisk karbon (DOC) i væskefasen ble målt på filtrerte prøver (0,45µm) ved absorpsjon på 254 nm i UV-området. Seks prøver (prøvene med høyst, lavest + verdier i mellom) ble målt på karbonanalysator. På basis av disse ble det laget en kalibreringskurve og DOC innhold i resten av prøvene beregnet ved hjelp av linjær regresjon.

Ledningsevne og pH

Ledningsevne ble målt i felt med et WTW 90 Konduktivimeter m/innebygd temperaturkompensasjon. pH ble målt med ioneselektiv elektrode (Orion Ross kombinasjonselektrode).

Salter og tungmetaller

Vannprøver er analysert med induktivt koplet plasmaemisjonsspektrofotometer (ICP) etter surgjøring til pH=2 med salpetersyre. Ved lave verdier av arsen er kalddampteknikk benyttet (AAS). Lave verdier av krom og kobber er analysert med atomadsorpsjonsspektrofotometer med grafittovn (AAS-GF). Analysene er utført av JORDFORSK, avd. Landbrukets Analysesenter. Deteksjonsgrenser er vedlagt.

2.6 Kjemisk analyse - jord og planter

Salter og tungmetaller

Jordprøver er analysert ved å løse opp 10 g homogenisert prøve i kongevann (1:3 kons. HCl:kons. HNO₃), og så analysere på et induktivt koplet plasmaemisjonsspektrofotometer (ICP). Ved lave verdier er arsen analysert v. h.a. kalddampteknikk på atomadsorpsjon-spektrofotometer (AAS). Analysene er utført ved JORDFORSK, avd. Landbrukets analysesenter. Deteksjonsgrenser er vedlagt.

Planteprove er analysert ved å løse opp organisk materiale i konsentrert salpetersyre, og innhold av tungmetaller er analysert med ICP.

3. RESULTATER OG DISKUSJON

3.1 Innhold av tungmetaller i sjaktene

Det ble tatt faststoff prøver i 5 av prøvesjaktene, pluss en bakgrunnsprøve, og resultatene er gjengitt i tabell 3. En gjennomgående tendens er at konsentrasjonene minker med dybden. Et markert unntak er sjakt en, hvor innholdet av kobber, krom og arsen utgjør opp mot 30 % av prøvens vekt. Denne prøven ble tatt fra et gammelt drenerør som sannsynligvis har drenert overskuddsvæske eller direkte søl fra impregneringsprosessen. Prøven var sterkt grønnfarget, og må karakteriseres som den ekstreme enden av forurensningen ved lokaliteten. Forøvrig er innholdet av kobber, krom og arsen over naturlig nivå for Sør Norge, og over det som måles i bakgrunnsprøve tatt tett opp til lokaliteten.

Tabell 3. Innhold av kobber, krom og arsen i jordprøver fra sjaktene.

| Sjakt | Dybde (cm) | Cu | Cr | As |
|----------|------------|-------|-----------------|-------|
| | | | mg/kg tørrstoff | |
| 1 | 40 | 33030 | 6370 | 40100 |
| | 50 | 18870 | 587 | 110 |
| | 70 | 67830 | 115000 | 87600 |
| | 80 | 23,9 | 2090 | 596 |
| | 130 | 43 | 997 | 213 |
| 2 | 30 | 3573 | 2890 | 2340 |
| | 100 | 142 | 1190 | 170 |
| | 130 | 344 | 17500 | 229 |
| 3 | 30 | 7126 | 1930 | 6640 |
| | 70 | 436 | 2050 | 731 |
| 9 | 10 | 33700 | 10600 | 34600 |
| | 20 | 3368 | 1530 | 3720 |
| | 30 | 16430 | 12700 | 21600 |
| | 60 | 64,9 | 744 | 84 |
| 10 | 50 | 62,6 | 16,2 | 43,3 |
| | 85 | 40,4 | 391 | 205 |
| Bakgrunn | 20 | 22 | 20,7 | 67,2 |

3.2 Innhold av overflateforurensning

For å få et kvantitativt begrep for overflate forurensning fra drypp av impregnert virke, ble fire områder inndelt i ruter og det ble analysert på blandprøve av hvert rutenett (se 2.1). Resultatene er gjengitt i tabell 4. Det er en viss forskjell mellom de fire blandprøvene. Det mest forurensede området (grid 4) er det som har vært brukt lengst som tørkeplass for vått virke, noe som kan være årsak til at dette området ligger høyest. Alle resultatene fra blandprøvene ligger over bakgrunnsmåling for lokaliteten. Basert på målinger av kalsium ser vi at de fire

gridene er nokså like av ikke-forurensende komponenter, det som varierer er miljøgiftnivået.

Tabell 4. Innhold av kalsium, kobber, krom og arsen i blandprøver fra 4 grid.

| Prøvenr | Ca | Cu | Cr | As |
|-----------------|--------|--------|-------|-------|
| mg/kg tørrstoff | | | | |
| Grid 1 | 103500 | 834 | 705 | 930 |
| Grid 2 | 92000 | 138,45 | 121 | 90 |
| Grid 3 | 107500 | 510,5 | 358,5 | 297,5 |
| Grid 4 | 100000 | 6100 | 1750 | 5400 |

For grid 4 ble alle enkeltprøvene analysert, og resultatene er gitt i tabell 5. For alle tre metaller er det en betydelig variasjon (mer enn x10). Overenstemmelsen mellom verdiene for blandprøven og gjennomsnittet er meget bra, og det er rimelig grunn til å anta at blandprøveverdier/gjennomsnitt er beskrivende for overflateforurensningen over de fire gridene.

Tabell 5. Innhold av kalsium, kobber, krom og arsen i enkeltprøver fra grid 4.

| Prøvenr. | Ca | Cu | Cr | As |
|-----------------|--------|-------|------|-------|
| mg/kg tørrstoff | | | | |
| 4_1 | 227000 | 2855 | 1150 | 2090 |
| 4_2 | 81700 | 1127 | 411 | 1090 |
| 4_3 | 178000 | 2862 | 693 | 2570 |
| 4_4 | 218000 | 1521 | 675 | 1470 |
| 4_5 | 74500 | 4769 | 1640 | 3610 |
| 4_6 | 196000 | 13930 | 3610 | 13600 |
| 4_7 | 17100 | 6592 | 2190 | 5260 |
| 4_8 | 55200 | 20640 | 4540 | 18500 |
| 4_9 | 18700 | 2076 | 522 | 1290 |
| 4_10 | 49300 | 945 | 2230 | 6090 |
| Snitt | 111550 | 5732 | 1766 | 5557 |

3.3 Resultater fra FESTene

Faktorielle ekstraksjonsforsøk (FEST) ble utført på prøve fra grid 4, sjakt 1 : 50 cm og sjakt 1 : 70 cm (drensrør). I tabell 6 er det gitt en oversikt over hvilke faktorer som ga en signifikant økning av kobber, krom og arsen i løsning i FESTene. ✓

