

Fylke Sør-Trøndelag	Kommune Malvik	Sted Muruvik	UTM 05917 70355
Byggherre			
Oppdragsgiver NSB Bane, Region Nord, Trondheim.			
Oppdrag formidlet av NSB Bane, Region Nord, Trondheim v/ Tore Refseth.			
Oppdragsreferanse Bestilling pr. tlf. 13.03.96 v/ Tore Refseth/ vår ordrebekreftelse dat. 13.03.96.			
Antall sider 8	Antall bilag 8	Tegn.nr. 101 - 108	Antall tillegg 2

Prosjekt-tittel

GK 10044

NSB BANE
REGION NORD

Utfylling for omløpsspor i Muruvik

Rapport-tittel

Grunnundersøkelse og stabilitetsvurdering

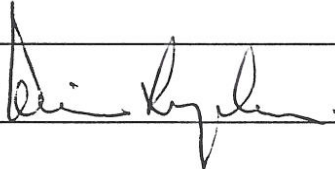
Dok.nr.: UB.101696-000 Rev.:

Oppdrag nr.

11301

Rapport nr.1

29.03.96

Overingeniør Einar Lyche	Saksbehandler 
SAMMENDRAG Det er utført grunnundersøkelse og stabilitetsvurdering for påtenkt utfylling i strandsonen for etablering av omløpsspor for NSB ved Elkems anlegg i Muruvik, Malvik kommune. Grunnen i fyllingsområdet består av ca 4 - 5 m løsmasseavsetninger under sjøbunnen. Løsmassene består bl.a. av et 1,5 - 2 m tykt lag av tildels meget bløt leire. Analyser viser at det for en utfylling direkte på nåv. sjøbunn ikke med rimelighet lar seg gjøre å etablere en tilstrekkelig stabil fylling for det påtenkte omløpssporet, med den planlagte nyttelast fra lokomotiv. En stabil fylling krever utskifting av bløte masser under planlagt fylling ned mot fjell i fyllingsområdet. Dette lar seg gjennomføre såfremt den tilliggende bygning på fyllingsområdet er fundamentert til fjell, eller på faste løsmasser over fjell. Rapporten angir prosedyre og spesifikasjoner for gjennomføring av den anbefalte masseutskifting, med overslagsmessig beregning av massemengder som medgår ved slik utførelse. Detaljer ved utførelsen forutsettes bestemt ved nærmere gjennomgang av prosjektet med utførende entreprenør, og i samråd med geotekniker.	

INNHOLD

1	ORIENTERING.....	side 3
2	UTFØRTE UNDERSØKELSER.....	side 3
3	GRUNNFORHOLD.....	side 4
4	STABILITET AV FYLLING.....	side 5
5	SLUTTKOMMENTAR.....	side 8

BILAG

Bilag nr.	Tegn. nr.	Tittel
1.	101	OVERSIKTSKART
2.	102	SITUASJONSKART FOR UTFØRTE UNDERSØKELSER OG FYLLINGSPLAN
3	103	PROFIL A - B - C MED UNDERSØKELSESRESULTATER OG FYLLINGSPROFILER
4	104	BORPROFIL, HULL 2.
5	105	STABILITETSANALYSE - PROSJ. FYLLING
6	106	STABILITETSANALYSE - PROSJ. FYLLING MED MOTFYLLING
7	107	STABILITETSANALYSE - PROSJ. FYLLING MED "LETT" KJERNE
8	108	PROFILER FOR UTFØRELSE AV MASSEUTSKIFTING

TILLEGG

- I MARKUNDERSØKELSER
- II LABORATORIEUNDERSØKELSER

1. ORIENTERING

1.1 Oppdrag

Etter oppdrag gitt pr. tlf. 13.03.96 fra NSB Bane Region Nord v/Tore Refseth, har KUMMENEJE utført grunnundersøkelse og stabilitetsvurdering for påtenkt fyllingsutvidelse for omløpsspor ved Elkems anlegg i Muruvik, jfr. også oversiktskartet i bilag 1.

1.2 Prosjekt

Den aktuelle fyllingsutvidelsen, slik NSB ønsker denne, er vist på situasjonsplanen i bilag 2 og på profiler vist i bilag 3.

Formålet med fyllingsutvidelsen er å anlegge et omløpsspor for lokomotiv.

1.3 Rapportens innhold

Denne rapport presenterer resultater fra de utførte grunnundersøkelser (datadel), og anbefalinger mht. løsning for det foreliggende prosjekt ut fra en stabilitetsmessig vurdering av prosjektets gjennomførbarhet (vurderingsdel).

2. UTFØRTE UNDERSØKELSER.

2.1 Markarbeid.

Markarbeidet er utført i uke 11/96 med mannskap og utstyr fra KUMMENEJE.

På fjære sjø er det i hht. avtalt plan gjennomført dreiesondering i 3 punkter til fast grunn/antatt fjell langs fot av planlagt fyllingsutvidelse.

Videre er det utført opptak av én serie uforstyrrede prøver ved ett av sonderingspunktene, for klassifisering av løsmassene og laboratorieanalyse av styrkeegenskapene i disse.

I tillegg er det utført innmåling/nivellement av borpunktene, og opplodding av 3 profiler utover fyllingsområdet som grunnlag for stabilitetsberegninger.

Høyder ved nivellement/profilering relaterer seg til topp skinne eks. NSB-spor innenfor fyllingsområdet, med antatt høyde kote + 2,7 NGO.

Orientering av borpunkter og profiler er vist på situasjonsplanen i bilag 2, mens resultater fra profilering, sondering og prøvetaking er vist på tverrprofilene i bilag 3.

I Tillegg I bak i rapporten er det gitt en nærmere orientering om metoder og resultatfremstilling ved markarbeider.

2.2 Laboratoriearbeid

Den opptatte prøveserie er undersøkt i KUMMENEJEs laboratorium, hvor prøvene er klassifisert og beskrevet, og rutineundersøkt mhp. egenskaper som romvekt, vanninnhold og udrenert skjærstyrke i uforstyrret og omrørt tilstand.

Resultatene fra rutineundersøkelsen er vist opptegnet i borprofilet, bilag 4.

I Tillegg II bak i rapporten er det gitt en orientering om undersøkelsesmetoder og resultatfremstilling ved laboratoriearbeidet.

3. GRUNNFORHOLD

3.1 Topografi

Området for den planlagte fyllingsutvidelsen ligger innenfor et opprinnelig fjærområde, med sjøbunn mellom ca kote ± 0 og - 2 NGO.

Fjærområdet er fra tidligere oppfylt utover fra land; i det aktuelle området til ca kote + 2,7 NGO, med bratt fyllingsavslutning ned på sjøbunnen mellom ca kote ± 0 og - 1 NGO.

Ut fra tidligere undersøkelser og kart for området fra 1961 synes eksisterende fylling på land sannsynligvis utlagt på fjell i dagen.

Sjøbunnen faller slakt videre utover mot kote - 5 NGO ved innsiden av eksisterende trekai utenfor fyllingsområdet.

3.2 Løsmasser

Som ovenfor nevnt antas dagens fylling utlagt på fjell i dagen inne på land. Videre utover mot sjøen ligger fyllingen på et løsmasselag med gradvis økende mektighet over antatt fjell.

Ved planlagt fyllingsfot er det ved sondering registrert løsmassemektighet mellom ca 3,6 og 4,7 m.

Tidligere undersøkelser langs front av eksisterende trekai utenfor fyllingsområdet, og utover sjøbunnen lengere vest på området, bekrefter indikasjonene ovenfor på gradvis økende løsmassemektighet over et slakt fallende fjellprofil mot nord.

