

JERNBANEVERKET REGION ØST

**Tuen, nytt kryssingsspor
på Kongsvingerbanen**

Geoteknikk, hovedplan

Rapport: Gk4528-1
Dato: 29.05.98

Oppdragsgiver: **Jernbaneverket Region Øst**
Prosjektnr. **098047**

Prosjekt: **Tuen**
Nytt kryssingsspor på Kongsvingerbanen

Arkiv Gk: **Gk4528**

Rapport nr.: **1**

Dato: **29.05.98**

Rapporten omhandler (stikkord):

Grunnundersøkelser, geotekniske vurderinger, kostnadsoverslag geotekniske tiltak

For JBV Ingeniørtjenesten

Prosjektansvarlig: 
Håkon Heyerdahl

Prosjektleder : 
Aiga de Zeeuw

Rapport utarbeidet av : _____
Aiga de Zeeuw / Håkon Heyerdahl

SAMMENDRAG

Innledning

Jernbaneverket Ingeniørtjenesten har vurdert geotekniske tiltak i forbindelse med hovedplan for Tuen kryssingsspor, Kongsvingerbanen km 24,050 - 25,050. Oppdragsgiver er Jernbaneverket Region Øst.

Det er utført en enkel grunnundersøkelser og profilmåling, og basert på dette foretatt geotekniske vurderinger og beregninger med hensyn på setninger, stabilitet og fundamentering.

Tiltak

Av hensyn til setningenes størrelse er det behov for å bygge lett fylling for det nye kryssingsspolet praktisk talt langs hele strekningen. Lettklinker foreslås benyttet. Noe masseutsikfting av eksisterende fylling og generell utskifting av bløte masser kan være aktuelt.

Brukryssing ved km. 24.465 foreslås fundamentert på svevende betongpeler, pelengde antatt ca. 20 m. Tilløpsfyllinger foreslås bygget av EPS for å oppnå akseptabel størrelse på setningene.

Én stikkrenne på strekningen må forlenges (lukkes) pga. det nye sporet, mens ca. 550 m linjegrøft må flyttes pga. skråningsutslag for ny fylling.

Kostnader geotekniske tiltak

Kostnadene for geotekniske tiltak er beregnet til ca. 4.8 millioner kroner, men nettokostnaden, dvs. når det tas hensynt til besparelser som oppnås pga. tiltakene, er ca. 3.5 millioner kroner, hvorav ca. 0.7 millioner kroner går til fundamentering av overgangsbru og tilløpsfyllinger.

For videre geoteknisk prosjektering må det utføres mer omfattende grunnundersøkelser inkludert laboratoriearbeid, samt forbedring av profilgrunnlag. Forprosjekt for brukryssing anbefales også utført på relativt tidlig plannivå.

INNHOOLD

1. Innledning.....	4
2. Grunnundersøkelser og grunnforhold	4
2.1 Feltarbeid.....	4
2.2 Grunnforhold.....	5
3. Strekningsvis beskrivelse for nytt kryssingsspor	5
4. Geotekniske vurderinger.....	6
4.1 Beregningsforutsetninger.....	6
4.2 Fyllingsparti 24,050-24,450	7
4.3 Overgangsbru km 24,465	7
4.4 Fyllingsparti 24,500-25,050	8
5. Geotekniske tiltak	9
6. Kostnadsoverslag.....	10
6.1 Generelt	10
6.2 Kostnadenes usikkerhet	11
6.3 Kostnadsoverslag.....	11
6.4 Kommentarer til kostnadsoverslaget.....	12
7. Videre arbeider.....	12
7.1 Grunnundersøkelser og datagrunnlag	12
7.2 Geoteknisk prosjektering.....	13

BILAG

1. BOREMETODER OG LABORATORIEUNDERSØKELSER

TEGNINGER

Gk4528.1	OVERSIKTSPLAN
Gk4528.2-3	BORPLANER
Gk4528.4-6	TVERRPROFILER MED BORINGER

1. Innledning

Jernbaneverket Ingeniørtjenesten er engasjert av Jernbaneverket Region Øst for å vurdere geotekniske tiltak for nytt kryssingsspor ved Tuen, Kongsvingerbanen km 24,050-25,050.