Dersom man ser de tre ulike prøvetypene sammen, er arsen klart det metallet som er mest mobilt. Det kan både påvirkes av flere av faktorene, og er ~~arsen~~ gjennomgående det som påvirkes mest i alle prøvene. Endringer i ionestyrke og løste organiske syrer påvirker mest, mens pH ikke har så stor påvirkning. ✓

Tabell 6. Faktor som ga signifikant effekt på mobilisering, samt signifikans nivå.

| Grid 4 | | Sjakt1 50 cm | | Sjakt 1 70 cm | |
|-----------|-------------|--------------|-------------|---------------|-------------|
| Faktor | Signifikans | Faktor | Signifikans | Faktor | Signifikans |
| <u>Cu</u> | | <u>Cu</u> | | <u>Cu</u> | |
| Ion | 0,086 | Ingen | | pH | 0,051 |
| DOC | 0 | <u>Cr</u> | | pH | 0 |
| Ion*DOC | 0,084 | Ingen | | <u>Cr</u> | |
| <u>Cr</u> | | <u>As</u> | | Ion | 0 |
| DOC | 0,004 | Ion | 0,001 | DOC | 0,064 |
| <u>As</u> | | | | Ion*DOC | 0,054 |
| pH | 0,014 | | | pH*Ion*DOC | 0,077 |
| Ion | 0 | | | <u>As</u> | |
| DOC | 0,005 | | | pH | 0,006 |
| pH*DOC | 0,082 | | | Ion | 0 |
| | | | | DOC | 0 |
| | | | | pH*Ion | 0,006 |
| | | | | pH*DOC | 0,006 |
| | | | | Ion*DOC | 0,002 |
| | | | | pH*Ion*DOC | 0,008 |

Kobber og krom påvirkes mest av ionestyrke og løste organiske syrer. pH hadde ingen mobiliserende effekt på noen av prøvene. Prøven tatt fra gammelt drenerør sjakt 1 70 cm (med det høyeste totalinnhold), var den som inneholdt mest løslige metaller. I dette kildeområdet er det trolig rester av opprinnelig vannløslig impregneringsmiddel som har gjennomgått en moderat grad av oksidering. Nivåer (konsentrasjoner) målt i forsøket er gjengitt i tabell 7. Konsentrasjonene i væskefasen ligger betydelig under det som måles i fast fase. Med unntak av prøven fra drenerøret ligger kobber og krom på et lavt nivå jamført med verdiene i jorden. Påfallende nok ligger minimumsnivåene av arsen på identisk lik verdi for de tre prøvene.

Tabell 7. Gjennomsnitt, maksimum og minimumsnivåer av kobber, krom og arsen målt i FESTene. Alle verdiene er i mg/l

| | Cu | Cr | As |
|---------------|------|------|------|
| Grid 4 | | | |
| Snitt | 7.3 | 0.5 | 25.7 |
| max | 18.1 | 0.66 | 43.3 |
| min | 0.12 | 0.37 | 15.4 |
| Sjakt 1 50 cm | | | |
| Snitt | 2.05 | 1.02 | 39.1 |
| max | 11.7 | 3.12 | 83.4 |
| min | 0.33 | 0.66 | 15.6 |
| Sjakt 1 70 cm | | | |
| Snitt | 24 | 17.5 | 31.7 |
| max | 30.8 | 38.1 | 66.7 |
| min | 15.2 | 4.7 | 15.3 |

3.4 Analyser av jordvæskeprøver

Det ble gjennomført to prøvetakingsrunder den 15. september 1994. Første runde er vann sugd inn i jordvæskesondene i løpet av uken før, mens andre runde er samlet opp i løpet av 8 timer denne dagen. Det var et kraftig regnvær denne dagen, med vel 37 mm i løpet av formiddagen. Jordvæskemålingene i de ulike sjaktene for første runde er gitt i tabell 8, mens andre runde er gitt i tabell 9.

Det er en viss økning fra første til andre prøvetakingsrunde, særlig av arsen. Dette til tross for at hele systemet fylles med vann, og man dermed skulle forvente en fortynning. Det tyder på at det forgår en mobilisering i jordvæsken. De høyeste verdiene måles i de øvre jordvæskesugerne, og minker med dybden. Nivåene i jordvæskesugerne stemmer forøvrig godt overens med målingene fra ekstraksjonsforsøkene, med arsen tilsvarende det som ble funnet der. Tabell 10, som viser konsentrasjoner i prøver tatt fra elva utenfor lokaliteten, viser også en markert økning i arsen.

Tabell 8. Data fra første prøvetaking av jordvæskesugere kl. 10 15/9-94

| Dybde | Na | K | Mg | Ca | Cu | Cr | As |
|----------|------|------|------|------|-------|-------|-------|
| | | | | mg/l | | | |
| Sjakt 1 | | | | | | | |
| 25 cm | 56,3 | 25,6 | 1,63 | 84,7 | 0,025 | 4,15 | 31,6 |
| 60 cm | 38,2 | 19,5 | 24,7 | 181 | 0,114 | 0,748 | 20,9 |
| 75 cm | 60,9 | 11,5 | 7,76 | 119 | ud | 0,277 | 0,1 |
| 80 cm | 34,2 | 14,7 | 20,2 | 123 | 1,09 | 0,025 | 23,5 |
| 80 cm | 34,4 | 16,4 | 13,5 | 153 | 0,793 | 0,207 | 11,5 |
| 130 cm | 34 | 8,36 | 10,8 | 87,1 | ud | 0,004 | 0,1 |
| Sjakt 2 | | | | | | | |
| 75 cm | 23,4 | 15,6 | 9,86 | 203 | ud | 0,031 | 0,061 |
| 145 cm | 26,7 | 12,8 | 15,5 | 150 | 0,03 | 0,098 | 1,23 |
| Sjakt 3 | | | | | | | |
| 10 cm | 7,36 | 6,89 | 2,17 | 133 | 0,003 | 0,533 | 14,2 |
| 35 cm | 22,9 | 7,3 | 5,86 | 117 | 0,022 | 0,078 | 9,94 |
| 65 cm | 8,92 | 7,03 | 2,84 | 82,3 | 0,004 | 0,184 | 11,4 |
| Sjakt 10 | | | | | | | |
| 70 cm | 40,2 | 25,3 | 1,45 | 26,5 | ud | 0,003 | 0,14 |
| 100 cm | 25,3 | 34 | 2,08 | 45,5 | 0,003 | 0,275 | 0,067 |
| Sjakt 9 | | | | | | | |
| 52 cm | 7,47 | 12 | 2,47 | 87,7 | ud | 0,104 | 5,3 |
| 75 | 65,5 | 26,5 | 11,2 | 71,4 | ud | 0,033 | 0,49 |