Løsmassene under sjøbunnen ved planlagt fyllingsfront består i korte trekk av følgende avsetninger, regnet ovenfra:

- ca 1 - 2 m grov sand/grus, med høyt innhold av skjellrester.
- ca 0 - 0,5 m grov silt
- ca 1,5 - 2 m leire, med vanninnhold $w = 30 - 50 \%$ og udrenert skjærstyrke ned mot 10 kPa.
- ca 0 - 1 m silt

Boravslutning ved sonderingene er nærmest momentan, og indikerer stopp mot fjell. Dette er imidlertid en antagelse som ikke kan verifiseres uten utførelse av fjellkontrollboring ned i fjellet for sikker påvisning av fjelloverflaten.

4. STABILITET AV FYLLING

4.1 Geoteknisk prosjektklasse - krav til sikkerhet

Prosjektet er vurdert å være av middels vanskelighetsgrad og med alvorlig skadekonsekvens. I hht. "NS 3480 Geoteknisk prosjektering" skal prosjektet klassifiseres i Geoteknisk prosjektklasse 2.

Basert på NBRs "Sikkerhetsprinsipper i Geoteknikk" bør det ved de foreliggende grunnforhold og skadekonsekvens kreves en stabilitetsmessige sikkerhet $F \geq 1,5$ for å anse stabiliteten av fylling med nyttelast (lokomotiv) som akseptabel.

En beregningsmessig sikkerhet $F \leq 1,0$ indikerer ustabil fylling.

4.2 Lastforutsetninger

Vekt av utlagt ny fylling er beregnet med romvekt $\gamma = 19 \text{ kN/m}^3$, og det er i utgangspunktet forutsatt benyttet sprengt stein som fyllmasse.

Utlekking av ny fylling er forutsatt utført med skråningshelning 1:1,5. Forutsatt begrensning av ny fylling (kant) er avstanden fra veggliv eks. bygg innenfor fyllingen, som vist på profilene i bilag 3.

Som nyttelast på fylling er det benyttet omregnet lastvirkning av lokomotiv med totalvekt 122 tonn over en lengde på 17 m.

Den omregnede lastvirkning utgjør med lastfaktor $\gamma_f = 1,5$ en dimensjonerende jevnt fordelt flatelast på ca 50 kPa over svillebredden 2,5 m.

Stabilitetsanalysene er gjennomført for et vannstands nivå på kote - 1,4 NGO, dvs. tilsvarende vannstand LLV.

4.3 Skjærstyrke i jord

Følgende karakteristiske skjærstyrkeparametre er anvendt ved stabilitetsanalysene:

- | | | |
|--|--------------------------------|-------------------|
| • Komprimert fylling av sprengt stein: | attraksjon $a = 5 \text{ kPa}$ | $\tan \phi = 0,9$ |
| • Topplag av grov sand/grus: | attraksjon $a = 0 \text{ kPa}$ | $\tan \phi = 0,7$ |
| • Mellomlag av leire: | $s_u = 10 \text{ kPa}$ | |
| • Bunnlag av fast silt/sand | attraksjon $a = 0 \text{ kPa}$ | $\tan \phi = 0,7$ |

Skjærstyrkeparametrene på effektivspenningsbasis er skjønnsmessig antatt, mens udrenert skjærstyrke i leirlaget er satt til laveste målte verdi i de opptatte prøver.

4.4 Resultat av stabilitetsanalyse

Stabilitetsanalysene er valgt utført i profil B hvor omfanget av ny fylling er størst, i kombinasjon med full nyttelastvirkning fra lokomotiv. Grunnforholdene anses å være like i alle 3 profiler.

a). Stabilitet av prosjektert utfylling

Jfr. beregningsprofilet vist i bilag 5.

En utfylling som planlagt er beregningsmessig ustabil, med sikkerhet $F = 0,71$ for den mest kritiske skjærflate. Selv uten nyttelast på fyllingen er sikkerheten $F < 1,0$, dvs ustabil fylling.

b). Stabilitet av prosjektert fylling med motfylling utenfor.

Jfr. beregningsprofilet vist i bilag 6.

Det er gjennomført stabilitetsanalyse for en situasjon der vi har forutsatt utlagt vel 10 m bred og 1,5 m tykk motfylling på sjøbunnen utenfor hovedfyllinga, for å stabilisere denne.

For denne situasjon er beregnet sikkerhet $F = 0,80$ for den mest kritiske skjærflate. Fortsatt indikeres et slikt fyllingsprofil ustabilt.

c). Stabilitet av prosjektert fylling utført med kjerne av lettklinker (løs Leca).

Jfr. beregningsprofilet vist i bilag 7.

Det er gjennomført stabilitetsanalyse for en situasjon der eksisterende fylling først fjernes ned til opprinnelig sjøbunn, og erstattes med fylling av lettklinker. Også prosjektert fylling utføres med lettklinker. Denne «kjernen» av lettklinker lukkes innenfor et ca 1 m tykt ytre beskyttelseslag av sprengt stein. Lettklinker har en romvekt tilsvarende ca 25 - 30 % av romvekt for sprengt stein, og vil derved bidra til redusert belastning på de underliggende løsmasseavsetningene.

Beregningsmessig sikkerhet av det viste profil er $F = 0,88$ for de mest kritiske skjærflater, dvs. fortsatt ikke stabil fylling.

d). Andre stabiliserende tiltak

Stabiliteten av planlagt utfylling vil kunne forbedres ytterligere ved evt. å utføre en mere omfattende motfylling enn vist for tilfelle b) ovenfor. En slik motfylling, med topp på kote ± 0 , ført lengere ut mot trekaia, vil trolig gi vesentlig men ikke tilstrekkelig bedret sikkerhet av selve hovedfyllingen. Dette tiltaket eliminerer imidlertid «bassenget» på innsiden av kaia som båthavn. Dessuten er det mulig at den stabilitetsmessige sikkerhet av motfyllingens fyllingsfront mot kaia kan vise seg problematisk.

Et annet alternativ kan være å legge den prosjekterte fyllingen på en betongplate pelefundamentert til fjell. Dette alternativ synes opplagt økonomisk uakseptabelt i forhold til etterfølgende forslag e) til løsning, som ut fra de påviste stabilitetsforhold synes å kunne bli den enkleste og sikreste løsning for å oppnå tilfredsstillende sikkerhet av prosjektert fylling.

e). Full masseutskifting til fjell/fast lag under prosjektert fylling.

Jfr. profilet vist i bilag 8.

Sikker stabilitet av prosjektert fylling synes enklest å oppnå ved å utføre masseutskifting av det bløte leirlaget under prosjektert fylling.

Gjennomførbarheten av denne løsning vil avhenge av hvordan det tilstøtende bygget på sydsiden av fyllingsområdet er fundamentert. Vi antar at dette er fundamentert på fjell, evt. på faste løsmasser over fjell uten mellomliggende leirlag. Dette må verifiseres med sikkerhet før den etterfølgende beskrevne løsning kan iverksettes.

Verifiseringen kan gjennomføres ved granskning av fundamentplan for det aktuelle bygget, alternativt også ved å utføre prøvesjaktning i fyllingen inntil bygget, ned til fundamentnivå. Som tidligere nevnt, anser vi det for nokså sannsynlig at byggets fundamenter står på fjell i nivå omkring kote ± 0 NGO.