Denne rapporten omhandler grunnundersøkelser, geotekniske vurderinger / tiltak, kostnadsoverslag for geotekniske tiltak samt forslag til videre arbeider.

Kontaktperson hos oppdragsgiver har vært Erlend Nødtvedt.

2. Grunnundersøkelser og grunnforhold

2.1 Feltarbeid

Grunnundersøkelsene ble utført i april og mai 1998. Undersøkelser ble utført med håndholdt boreutstyr. Se bilag 1 for beskrivelse av bormetoder.

Det ble utført 5 dreiesonderinger og 1 skovlboring. Videre ble det innmålt 4 tverrprofiler ved km 24,250, km 24,465, km 24,750 og km 24,925.

En sammenstilling av borresultatene er vist i tabellen nedenfor.

Borpunkt nr.	Spor-km.	Avstand til CL-spor	Type	Boret dybde, m	Stopp
1	24,250	14 m til høyre	Dreiesondering	22,1	Avsluttet i løsmasser
2	24,465	14 m til venstre	Skovlboring	2,5	
3	24,465	38 m til venstre	Dreiesondering	5,3	Avsluttet i løsmasser
4	24,465	20 m til høyre	Dreiesondering	6,9	Avsluttet i løsmasser
5	24,465	39 m til høyre	Dreiesondering	7,8	Avsluttet i løsmasser
6	24,750	13 m til høyre	Dreiesondering	11,4	Avsluttet i løsmasser

Masseprøver opptatt ved håndskovling er beskrevet og vurdert i felt.

Plassering av boringer og innmålte profiler er vist på borplan tegning Gk4528.2 og Gk4528.3. Tverrprofiler med plassering av boringene er vist på tegningene Gk4528.4 til Gk4528.6.

2.2 Grunnforhold

Generelt

Det nye kryssingsspor på Tuen er planlagt fra km 24,050- km 25,050 i området mellom Lillestrøm og Fetsund. Kryssingsspor skal bygges på høyre side av eksisterende spor, og får en lengde på ca.1000 m.

Kryssingsspor blir for en stor del liggende på fylling.

Tuen ligger i et delta-område dannet av elven Leira. I dybden antas massene å bestå av marin leire. Terrenget på begge sider av sporet er tilnærmet flatt. Grunnvannsnivået antas å ligge ca. i terreng eller rett under terreng, og dette bestyrkes av at det stedvis er dannet myr som er synlig på terrengoverflaten.

Fjell er ikke påtruffet ved sonderingene. I boring 1 ble det boret helt ned til 22,1 m uten å påtreffe fjell. I øvrige boringer er sonderingene stoppet i dybder mellom 5,3 og 11 m. Sonderingsmotstanden ved nivå for avsluttet boring har vært «stor» (i hht. NGF-veiledning nr. 2) i alle punkter.

Ved skovling i punkt 2 er det påvist at grunnen her består av et ca. 40 cm tykt matjordlag, og deretter bløt leire til dybde 2.5 m. I dybden blir leira noe fastere. Det antas at leiren er middel fast i dybden.

Ved flere av boringene (1, 4 og 5) er det i tillegg til leire påvist to ca. 30 cm tynne lag, som viser høyere bormotstand. Disse lagene befinner seg i dybde 5 og 7 m, og antas å bestå av sand. Disse kan være avsatt fluvialt ved vekslende elvebevegelser.

3. Strekningsvis beskrivelse for nytt kryssingsspor

Kryssingsspor blir langs hele strekningen liggende på lav til middels høy fylling (fyllingshøyde opptil 4 m).

Fyllingsparti km 24,050-24,450:

På de første 400 m av kryssingsspor er fyllingshøyden opptil 4 m. Her må setningsutvikling på grunn av ny fylling vurderes, samtidig som stabiliteten må ivaretas.

Overgangsbru km 24,465:

Ved ca. km 24,465 skal det bygges en veibru, som skal avløse planovergangen. Oppdragsgiver har i løpet av planarbeidet flyttet brua ca. 10 m østover fra planovergangen (dvs. 10 m i forhold til plantegning), slik at planovergang kan benyttes i anleggsfasen.