ud - under deteksjonsgrense

Tabell 9. Data fra andre prøvetaking av jordvæskesugere kl. 18 15/9-94

| Dybde | Na | K | Mg | Ca | Cu | Cr | As |
|----------|------|------|-------|------|-------|-------|-------|
| | mg/l | | | | | | |
| Sjakt 1 | | | | | | | |
| 25 cm | 36,5 | 17,8 | 1,5 | 71,7 | 0,042 | 3,98 | 36,6 |
| 60 cm | 35 | 20,8 | 9,58 | 92,8 | 0,106 | 2,02 | 25,2 |
| 75 cm | 58 | 10,8 | 7,19 | 117 | ud | 0,087 | 0,12 |
| 80 cm | 35,9 | 13,4 | 13,6 | 97,7 | 0,987 | 0,022 | 23,4 |
| 80 cm | 40,6 | 22,3 | 5,8 | 88,5 | 0,514 | 1,59 | 22,2 |
| 130 cm | 27,2 | 11,2 | 11,4 | 95,5 | 0,001 | 0,011 | 0,34 |
| Sjakt 2 | | | | | | | |
| 40 cm | 9,32 | 12,4 | 5,08 | 92,9 | 0,018 | 0,802 | 16,1 |
| 75 cm | 16,6 | 14,8 | 9,91 | 206 | 0,002 | 1,68 | 8,32 |
| 145 cm | 26 | 13,4 | 15,3 | 148 | 0,018 | 0,039 | 1,3 |
| Sjakt 3 | | | | | | | |
| 10 cm | 4,27 | 5,21 | 1,28 | 80,6 | 0,006 | 0,087 | 10,4 |
| 35 cm | 3,69 | 8,27 | 1,57 | 54,6 | 0,04 | 0,204 | 12 |
| 65 cm | 5,82 | 6,46 | 1,67 | 47 | 0,009 | 0,002 | 0,08 |
| Sjakt 10 | | | | | | | |
| 70 cm | 33,7 | 25,9 | 8,78 | 94,8 | ud | 0,124 | 0,12 |
| 100 cm | 16,4 | 28,2 | 0,113 | 42 | 0,049 | 0,039 | 1,39 |
| Sjakt 9 | | | | | | | |
| 15 cm | 28 | 9,01 | 3,35 | 82,3 | 0,009 | 0,003 | 0,002 |
| 52 cm | 5,94 | 9,68 | 2,14 | 64,9 | 0,001 | 0,206 | 2,89 |
| 75 cm | 67,7 | 25,9 | 12,1 | 72,9 | ud | 0,148 | 7,32 |

ud - under deteksjonsgrense

Tabell 10. Innhold av basekationer, kobber, krom og arsen i Skienselva rett utenfor lokaliteten kl. 11 (E1) og kl. 18 (E2) 15/9 - 94. Alle verdier i mg/l.

| Prøve | Na | K | Mg | Ca | Cu | Cr | As |
|-------|------|------|------|------|----|-------|-------|
| E1 | 3,25 | 1,92 | 0,7 | 3,43 | ud | 0,003 | 0,003 |
| E2 | 3,47 | 3,3 | 1,14 | 7,15 | ud | 0,003 | 0,03 |

ud - under deteksjonsgrense

3.5 Innhold i tjønnaks og elvemose

Resultater for analyse av tjønnaks er gitt i tabell 11. Det har vært vanskelig å finne referanseverdier på innhold av krom og arsen, men innholdet av kobber ligger opp mot det som har vist letalitet i laboratoriestudier av planten (Nobel m. fl., 1983). Arsen og kromnivå er høyt jamført med innhold i kulturplanter.

Tabell 11. Innhold av tungmetaller i hjerteformet tjønnaks (*Potamogeton perfoliatus*) tatt utenfor kildeområdet. Alle verdier er gitt som mg/kg tørrstoff.

| | Cu | Mn | Zn | Pb | Cd | Ni | Cr | As |
|----------|----|-----|-----|-----|------|-----|------|----|
| Tjønnaks | 57 | 773 | 198 | 8,3 | 0,82 | 2,7 | 27,5 | 18 |

Med forbehold om at det kun er gjennomført en prøvetakingsrunde av elvemose, ser det ut til at de påvirkes av komponenter fra lokaliteten. Resultater er gitt i tabell 12.

Tabell 12. Innhold i elvemose (*Fontinalis antipyretica*) utplassert i Skienselva.

| Stasjon | Cu | Cr mg/kg tørrstoff | As |
|-----------|------|-----------------------|------|
| Ref. Nord | 16 | 1,8 | <1,4 |
| 1 | - | - | - |
| 2 | 19,5 | 5,9 | 5,2 |
| 3 | 29,3 | 6,1 | 5,4 |
| 4 | 26,2 | 4,6 | 5 |
| 5 | 24,8 | 4,2 | 5,2 |
| 6 | 18,3 | 4 | 3,3 |
| 7 | 24,5 | 4,4 | 7,2 |
| 8 | 24,5 | 4,4 | 2,3 |
| Ref. Syd | 15,4 | 2,7 | 1,5 |

- = ikke prøvetatt

3.6 Microtox-målinger

Microtox resultater for blandprøver av overflate forurensning (tabell 13), viser en viss toksitet (nivåer lavere enn 1000 ppm regnes gjerne som markert toksisk og nivåer over 10 000 ppm som lite toksisk, mens nivåer under 100 ppm regnes som ekstremt toksisk). Grid 4 viser den største toksisiteten. Forskjellen i toksitet er ikke så stor som forskjellene i totalinnhold av miljøgifter skulle tilsi (tabell 4). Dette kan ha sammenheng med at biotilgjengeligheten av den toksiske fraksjonen er mer lik mellom prøvene enn totalinnholdet av tungmetaller.

Tabell 13. Resultater fra Microtox-"solid phase" på blandprøver.

| Jordprøver | EC50 (ppm) |
|------------|------------|
| Grid 1 | 1164 |
| Grid 2 | 1634 |
| Grid 3 | 1146 |
| Grid 4 | 766 |

Resultater fra analyse av Microtox viser stor giftighet i kildeområdet (tabell 14) (øvre del av sjakt 1, sjakt 2, sjakt 3 og sjakt 9). Særlig er prøve tatt fra drenerørret (sjakt 1 : 70 cm) ekstremt toksisk. Prøver fra dypereliggende lag viser gjennomgående ingen toksitet. Overflateforurensningen er gjennomgående mer giftig enn lengre nede i profilene.