Dersom bygget står på fjell, evt. på faste løsmasser over fjell, foreslås følgende løsning:

1. Eksisterende fylling avgraves ned til ca kote ± 0 . Fyllmassen legges i mellomlager lengere inn på området (plassering avklares nærmere).
2. Gravemaskin står på det avgravede planet og graver ut løsmassene under sjøbunnen ned til fjell, innenfor et profil som indikert på bilag 8. Løsmassene lastes opp og kjøres til egnet fyllplass. Det øvre sand/gruslaget mellomlagres på området, for gjenbruk i tilbakefylling i trauet mot utlagt fylling på sjøsiden.
3. Sprengt stein fylles i det utgravde trauet mot fjell innenfor et profil som angitt på bilag 8, i første omgang opp til ca kote $+ 0,5$. Oppgravd fyllmasse lagt på mellomlager kan gjerne benyttes i denne fylling, såfremt massen hovedsakelig består av steinmateriale. I første omgang legges massen ut med gravemaskin, inntil det er mulig å fylle fra tipp med bil. Fremgangsmåten ved denne fylling forutsettes planlagt nøyere og avtalt med utførende entreprenør, og i samråd med geotekniker.
4. Sand/grusmasser fra mellomlager fylles i "kilen" mellom fyllingen og trauet på sjøsiden.
5. Den utlagte steinfyllingen på ca kote $+ 0,5$ komprimeres med min. 6 tonns vibrerende slepevalse og minimum 5 overfarter. Dette arbeidet må utføres på fjære sjø.
6. Sprengsteinsfyllingen bygges opp videre i lag á ca 0,6 m tykkelse, med komprimering av hvert lag med min. 5 overfarter med min. 6 tonns vibrerende slepevalse. Det skal ikke benyttes stein i fyllingen med større tverrmål enn $2/3$ av lagtykkelsen, dvs. ca 0,4 m.
7. Sprengsteinfyllingen utføres etter denne prosedyre opp til formasjonsplan for den nye jernbanesporet, hvorefter det fylles ballastpukk etter NSBs krav.

8. Avslutningsvis kles fyllingsfronten mot sjøen i ca 1 m tykkelse med et steinlag, bestående av stein i størrelse 0,2 - 0,5 m, til beskyttelse mot bølgepågang og utvasking av den nye fyllingen.

Proseduren ovenfor angir prinsipputførelse for et vilkårlig tverrsnitt innenfor det prosjekterte fyllingsområdet. Løsningens avgrensning i fyllingens lengderetning bør føres min. til SV-gavlveggen for bygget innenfor på fyllinga, og innunder landgangen for kaia i NØ.

Avgraving av eks. fylling, uttrauing til fjell og fylling av stein kan gjerne utføres i seksjoner, slik at behovet for mellomlagring av brukbare fyllmasser kan minimaliseres.

Tilpasninger omkring avgrensning/avslutning av masseutskiftingen i fyllingens lengderetning, og entreprenørens opplegg for gjennomføring av arbeidet forøvrig forutsettes gjennomgått og godkjent av geotekniker.

Denne løsning omfatter følgende overslagsmessige mengder:

- | | |
|---|---------------------------------|
| • Avgraving/mellomlagring av eks. steinfyllingsmasse | ca 1.600 - 1.700 m ³ |
| • Uttrauing/mellomlagring av topplag av sand/grus | ca 1.100 - 1.200 m ³ |
| • Uttrauing og bortkjøring av bløte løsmasser/overskuddsmasser | ca 2.600 - 2.700 m ³ |
| • Fylling og komprimering av mellomlagret steinmasse (eks. fylling) | ca 1.600 - 1.700 m ³ |
| • Fylling av mellomlagret sand/grus | ca 1.100 - 1.200 m ³ |
| • Fylling og komprimering av tilført sprengstein | ca 3.300 - 3.400 m ³ |

Inkl. i volum steinmasser er utlegging av ca 400 - 500 m² skråningsbeskyttelse (plastring) og ballastpukk.

5. SLUTTKOMMENTAR

Den foreslåtte løsning e) er, såfremt de nødvendige forutsetninger mht. stabil fundamentering av bygget tilstøtende fyllingsområdet er tilstede, den sikreste metode for raskt og stabil etablering av den påtenkte utfylling. Omløpssporet kan legges og tas i bruk med én gang fyllingen er ferdig.

Forutsatt at steinfyllinga ved den beskrevne masseutskifting får god kontakt med fjell, eller med evt. fast løsmasselag over fjell, er stabilitetsproblemer med undergrunnen eliminert.