Geotekniske problemstillinger for brua er fundamentering/bæreevne, setninger av brufundamentene, samt stabilitet og setninger for tilløpsfyllingene på hver side av brua. Selve jernbanefyllingen under brua må også vurderes mhp. setninger og stabilitet. Fyllingen er ved punkt for brukryssing ca. 2 m høy.

Det er ikke utført forprosjekt for brukryssingen. Vi har for å kunne utføre overslagsberegninger tatt utgangspunkt i en betongbru med 5 spenn à 15 m for å unngå å få altfor høye tilløpsfyllinger. Total lengde av brua blir da ca. 75 m. Dette gir antatt fyllingshøyde ved landkar på ca. 4 m.

Fyllingsparti km24,500-25,050:

På dette partiet går kryssingssporet på fylling med høyde opptil 1,5 m. Denne strekningsdelen er svært homogen. Terrenget er flatt, og det er åkerland på begge sider av jernbanesporet. Geotekniske problemstillinger er vurdering av stabilitet og setninger pga. ny fylling.

Drenering

Det er ikke aktuelt med store dreneringsmessige tiltak i forbindelse med prosjektet. Ved km 24,63 må det forlenges en stikkrenne. I dag renner vannet fra stikkrenne ca. 4 m i en åpen steinrenne til et rør. Steinrennen må lukkes ved at rør og stikkrenne forbindes. Evt. behov for kum må vurderes.

Eksisterende linjegrøft på strekningen etter planovergang frem til slutten av kryssingssporet må flyttes (ca. 500 m).

Følgende eksisterende ledninger som krysser under sporet er registrert i Banedatabanken på strekning for planlagt kryssingsspor. Disse må tas hensyn til i senere planfaser (detaljplan/byggeplan):

- km 24,336: Vann ø225 mm, varerør 450 mm
Kloakk ø160 mm PVC, varerør 250 mm
- km 24.471: Vann ø4", ikke opplysning om varerør

4. Geotekniske vurderinger

Grunnlaget for geotekniske vurderinger og beregninger har vært utførte borer, innmålte tverrprofiler (4 stk) og strekningskart for planlagt kryssingsspor i målestokk 1:1000.

4.1 Beregningsforutsetninger

Overslagsberegninger over forventede setninger er utført med beregningsprogrammet SETN (fra NOTEBY AS).

Vi har ikke opplysninger om setningsparametre for grunnen fra tidligere undersøkelser på denne strekningen. For overslagsberegninger har vi derfor tatt utgangspunkt i erfaringsverdier basert på tolkning av sonderingsresultatene:

<u>Materiale</u>	<u>Modultall</u>
bløt leire	m=15
middel fast leire	m=30
sand	m=200

Vannstanden er antatt å ligge i 0-0,5 m dybde. Leirlaget er ved setningsberegninger antatt normalkonsolidert. I beregningene er forutsatt relativt bløt leire i de øvre 2-3 m, basert på gjennomgående lav registrert sonderingsmotstand i topplaget. Deretter er det antatt middels fast leire, med tynne sandlag i enkelte profiler.

4.2 Fyllingsparti 24,050-24,450

Beregninger viser at det uten geotekniske (setningsreducerende) tiltak kan forventes konsolideringssetninger av størrelsesorden 10 cm under senterlinje nytt spor for strekningen frem til profil 24.320. Setningene varierer med fyllingshøyden. Det kan oppstå setninger under eksisterende spor på ca. noen få centimeter.

Setningene vil bli større, over 20 cm for strekningen frem til profil 24.450. Dette kan gi setninger på ca. 3 cm under eksisterende spor.

Det er medregnet konsolideringseffekt av eksisterende jernbanefylling, samt av oppfylling på høyre side av sporet mellom km 24,100 og km 24,320, noe som begrenser de beregnede setningene på den første delstrekningen.

Innbygging av lettklinker i tykkelse 2 - 2.5 m vil begrense setningene ned mot ca. 5 cm.

4.3 Overgangsbru km 24,465

For overgangsbrua er det overslagsmessig beregnet *karakteristisk bruddlast* på 1900 kN per fundament. Det er da forutsatt 15 m spenn. Denne lasten er benyttet ved beregning av setninger for brufundamenter. *Dimensjonerende bruddlast* pr. fundament er beregnet til 3000 kN (benyttet ved beregning av antall peler pr. brufundament).