Tabell 14. Resultater fra Microtox-"solid phase" på jordprøver fra lokaliteten.

| Sjakt | Dybde (cm) | EC50 (ppm) |
|----------|------------|------------|
| 1 | 40 | 606 |
| | 50 | 781 |
| | 70 | 48 |
| | 80 | >100 000 |
| | 130 | >100 000 |
| 2 | 30 | 2 543 |
| | 100 | 43 231 |
| | 130 | >100 000 |
| 3 | 30 | 1397 |
| | 70 | ca.10 000* |
| 9 | 10 | 749 |
| | 20 | 9 366 |
| | 30 | 122 |
| | 60 | >100 000 |
| 10 | 50 | >100 000 |
| | 85 | >100 000 |
| Bakgrunn | 20 | >100 000 |

Tabell 15. Microtox analyse av jordvæskeprøver (første og andre prøvetakingsrunde).

| Sonde | Første prøvet. | Andre prøvet. |
|----------|----------------|---------------|
| EC50 (%) | | |
| Sjakt 1 | | |
| 25 cm | 19,3 | 15,7 |
| 65 cm | 29,3 | 20,8 |
| 80 cm | 18,5 | 18,6 |
| 80 cm | 18,6 | 17,7 |
| 130 cm | - | - |
| Sjakt 3 | | |
| 15 cm | 68,1 | 50,2 |
| 35 cm | 68,7 | 78,5 |
| 65 cm | >100 | 50 |
| Sjakt 9 | | |
| 55 cm | 97 | >100 |
| Elva | - | - |

- = ingen toksisitet

Microtoxanalyser av jordvæskeprøver er gjengitt i tabell 15. Lavere EC50 verdier betyr sterkere giftvirkning. I likhet med de kjemiske målingene er det en markert økning i toksisitet fra første til andre prøvetakingsrunde for de fleste sondene.

Microtoxmålingene av jord og jordvæske viser at overflateforurensningen er av en alvorlige karakter. Det er særlig i øvre del av jordprofilet at toksisiteten er størst. Dette har trolig sammenheng med at det i denne sonen foregår

mobilisering. Denne vannkvaliteten vil kunne spres i perioder med overflateavrenning. Ved et eventuelt tiltak bør man derfor ta hensyn til dette.

4. KONKLUSJONER

Lokaliteten må betegnes som svært forurensset i enkelt delområder. Dette gjelder særlig området rundt der trykktanken var plassert. I tillegg er store arealer påvirket av drypp fra impregnert virke. Økotoksikologiske tester (Microtox) på dette materialet viser at stoffene assosiert med de områdene som er mest forurensset, er giftige.

Mobiliseringforøk viser at særlig arsen er mobilt, men også krom og kobber kan mobiliseres - særlig hvis de påvirkes av organiske syrer eller sjøvann. pH, som vanligvis er den eneste testfaktor i utlakningsforsøk, har mindre innvirkning på mobilisering enn de andre to faktorene. De observerte nivåene av forurensningsstoffer i mobiliseringsforsøket bekreftes av målinger av jordvæske. Dette gjelder særlig arsen.

Endringer av kobber, krom og arsen konsentrasjoner i jordvæsken under to prøvetakingsrunder, viser at mobilisering foregår ved endrede hydrologiske betingelser. Målinger av giftighet tyder på at dette er viktig med henblikk på biologisk effekt ved at mobilisering gir en økning i giftvirkning.

Toksisitetsmålinger av overflatejord viser at man ikke kan utelukke en alvorlig konflikt mellom lokaliteten og helse. Gitt de høye miljøgiftkonsentrasjonene på lokaliteten vil mennesker som eksponeres direkte for forurensede masser på bakken kunne utsettes for helserisiko. En mulig eksponering er at barn leker med dryppinfiserte steiner, - eventuelt slikker på dem.

Selvom det ikke er gjennomført en fullstendig risikoanalyse av lokaliteten, er graden av forurensning, spredningsfare, arealbrukskonflikt og giftighet av en slik alvorlighet at man bør vurdere tiltak på lokaliteten.

REFERANSER

Andersen, S., P. Snilsberg og C. E. Amundsen. 1994. Kartlegging og vurdering av tungmetallforurensset grunn. Delrapport I: Problemdefinering og planlegging av undersøkelser ved TelemarkTreimpregnering. JORDFORSK-rapport 6.94-04-1.

Engelstad, F og T. Eggen. 1994. Bruk av Microtox og mutagenitetstest som grunnlag for vurdering av biologisk effekt av kreosotforurensning. JORDFORSK-Rapport nr. 7.0135-06/1.

Nobel, W., T. Mayer og A. Kohler. 1983. Submerse Wasserplanzen als Testorganisme fur Belastungsstoffe. Wasser Abwasser Forsch. 16: 87-90.

Westby, T. 1993. Prøvetaking av jordvæske - Anvendelse, utstyr og metodikk. JORDFORSK rapportnr. 6.A.3.1/1.



Figur 1. Sjøkter og prøvetakingspunkter

| | |
|--------------------------------------|-------------------|
| ◆ Sjøkt med jordvæskesugere og brønn | ○ Sjøkt med brønn |
| ◇ Sjøkt med jordvæskesugere | * Sjøkt |
| Grid m/prøvepunkter | • Rørbrønn |