Kummeneje



Rådgivende ingeniører i
Geoteknikk og Ingeniørgeologi

NSB BANE REGION NORD
UTFYLLING FOR OMLØPSSPOR, MURUVIK

OVERSIKTSKART

Kartblad (M711) : STJØRDAL 1621 I
UTM-ref. (WGS84) : 05917 70355

MÅLESTOKK
1:50000

TEGNET/KONTR

00/ *[Signature]*

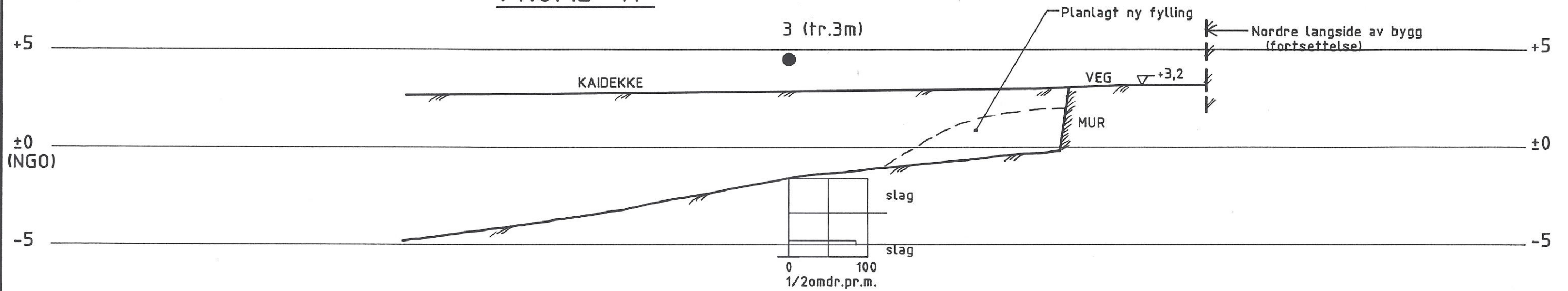
DATO
20.03.96

OPPDRA
11301

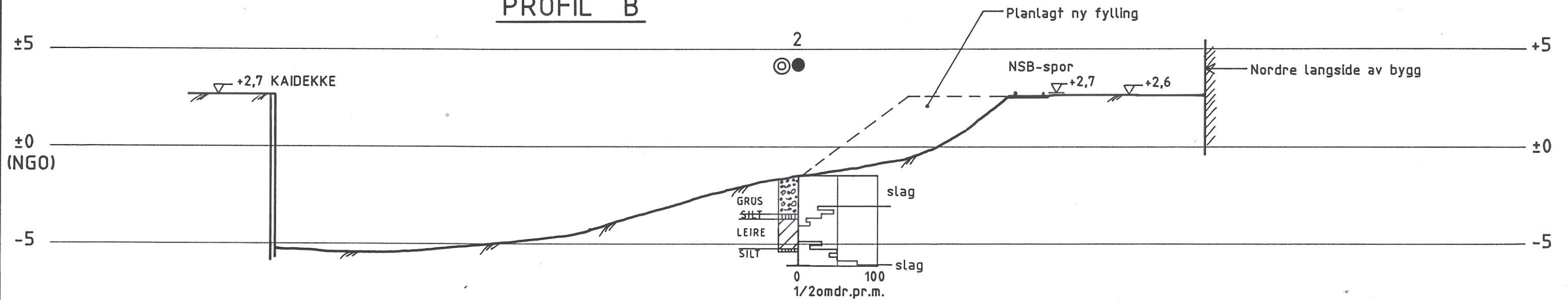
BILAG
1

TEGN NR
101

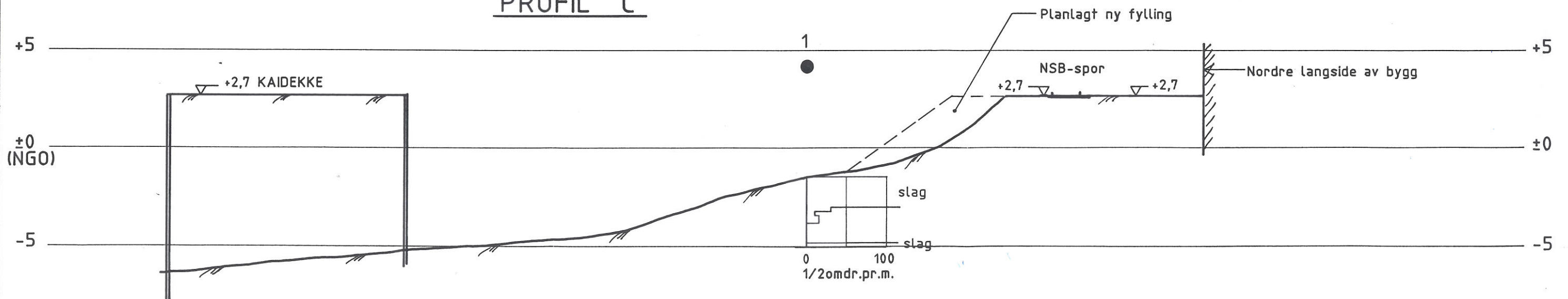
PROFIL A



PROFIL B



PROFIL C



Kummeneje

Rådgivende ingeniører i
Geoteknikk og Ingeniørgeologi

NSB BANE REGION NORD
UTFYLLING FOR OMLØPSSPOR, MURUVIK

PROFIL A, B og C

Boreresultater

MÅLESTOKK
1:200

TEGNET/KONTR.

00/ *or*

DATO

OPDRAG
11301

BILAG

3

TEGN. NR

Dybde, m	Jordart	Sign.	Lab. nr.	Vanninnhold (w) i %				γ kN/m ³	Udrenert skjærstyrke (s_u) i kN/m ²					St
				20	40	60	80		10	20	30	40	50	
5	GRUS, m. mye stein skjellrester		01	○										5 5
	SILT, grov		02	○										
	LEIRE, homogen		03		○	○		18,3 (18,4)	▼	○	▼			
	SILT		04	○		○		18,5	▼					
10														
15														
20														

Enkelt trykkforsøk: (strek angir def.% v/brudd) Konusforsøk - Omrørt/Uforstyrret: ▼/▽
 Penetrometerforsøk: Konsistensgrenser: W_p ——— W_L Andre forsøk:
 T = Treksialforsøk $\emptyset$ = $\emptyset$ dometerforsøk K = Kornfordeling

Kummeneje

Rådgivende ingeniører i
Geoteknikk og Ingeniørgeologi

NSB BANE REGION NORD
UTFYLLING FOR OMLØPSSPOR, MURUVIK

BORPROFIL HULL: 2

Terr.høyde: ~-1,5 skovl+
Prøve $\emptyset$: 54mm

DATO
03/96

TEGNET AV
ES/00

KONTR
EL

OPPDRAG
11301

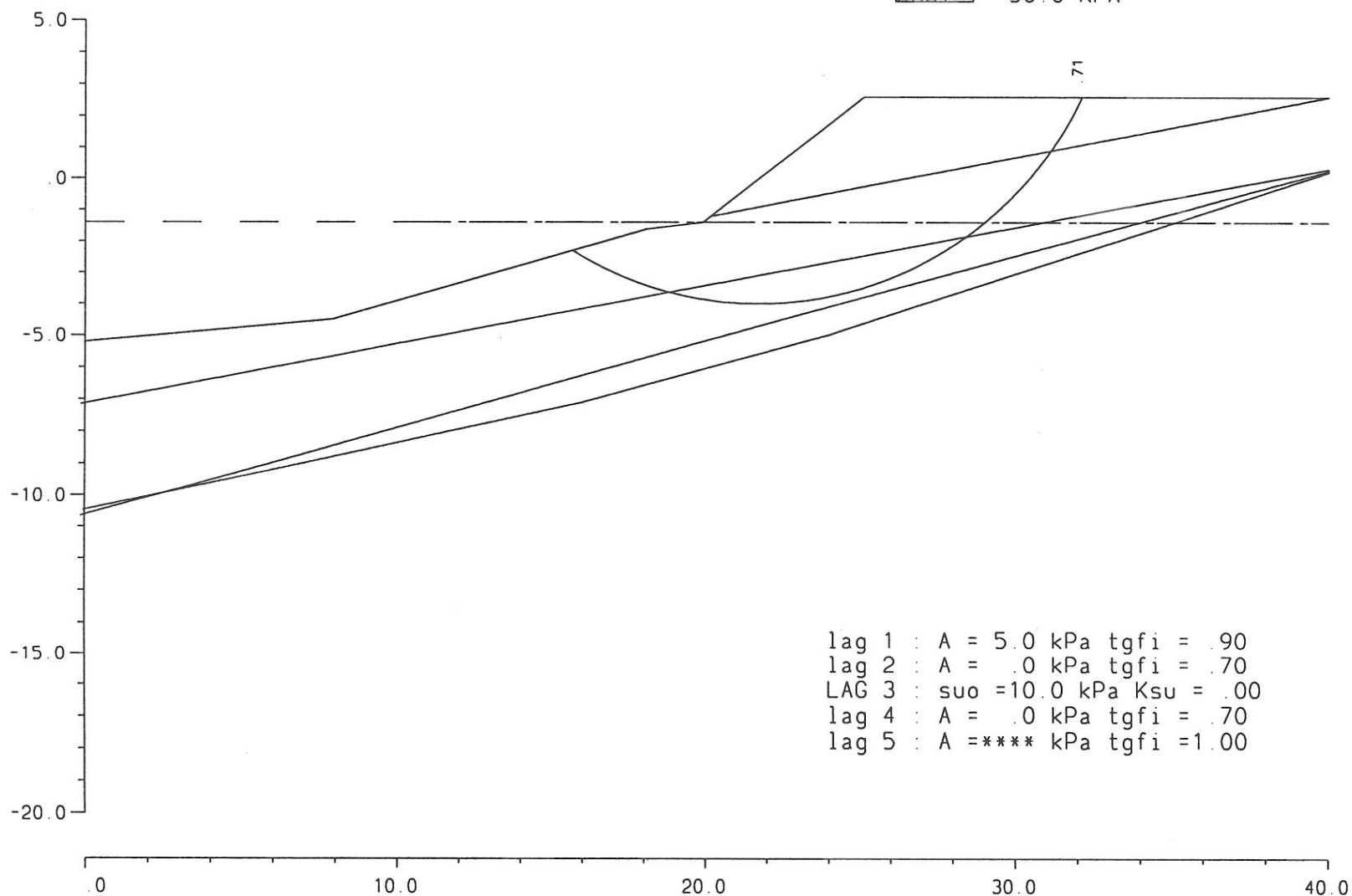
BILAG
4

TEGN. NR
104

Stabilitet av NSB-spor
Oppdrag: 11301 profil :B
03-29-96 09:33:47

målestokk : M=1: 200

LAST 50.0 KPA



NSB BANE REGION NORD

Fylling for omløpsspor ved Elkem, Murruvik

Stabilitetsanalyse for prosjektert fylling.