Fundamentering av brua

Det er utført setningsberegninger for brufundamentene ved antagelse om direkte fundamentering. Det er utført beregning for fundament med areal 3 x 3 m, og deretter med areal 3 x 5 m. Forskjellen i fundamentareal har liten innflytelse på setningene. Beregningene viser at setningene vil bli meget store, godt over 50 cm.

Setninger av en slik størrelse er uakseptable, og en kan her ikke tenke seg at man kommer utenom pelefundamentering, både av hensyn til bæreevne og akseptabel størrelse på fundamentene samt av hensyn til setningenes størrelse.

Setningene er på nytt beregnet ved antagelse om fundamentering på svevende peler av varierende lengde. Ved pelelengde 20 m blir beregningsmessige setninger redusert til ca. 5 cm, noe som bør være akseptabelt.

Ved pelelengde ca. 20 m vil det ved de antagelser som her er gjort om laster fra brua være behov for ca. 8 peler pr. fundament. Bæreevnen er avhengig av udrenert skjærstyrke i leira, og denne må bestemmes nærmere ved prøvetaking og laboratoriearbeid i senere planfase.

Hvorvidt det bør velges svevende peler eller fundamentering til fjell eller faste lag på spissbærende peler må vurderes nærmere i senere planfase. Da må også fjelldybder i bruksene bestemmes ved bruk av borrhogg, samt materialparametre for grunnen bestemmes i laboratorium.

For valg mellom svevende eller spissbærende peler må setninger pga. tilløpsfyllinger på hver side av brua vurderes (påhengslaster).

For selve kryssingsspoet på strekningen før og etter brua er det beregnet at ny fylling vil sette seg opptil 20 cm. Innlegging av lettklinker i 2 m tykkelse vil redusere setningene til ca. 5 cm.

Tilløpsfyllinger for overgangsbru

Tilløpsfyllingene på begge sider av brua blir betydelige, antatt høyde ca. 4 m, og krever nøye vurderinger av stabilitets- og setningsforhold.

Stabilitetsberegninger for tilløpsfyllinger er ikke utført i denne fasen, og det foreligger heller ikke tilstrekkelig datagrunnlag for å utføre dette. Det er imidlertid sannsynlig at beregnet stabilitet ikke vil være tilstrekkelig hvis det benyttes steinmasser i tilløpsfyllingene, og geotekniske tiltak må påregnes.

Setningene er beregnet ved antagelse om vanlige masser, samt ved forutsetning om innbygging av lette masser i fyllingen, hhv. lettklinker og EPS. Også peling under fyllingen er vurdert. Disse setningsreduserende tiltakene har samtidig stabiliserende effekt.

Uten geotekniske tiltak, dvs. ved bruk av normale steinmasser i tilløpsfyllingene, blir setningene over 30 cm på det meste. Dette vil ikke være akseptabelt for en fylling inn mot en konstruksjon. Ved innbygging av lettklinker blir setningene noe redusert. Det kan imidlertid se ut som en her ikke kommer utenom enten innbygging av EPS-blokker i fyllingen, eller grunnforsterkning (f.eks. setningsreduserende peler under fyllingen). Innbygging av EPS i fyllingen reduserer beregningsmessige setninger til ca. 10-15 cm. Dette er i overkant av hva som er tilrådelig, og det bør vurderes masseutskifting i f.eks. 1 m tykkelse under EPS-fyllingen. Flomvannstand må kontrolleres ved detaljprosjektering av EPS-fyllingen.

Setningene kan også tas hånd om ved bruk av setningsreduserende peler under fyllingen (varierende pelelengde langs fyllingen), kostnadene vil antatt bli høyere enn for lett fylling.

4.4 Fyllingsparti 24,500-25,050

Maksimale setninger på dette partiet er beregnet å kunne bli over 20 cm. Dette medfører setninger under eksisterende spor på 2-4 cm.

Setningene er for store til at de kan aksepteres uten videre, og visse setningsreduserende tiltak bør forutsettes.

Lettklinker i 2 m tykkelse vil redusere setningene til under 10 cm.