Telemark Treimpregnering

JORDFORSK

Delrapport 2. Kartlegging av forurenset grunn

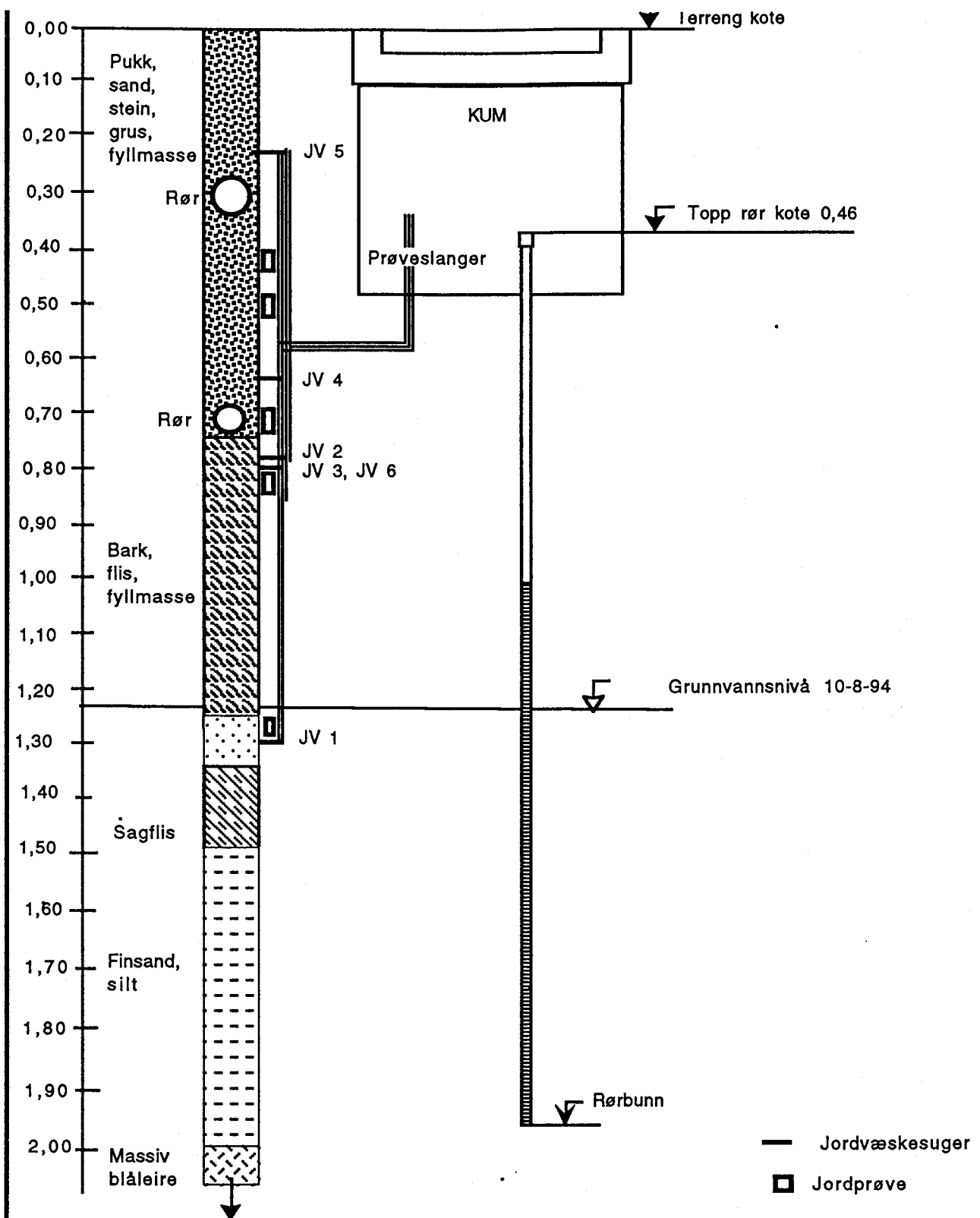
Målestokk 1: 1000


Rapport: 6.94-04-2

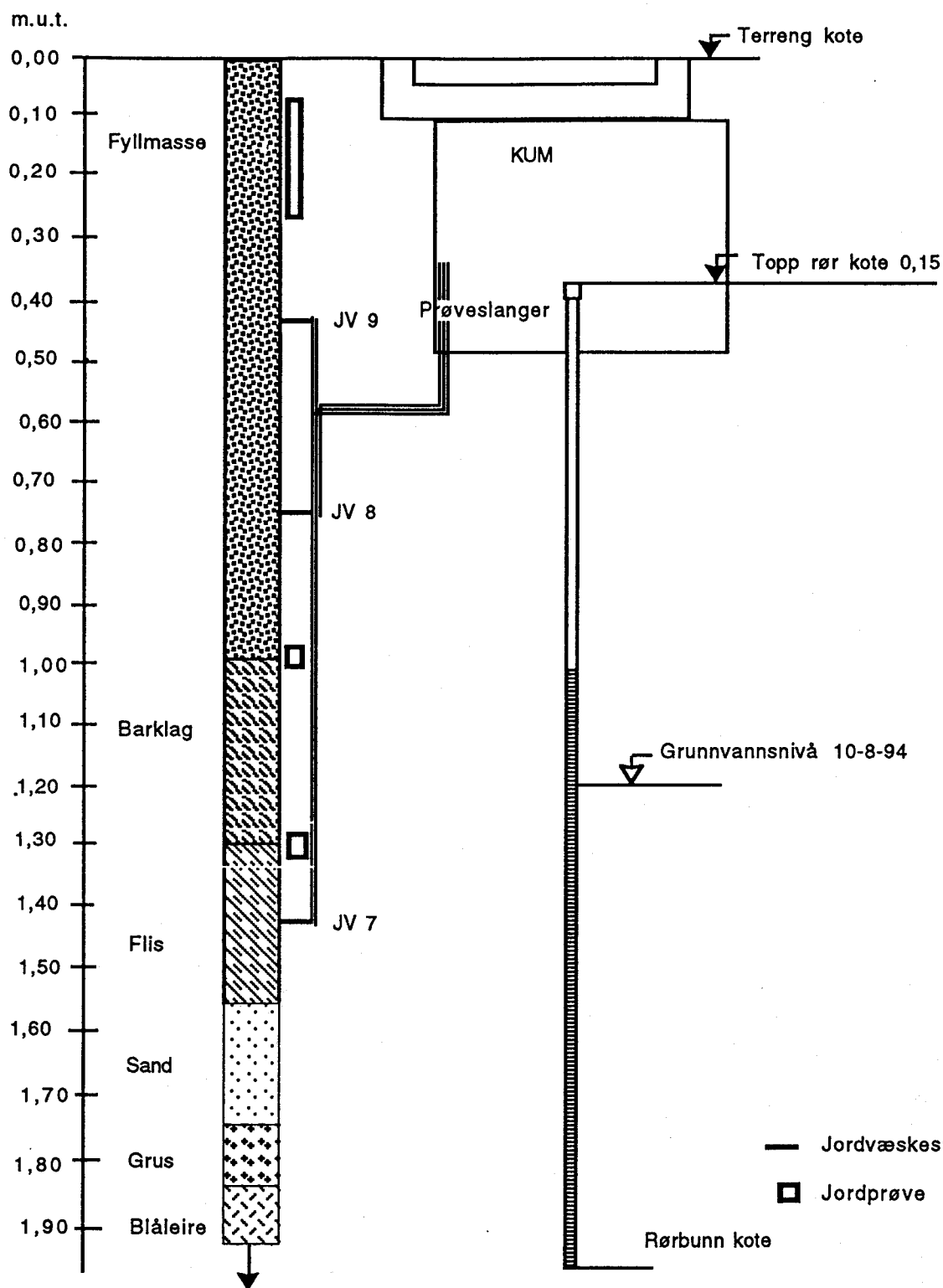
Dato: 8-11 1994


PS/SA/CEA

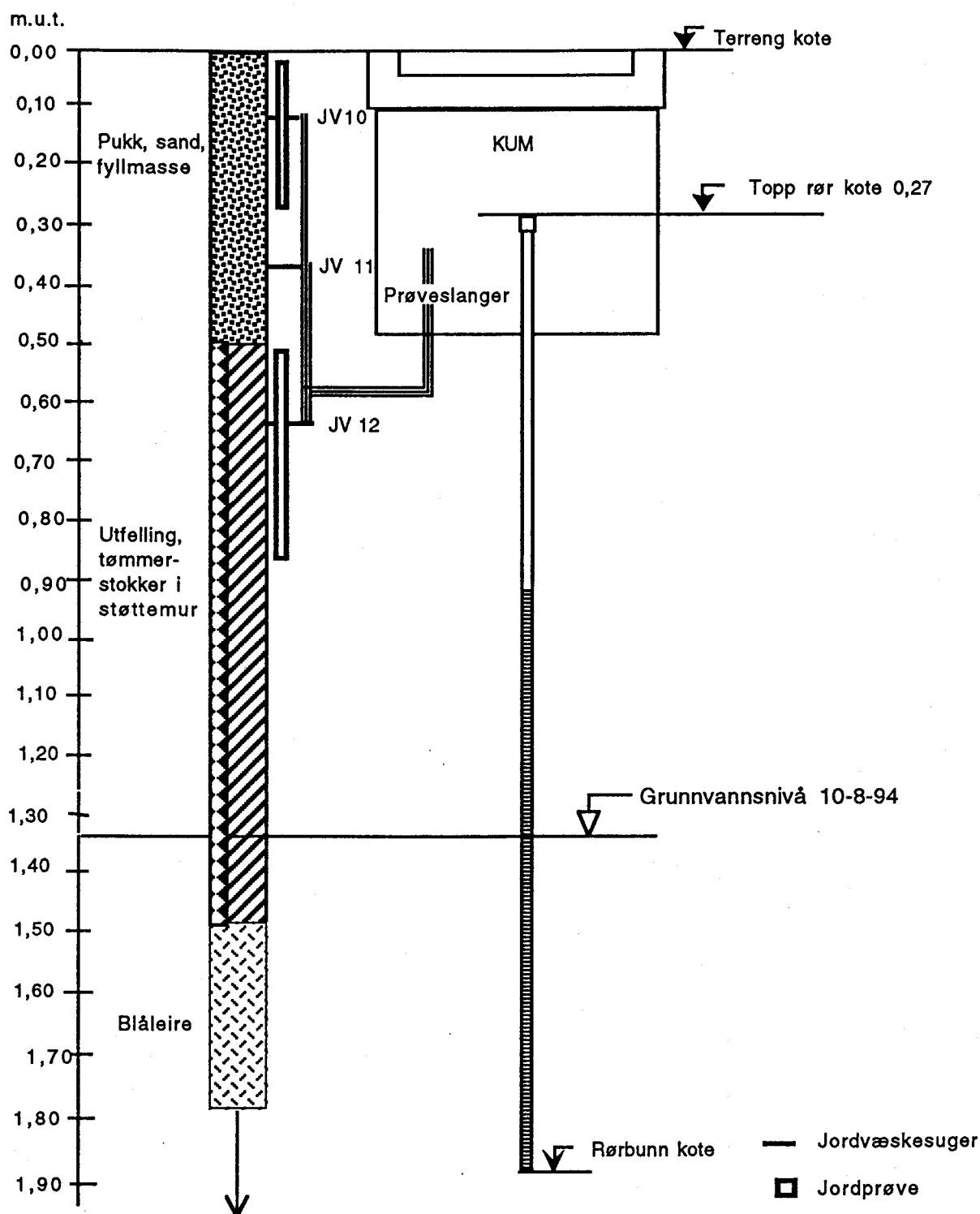





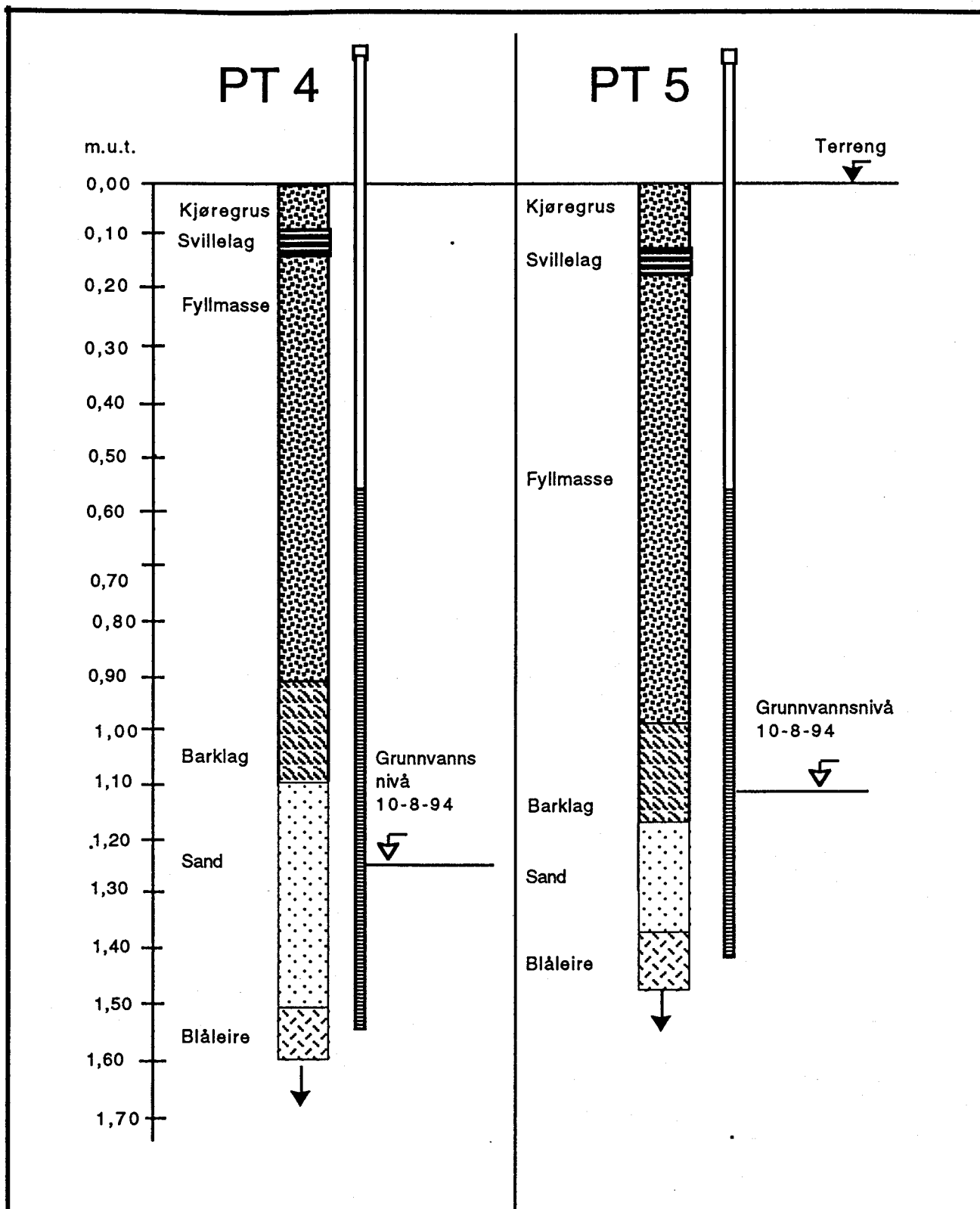
| | | | | | |
|--|--|--|--|---------------------------|-----------------|
| Prosjekt Telemark Treimpregnering. | | Sjakt m/jordprofil og prøvetakingspunkter | | Utført i felt SA/LW/PS | |
|  JORDFORSK SENTER FOR JORDFAGLIG MILJØFORSKNING | | Rapport: 6.94-04-2 | | Målestokk V=1:20 | Tegnet HS/PS |
| | | Lokalitet PT 1 | | Dato 10-8-94 | |
| | | | | Tegning nr. Figur 3. | |




| | | | |
|--|---|------------------------|---------------------------|
| Prosjekt Telemark Treimpregnering. | Sjakt m/jordprofil og prøvetakingspunkter | | Utført i felt SA/LW/PS |
|  JORDFORSK SENTER FOR JORDFAGLIG MILJØFORSKNING | Rapport: 6.94-04-2 | Målestokk V=1:20 | Tegnet HS/PS |
| | Lokaltet PT 2 | Tegning nr. Figur 4 | Dato 10-8-94 |



| | | | | |
|---|--|--|-------------------------|---------------------------|
| Prosjekt Telemark Treimpregnering. | | Sjakt m/jordprofil og prøvetakingspunkter | | Utført i felt SA/LW/PS |
|  | | Rapport: 6.94-04-2 | Målestokk V=1:20 | Tegnet HS/PS |
| | | Lokalitet PT 3 | Tegning nr. Figur 5. | Dato 10-8-94 |
| | | | | |



| | | | |
|---|--------------------------------|-------------------------|---------------------------|
| Prosjekt Telemark Treimpregnering. | Sjakt m/jordprofil og brønn | | Utført i felt SA/LW/PS |
|  | Rapport: 6.94-04-2 | Målestokk V=1:20 | Tegnet PS/SA |
| | Lokaltet PT 4 og 5 | Tegning nr. Figur 6. | Dato 10-8-94 |

PT 6

PT 12

m.u.t.