MALESTOKK:
1:200

TEGN.:
HK/EL

DATO:
29.03.96

OPPDRAG:
11301

BILAG:
5

TEGN.NR.:
105

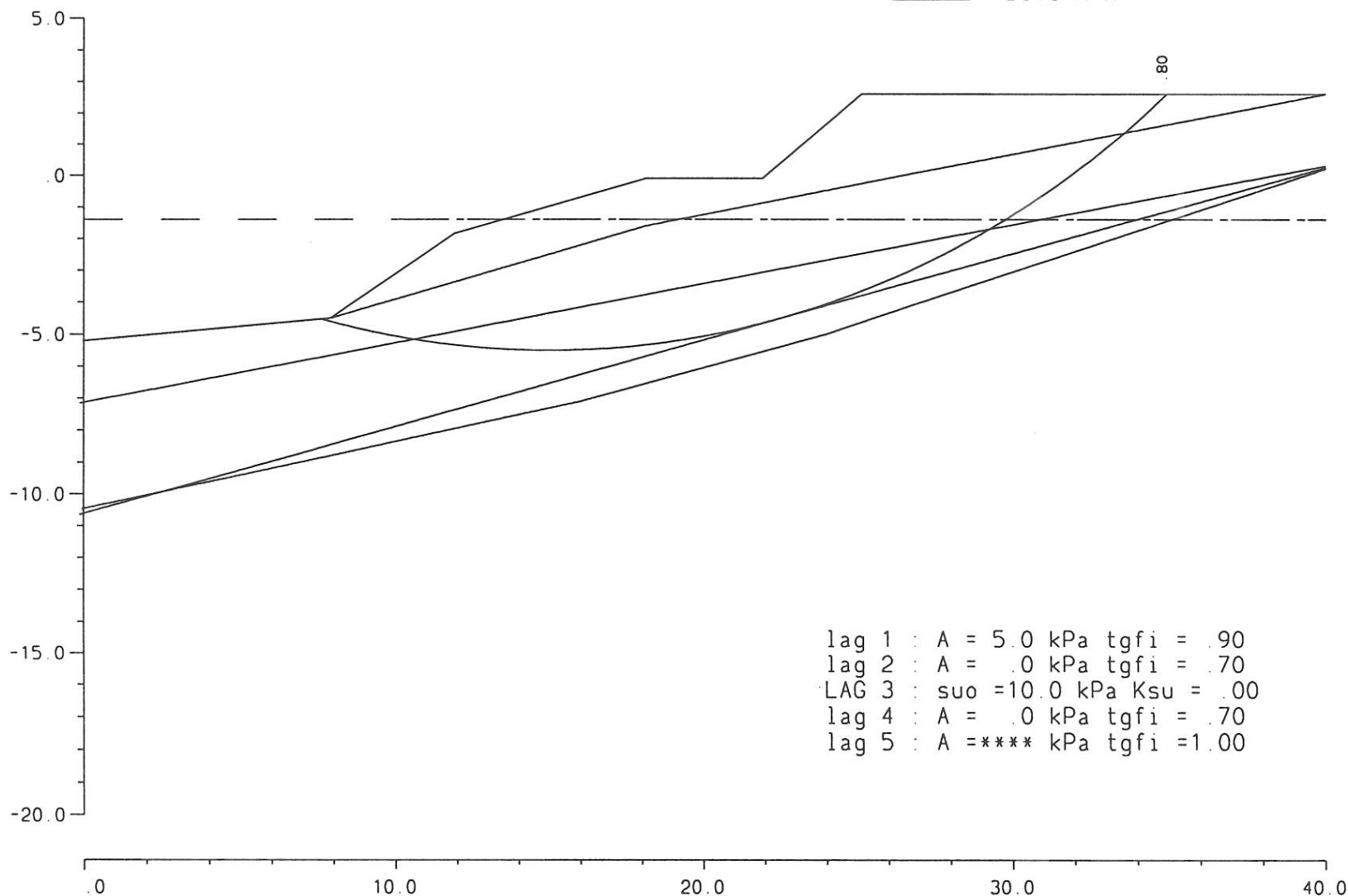
Stabilitet av NSB-spor

Oppdrag: 11301 profil :B

03-29-96 09:23:47

målestokk : M=1: 200

LAST 50.0 KPA



NSB BANE REGION NORD

Fylling for omløpsspor ved Elkem, Muruvik

Stabilitetsanalyse for prosjektert fylling med stabiliserende motfylling..