5. Geotekniske tiltak

Fylling / masseskifting for kryssingssporet

Det er generelt behov for å redusere de beregningsmessige setninger som vil oppstå pga. fylling for nytt spor. Setningene under eksisterende spor ser ikke ut til å bli store, men 2 - 4 centimeter setning forventes å oppstå under senterlinje eksisterende spor. Setningene avtar på tvers av sporet, hvilket kan gi noe skjevsetning over tid.

Det antas nødvendig med innbygging av lette masser (antatt lettklinker) i ny jernbanefylling langs praktisk talt hele strekningen for å redusere størrelsen på setningene. Nødvendig tykkelse av lettklinkerlaget vil variere. Nødvendig bredde, tykkelse samt utstrekning i lengderetning av lettklinkerlaget må optimaliseres i senere planfase.

Det kan være gunstig (nødvendig) med en viss utskifting av steinmassene i eksisterende jernbanefylling for å oppnå tilstrekkelig vektreduksjon.

Det vil også være aktuelt å skifte ut bløte masser i undergrunnen der slike masser påtreffes, og i alle fall der hvor det er myrmasser i de øvre lag. I kostnadsoverslag er forutsatt ca. 1 m masseskifting i gjennomsnitt under ny fylling.

Fyllingsparti km 24,050-24,320:

Ved å gå noe inn i eksisterende fyllingsskråning og bygge inn et ca. 2,5 m tykt lettklinkerlag, vil setningene beregningsmessig reduseres fra over 10 cm til ca. 5 cm i CL av kryssingssporet

Fyllingsparti km 24,320-24,450:

Fyllingen er her ikke så høy, men setningene blir likevel betydelige. Det antas tilstrekkelig å bygge inn et ca. 2 m tykt lettklinkerlag. Setningene vil med dette reduseres fra over 20 cm til ca. 5 cm i CL av kryssingsspor.

Fyllingsparti km 24,450-24,500:

Utgraving av masser og oppbygging av fylling for selve kryssingssporet foreslås utført som for profil km 24,320-24,450.

Fyllingsparti km 24,500-25,050:

Også her må det fjernes noe masser i gammel fylling (og evt. masseskifte noe i grunnen) for å bygge inn lettklinker. Et 2 m lettklinkerlag er her vurdert å være nødvendig, og reduserer setningene for ny fylling fra over 20 cm til under 10 cm.

Overgangsbru km 24,465

Brufundamenter

Brufundamentene må, for å oppnå tilstrekkelig bæreevne og akseptable setninger, fundamenteres på peler. Disse antas å kunne utføres som friksjonspeler, men det må avklares i senere planfase om spissbærende peler er et bedre alternativ. Det antas nødvendig med min. 8 betongpeler per fundament (antatt peler med tverrsnitt 270 x 270 mm og lengde ca. 20 m). Antall fundamenter vil være 6 forutsatt 5-spenns bru.

Tilløpsfyllinger

Tilløpsfyllingene for brua må bygges opp av EPS-blokker. EPS-lagets tykkelse vil være maksimalt ca. 3.5 m, og fyllingshøyde og tykkelse av EPS-laget er størst nærmest landkar. Flomvannstand må sjekkes under detaljprosjektering av EPS-fyllingen.

Ca. 1 m masseskifting med lettklinker under fyllingen kan være nødvendig for å redusere setningene tilstrekkelig. Dette vil sammen med EPS-fylling redusere setningene til under 10 cm.

En alternativ løsning for å redusere setningene er å benytte peler i kombinasjon med pelehatter og geonett under fyllingen. Pelingen utføres fra landkar og i avstand 10 - 20 m bak dette. Løsningen antas klart mer kostbar enn EPS-fylling som foreslått.

Drenering

Stikkrenne ved ca. km 24,720 må forlenges med rør over en strekning på ca. 4 m. Dette gjøres ved tilpasning med betongrør / omstøp, eller ved innstikksrør av plast (injiseres med betong mellom rør og eksisterende stikkrenne).

Linjegrøft må flyttes på strekningen etter planovergangen og frem til kryssingssporets slutt, dvs. en strekning på ca. 550 m (profil 24.500 - 25.050).