Terrang

0,00

0,10

0,20

0,30

0,40

0,50

0,60

0,70

0,80

0,90

1,00

1,10

1,20

1,30

1,40

1,50

1,60

1,70

Sand og
grus

Svillelag

Fyllmasse

Barklag

Sand

Blåleire

Grunnvanns
nivå
10-8-94

Sand og
grus

Svillelag

Fyllmasse

Barklag

Sand

Blåleire

Prosjekt

Telemark Treimpregnering.

Sjakter m/jordprofil

Utført i felt

SA/LW/PS

Tegnet

PS

Dato

10-8-94

Rapport:

6.94-04-2

Målestokk

V=1:20

Lokalitet

PT 6 og 12

Tegning nr.

Figur 7.



JORDFORSK

SENTER FOR JORDFAGLIG MILJØFORSKNING

PT 7

PT 8

m.u.t.

0,00

0,10

0,20

0,30

0,40

0,50

0,60

0,70

0,80

0,90

1,00

1,10

1,20

1,30

1,40

1,50

1,60

1,70

Kjøregrus

Barklag

Blåleire

Grunnvanns
nivå
10-8-94

Tørreng

Bygnings
resterFyllmasse
Sand m/
rullestein

Blåleire

Prosjekt

Telemark Treimpregnering.

Sjakter m/jordprofil

Utført i felt

SA/LW/PS

Tegnet

HS/PS

Dato

10-8-94

Rapport:

6.94-04-2

Målestokk

V=1:20

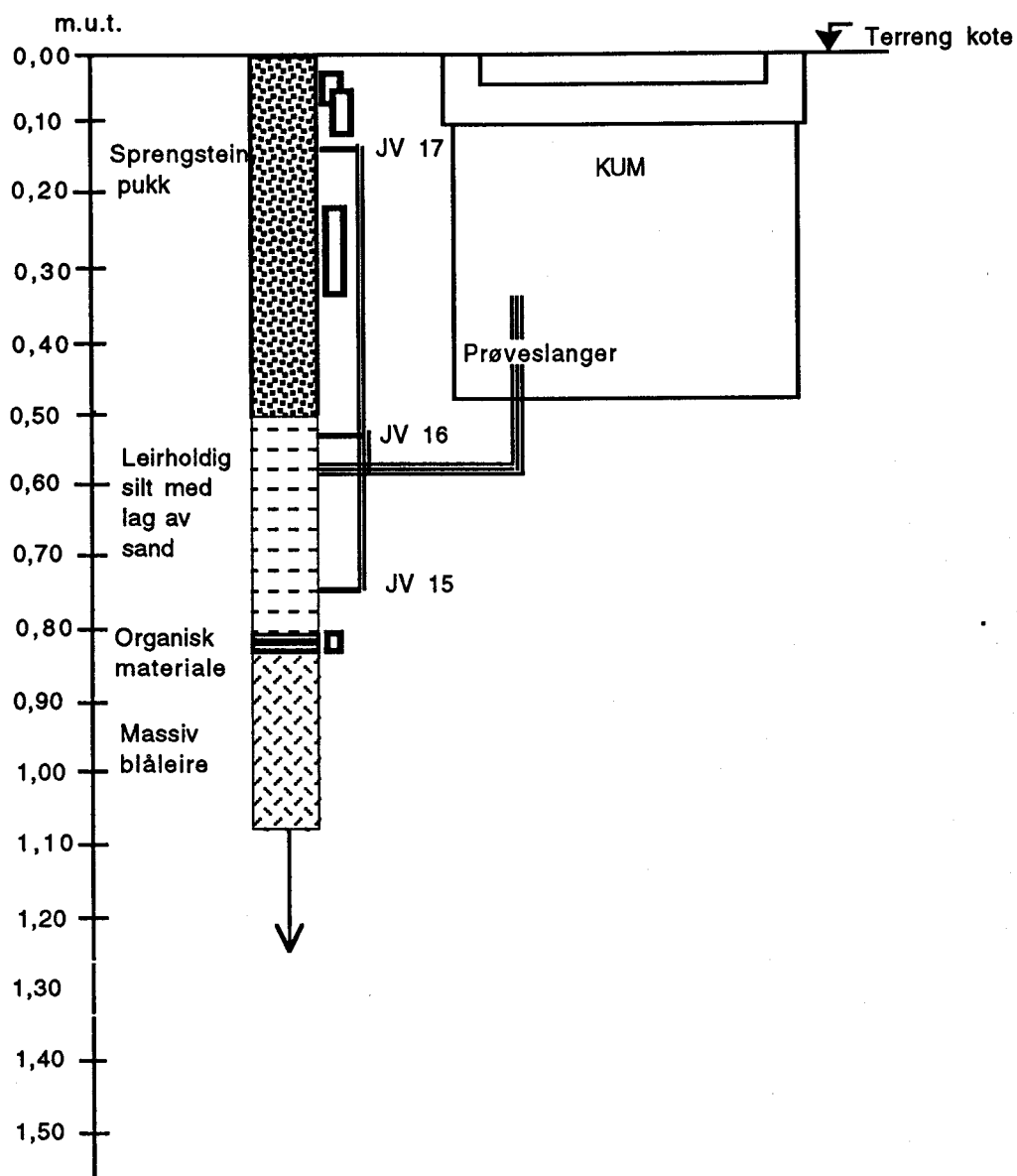
Lokalitet

PT 7 og 8

Tegning nr.

Figur 8.





■ Prøveuttak

— Jordvæskesuger

Prosjekt

Telemark Treimpregnering.

Utført i felt

SA/LW/PS

Tegnet

HS/PS

Dato

10-8-94

Målestokk

V=1:20

Tegning nr.