MALESTOKK:
1:200

OPPDAG:
11301

TEGN:
HK/EL

BILAG:
6

DATO:
29.03.96

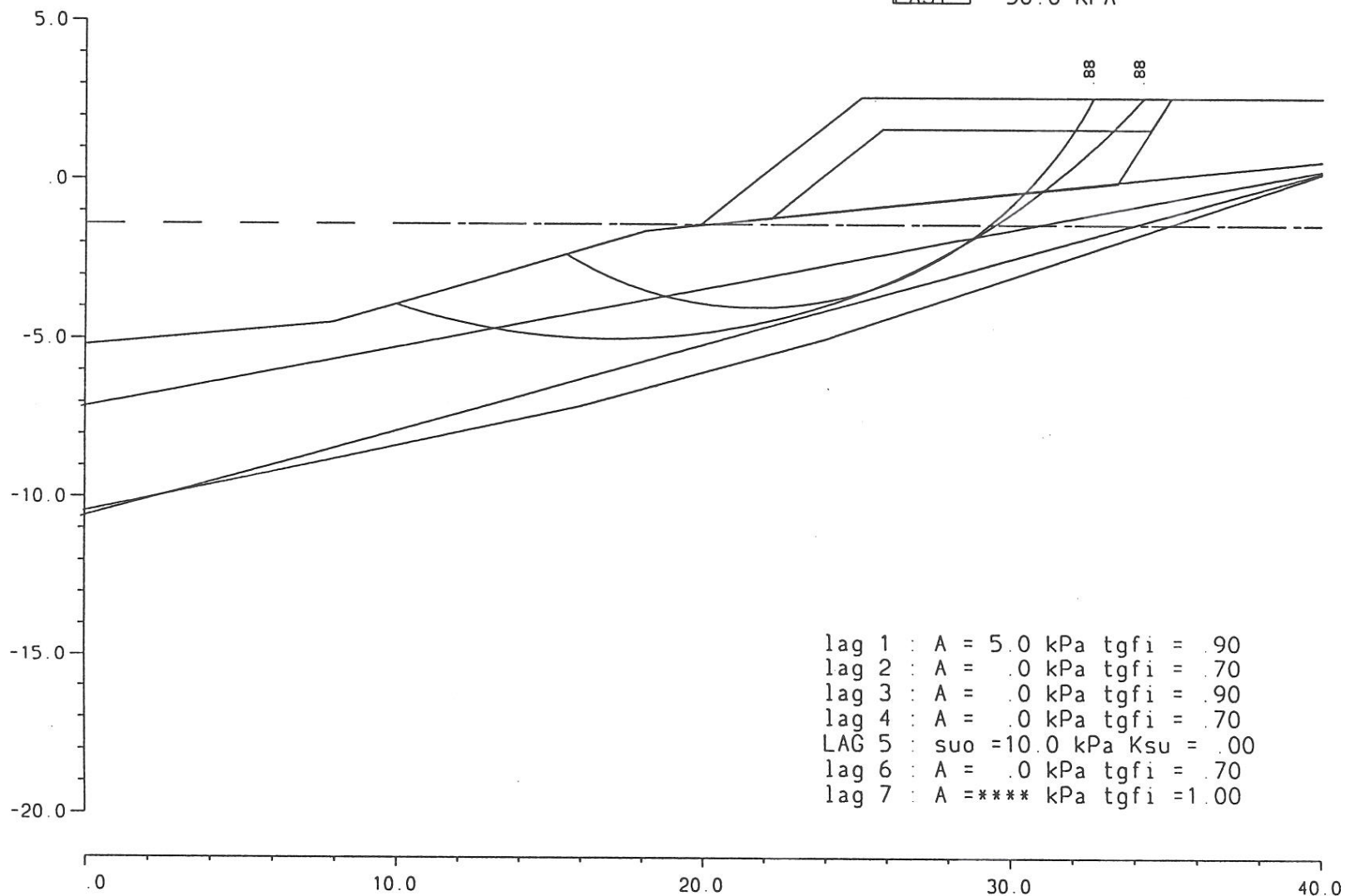
TEGN NR:
106

Kummeneje

Stabilitet av NSB-spor
Oppdrag: 11301 profil :B
03-28-96 16:11:12

målestokk : M=1: 200

LAST 50.0 KPA



NSB BANE REGION NORD

Fylling for omløpsspor ved Elkem, Muruvik

Stabilitetsanalyse for prosjektert fylling
med "lett" kjerne av lettklinker.

MALESTOKK:
1:200

TEGN:
HK/EL

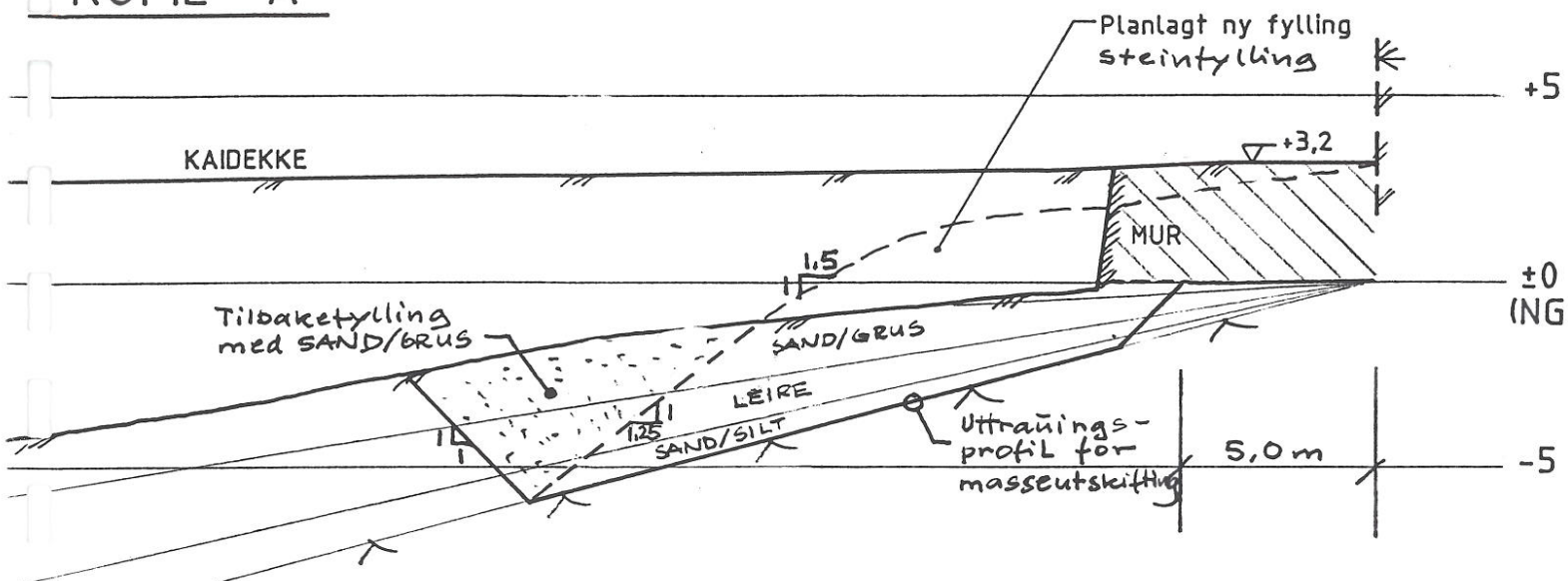
DATO:
29.03.96

OPPDRAG:
11301

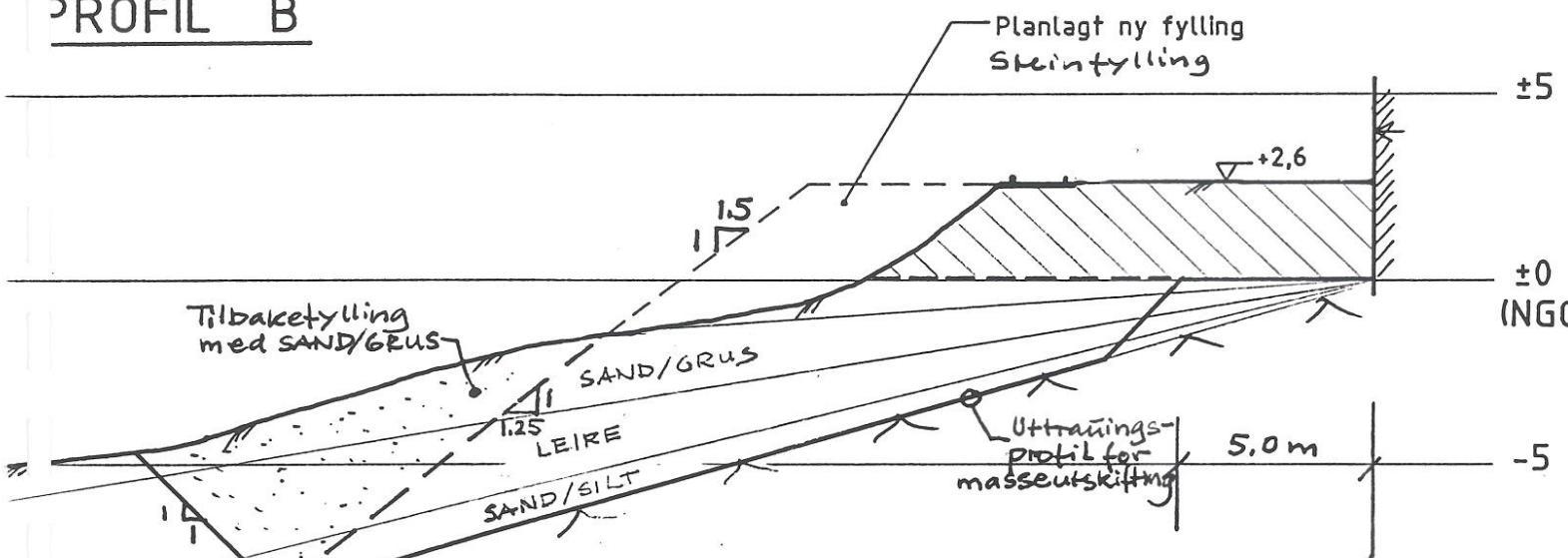
BILAG:
7

TEGN NR.:
107

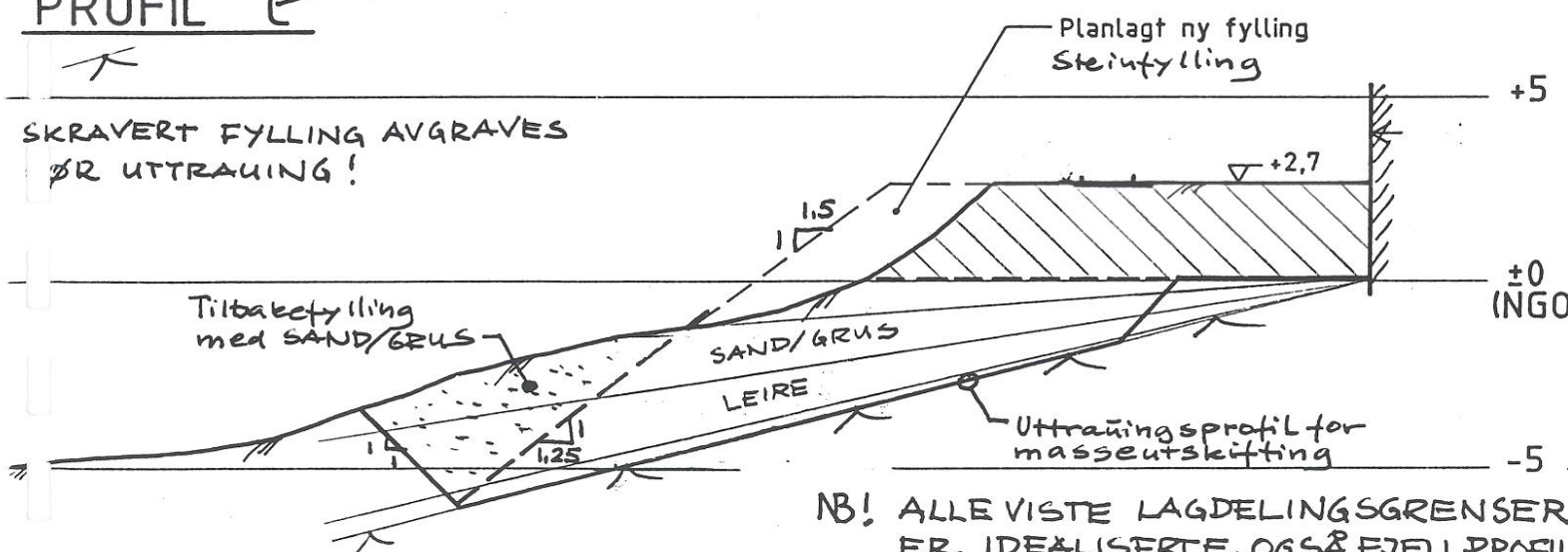
PROFIL A



PROFIL B



PROFIL C



SKRAVERT FYLLING AVGRAVES
ØR UTTRÅNING!

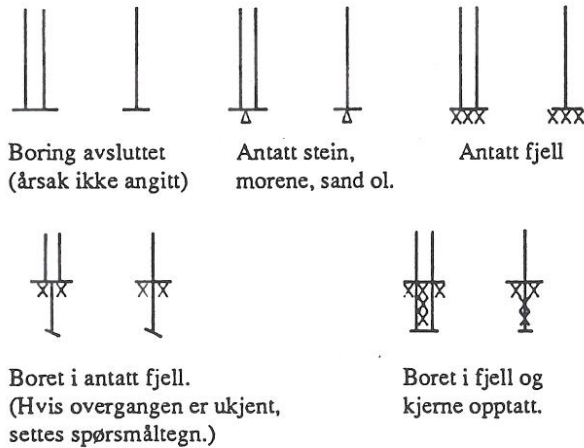
NB! ALLE VISTE LAGDELINGSGRENSER
ER IDEALISERTE, OGSÅ FJELLPROFIL

	NSB BANE REGION NORD	MALESTOKK: 1:200	OPPDRAG: 11301
	Fylling for omløpsspor ved Elkem, Muruvik	TEGN: HK/EL	BILAG: 8
	Masseutskifting under fylling.	DATO: 29.03.96	TEGN NR.: 108
	Tverrprofiler med prinsipputførelse.		

MARKUNDER SØKELSER

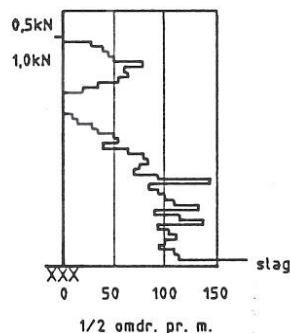
Sonderinger utføres for å få en orientering om grunnens relative fasthet, lagdeling og dybder til antatt fjell eller annen fast grunn.

Avslutning av boring (gjelder alle sonderingstyper).



Dreiesondering

utføres med 22 mm stålstenger med glatte skjøter påsatt en 200 mm lang spiss av firkantstål som er tilspisset i enden og vridd en omdreining. Boret belastes med inntil 1 kN og hvis det ikke synker for denne last, dreies det ned med motor eller for hånd. Antall halve omdreininger pr. 20 cm synkning noteres. Ved opptegninger vises antall halve omdreininger pr. meter synkning grafisk med dybden i borchullet og belastningen angis til venstre for borchullet.



Totalsondering

kombinerer dreietrykksondering og fjellkontrollboring. Det brukes hydraulisk drevet borrhigg. Boring gjennom stein og blokk og ned i berg utføres ved slag og spyling.

Boredata (nedpressingskraft, synkhastighet, spyletrykk etc.) måles ved elektriske givere og overføres automatisk til en elektronisk registreringsenhet (Geoprinter). Resultatene tegnes opp vha. EDB.

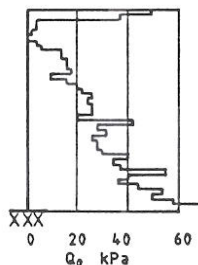
Ramsondering

utføres med 32 mm stålstenger med glatte skjøter og en normert spiss. Boret rammes ned i grunnen av et fall-lodd med vekt 0,635 kN og konstant fallhøyde 0,6 m. Motstanden mot nedramming registreres ved antall slag pr. 20 cm synkning.

Rammemotstanden:

$$Q_0 = \frac{\text{Loddvekt} \times \text{fallhøyde}}{\text{synkning pr. slag}} \quad (\text{kNm/m})$$

angis i diagram som funksjon av dybden.



Fjellkontrollboring

utføres med 32 mm stenger med muffeskjøter og hardmetallkrone nederst. Boret drives av en tung trykkluftdrevet borhammer under spyling med vann av høyt trykk. Når fjell er nådd, bores noe ned i fjellet, vanligvis ca. 3 meter, under registrering av borsynk for sikker påvisning.

Prøvetaking

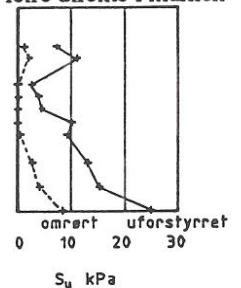
utføres for undersøkelse i laboratoriet av grunnens geotekniske egenskaper.

Uforstyrrede prøver tas opp med NGI's 54 mm stempelprøvetaker. Prøvene skjæres ut med tynnveggede stålsylindere med innvendig diameter 54 mm og lengde 80 cm (evt. 40 cm). Prøvene forsegles i begge ender for å hindre uttørking før de åpnes i laboratoriet.