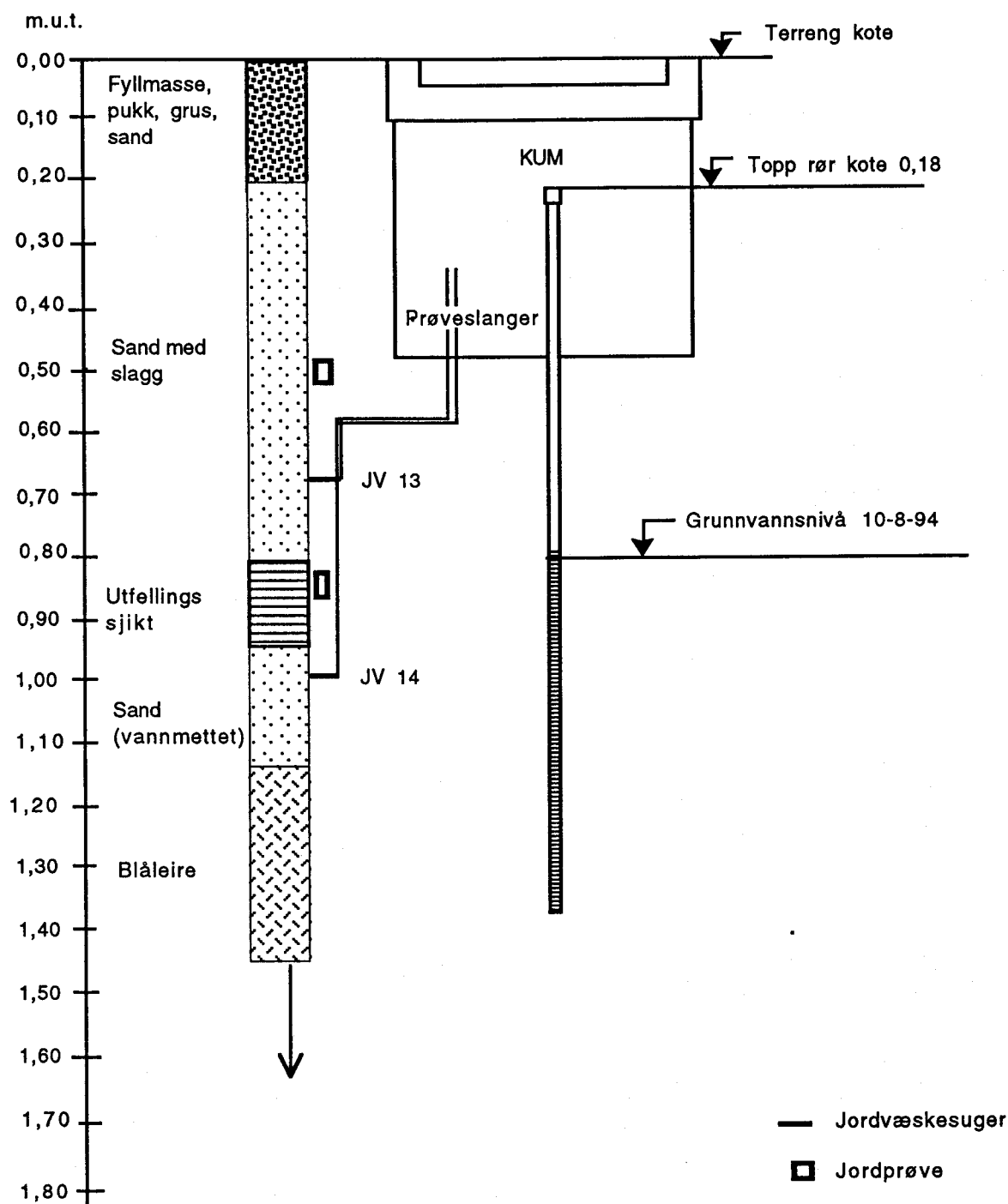
2056 - 13



Brønnutforming

Lokalitet

PT 9



Prosjekt

Telemark Treimpregnering.

Utført i felt

SA/LW/PS

Tegnet

HS

Dato

10-8-94



Brønnutforming

Lokalitet

PT 10

Målestokk

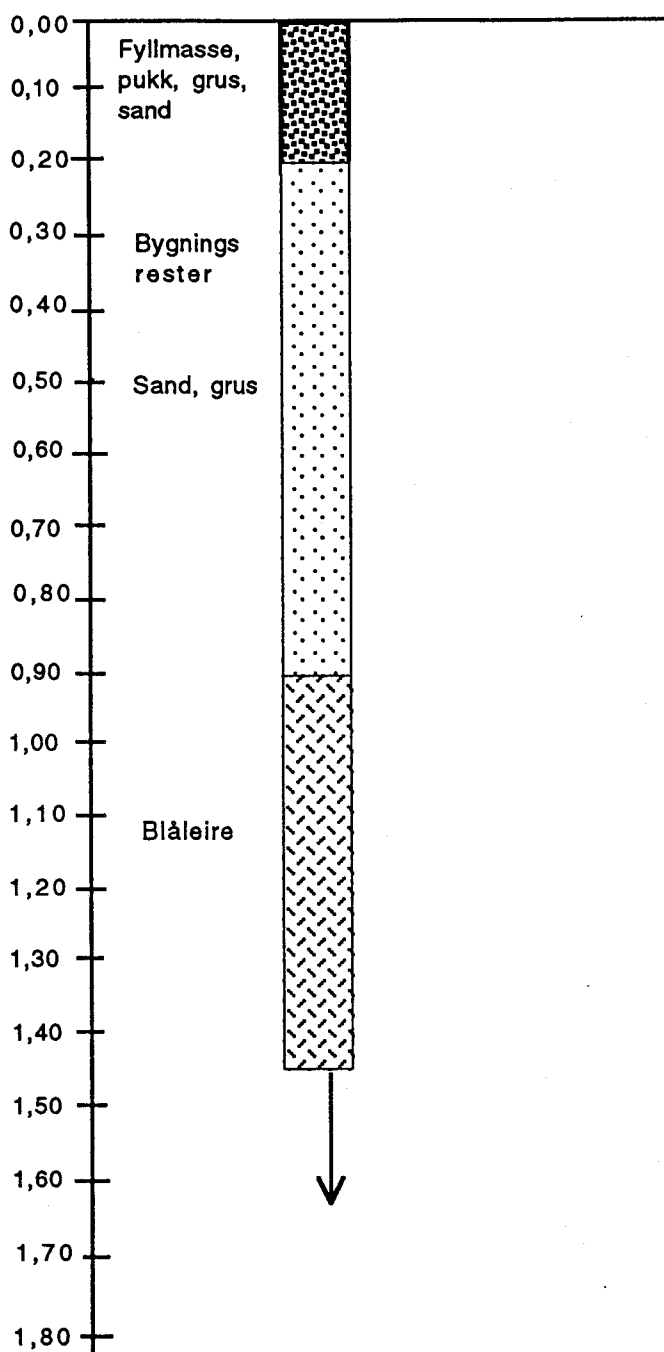
V=1:20


Tegning nr.

2056 - 14

PT 11

m.u.t.



| | | |
|---|-----------------------|--|
| Prosjekt Telemark Treimpregnering. | Sjakt m/jordprofil | Utført i felt SA/LW/PS |
|  | Rapport: 6.94-04-2 | Tegnet HS/PS |
| | Lokalitet PT 11 | Målestokk V=1:20 Dato 10-8-94 Tegning nr. Figur 11. |