Representative prøver tas med forskjellige typer støtbor- og ram-prøvetaker, ved sandpumpe i nedspylte eller nedrammede foringsrør, av oppspylt materiale ved nedspyling av foringsrør og ved skovlboring i de øvre lag. Slike prøver tas hvor grunnen ikke egner seg for vanlig sylindreprøvetaker og hvor slike prøver tilfredsstiller formålet.

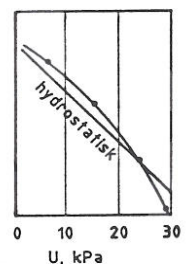
Vingeboring

bestemmer udrenert skjærstyrke (s_u) av leire direkte i marken (in situ). Måling utføres ved at et vingekors, som er presset ned i grunnen, dreies rundt med bestemt jevn hastighet til brudd i leira. Maksimalt dreiemoment gir grunnlag for å beregne leiras udrenerte skjærstyrke, som også måles i omrørt tilstand etter brudd.



Porevanntrykket

i grunnen måles med et piezometer. Dette består av et sylindrisk filter av sintret bronse som trykkes eller rammes ned til ønsket dybde ved hjelp av rør. Vanntrykket ved filteret registreres enten hydraulisk som stighøyden i en plastslange inne i røret (ved overtrykk påsettes manometer over terreng) eller elektronisk ved hjelp av en direkte trykkmåler innenfor filteret.

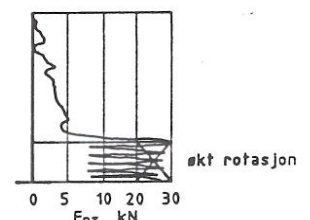


Grunnvannstanden observeres vanligvis direkte ved vannstand i borchullet.

Dreietrykksondering

utføres med 36 mm glatte skjøtbare stålstenger påsatt en normert spiss. Borstangen trykkes ned med konstant hastighet 3 m/min. og konstant rotasjon 25 omdr./min.

Sonderingsmotstanden registreres som den til en hver tid nødvendige nedpressningskraft for å holde normert nedtrengnings-hastighet. Når motstanden øker slik at normert nedtrengnings-hastighet ikke kan opprettholdes, økes rotasjonshastigheten. Dette anføres i diagrammet.



LABORATORIEUNDERSØKELSER

Ved åpning av prøven beskrives og klassifiseres jordarten. Videre kan bestemmes:

Romvekt

(γ i kN/m^3) for hel sylinder og utskåret del.

Vanninnhold

(w i %) angitt i prosent av tørrvekt etter tørking ved 110°C .

Flytegrense

(w_L i %) og utrollingsgrense (w_p i %) som angir henholdsvis høyeste og laveste vanninnhold for plastisk (formbart) område av leirmateriale. Differansen $w_L - w_p$ benevnes plastisitetsindeks. Er det naturlige vanninnhold over flytegrensen, blir materialet flytende ved omrøring.

Udrenert skjærstyrke

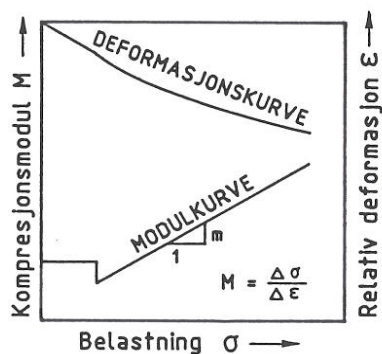
(s_u i kN/m^2) av leire ved hurtige enaksiale trykkforsøk på uforstyrrede prøver med tverrsnitt $3,6 \times 3,6 \text{ cm}^2$ (evt. hel prøve) og høyde 10 cm. Skjærstyrken settes lik halve trykkfastheten. Dessuten måles skjærstyrken i uforstyrret og omrørt tilstand ved konusforsøk, hvor nedsynkningen av en konus med bestemt form og vekt registreres og skjærstyrken tas ut av en kalibreringstabell. Penetrometer, som også er en indirekte metode basert på innsynkning, brukes særlig på fast leire.

Sensitiviteten (S_t)

er forholdet mellom udrenert skjærstyrke av uforstyrret og omrørt materiale, bestemt på grunnlag av konusforsøk i laboratoriet. Med kvikkleire forstås en leire som i omrørt tilstand er flytende, omrørt skjærstyrke $< 0,5 \text{ kN/m}^2$.

Kompressibilitet

av en jordart ved ødometerforsøk. En prøve med tverrsnitt 20 cm^2 og høyde 2 cm belastes trinnvis i et belastningsapparat med observasjon av sammentrykningen for hvert trinn som funksjon av tiden. Resultatet tegnes opp i en deformasjons- og modulkurve og gir grunnlag for setningsberegning.



Humusinnhold

(relativt) ut fra fargeomslag i en natronlutopløsning.

En nøyaktigere metode er våt-oksidasjon med hydrogenperoksyd der humusinnholdet settes lik vektatpet (evt. glødetapet ved humusrike jordarter) og uttrykkes i vektprosent av tørt materiale.

Saltinnhold

(g/l eller o/oo) i porevannet ved titrering med sølvnitrat-oppløsning og kaliumkromat som indikator.

Kornfordeling

ved sikting av fraksjonene større enn $0,06 \text{ mm}$. For de finere partikler bestemmes den ekvivalente korndiamter ved hydrometeranalyse. En kjent mengde materialer slemmes opp i vann og romvekten av suspensjonen måles i en bestemt dybde som funksjon av tiden. Kornfordelingen kan så beregnes ut fra Stoke's lov om kulers sedimentasjonshastighet.

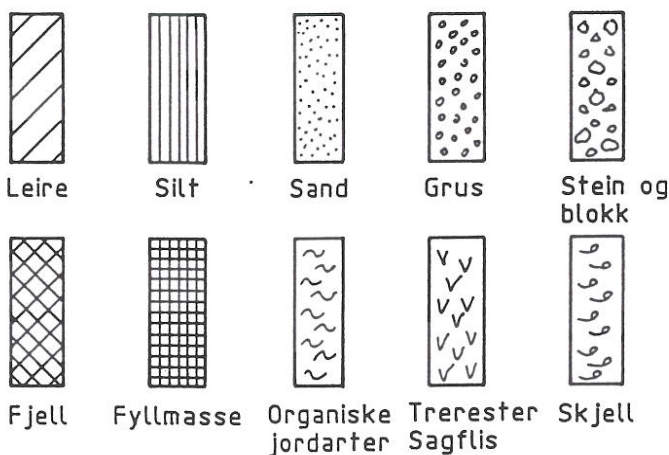
Fraksj.betegn.	Leir	Silt	Sand	Grus	Stein	Blokk
Kornstørr. mm	$< 0,002$	$0,002 - 0,06$	$0,06 - 2$	$2 - 60$	$60 - 600$	> 600

Jordarten

benevnes i henhold til korngraderingen med substantiv for den dominerende, og adjektiv for medvirkende fraksjon. Jordarten angis som leire når leirinnholdet er over 15%. Morene er en usortert breavsetning som kan inneholde alle kornstørrelser fra leir til blokk.

Organiske jordarter

klassifiseres etter opprinnelse og omdanningsgrad (torv, gytje, dy, matjord).



Anmerkning

- Leire: T = tørrskorpe
R = resedimenterte masser
K = kvikkleire
- Ved blandingsjordarter kombineres signaturene.
- Morene vises med skyggelegging.
- For konkresjoner kan bokstavsymboler settes inn i materialsignaturen:
Ca. = kalkkonkresjoner
Fe = jernkonkresjoner
AH = aurdelle