Eksisterende ledninger som krysser under vannledningen må tas hensyn til ved detaljprosjekteringen.

6. Kostnadsoverslag

6.1 Generelt

Kostnadsoverslaget viser kostnader for geotekniske tiltak på grunnlag av overslagsberegninger. Der det er benyttet lette masser i fyllinger kommer disse til fradrag ved beregning av øvrige masser, men dette er her ikke medtatt som fradrag i kostnadsoverslaget.

6.2 Kostnadenes usikkerhet

Kostnadene er hovedsaklig fordelt på følgende poster:

- lette masser i ny fylling for kryssingsspor
- lette masser i tilløpsfylling for overgangsbru
- fundamentering av bru
- drenering

Kostnadsoverslaget er utarbeidet med basis i et begrenset profilgrunnlag (4 stk. langs strekningen), og mengder er derfor beregnet svært overslagsmessig. Mengdene er avhengig av omfang av tiltak. Tiltak må vurderes mer inngående i senere planfase, når det geotekniske grunnlaget er bedre. For overgangsbru er usikkerheten spesielt stor, i og med at det ikke er utarbeidet noe forprosjekt som beskriver utforming av brua.

6.3 Kostnadsoverslag

Grunnarbeider for nytt kryssingsspor:

Post	Volum	Kostnad:
● <i>Lettklinker i fylling</i>		
km 24,050- km 24,320	4.400 m ³	
km 24,320- km 24,450	1.700 m ³	
km 24,450- km 24,500	600 m ³	
km 24,500- km 25,050	5.800 m ³	
	<u>12.500 m³</u>	2.750.000,-
● <i>Duk rundt lettklinkerfylling</i>		
km 24,050- km 24,320	5.940 m ²	
km 24,320- km 24,450	2.400 m ²	
km 24,450- km 24,500	920 m ²	
km 24,500- km 25,050	8.250 m ²	
	<u>17.500 m²</u>	210.000,-
● <i>Fjerning av steinmasser i eksisterende fylling</i>		
km 24,050- km 24,320	4.640 m ³	
km 24,320- km 24,450	350 m ³	
km 24,450- km 24,500	130 m ³	
km 24,500- km 25,050	800 m ³	
	<u>5.900 m³</u>	296.000,-
● <i>Masseutskifting av ubrukbare masser</i>		
km 24,320- km 24,450	1.100	
km 24,450- km 24,500	420	
km 24,500- km 25,050	4.950	
	<u>6 500 m³</u>	325.000,-
● <i>Forlengelse av stikkrenne</i>		
	RS	20.000,-
● <i>Flytting av linjegrøft</i>		
	550 lm	55.000,-

Overgangsbru:

● <i>Betongpeler</i> 48 peler à 20 m fordelt på 6 fundamenter	960 lm	432.000,-
● <i>EPS-fylling for tilløpsfyllinger</i> EPS-blokker	410 m ³	185 000,-
● <i>Lettklinker under tilløpsfyllinger</i> Lettklinker inkl. utgraving	330 m ³	89.000,-
SUM GEOTEKNISKE TILTAK		4.362.000,-
● Uforutsett / diverse 10%		436.000,-
SUM GEOTEKNISKE TILTAK INKL. UFORUTSETT		4.798.000,-

6.4 Kommentarer til kostnadsoverslaget

Totale kostnader for beregnede geotekniske tiltak er ca. **4.8 millioner kroner**, inkludert et påslag for uforutsett.

Fra kostnadene for geotekniske tiltak kan fratrekkes besparelser pga. redusert behov for ordinære masser der lettklinker og EPS benyttes. Dette utgjør ca. 13.000 m³ à kr 90,-, dvs. ca. 1.2 millioner kroner. Ca. halvdelen av fiberdukforbruket er nødvendig også uten spesielle geotekniske tiltak. Dette utgjør omlag 0.1 millioner kroner. Evt. gode masser som fjernes fra eksisterende fylling kan også vurderes benyttet igjen, og kan gi en besparelse (ikke medregnet her).

Nettokostnadene for geotekniske tiltak er mao. i størrelsesorden **3.5 millioner kr**, hvorav ca. 0.7 millioner kr går til fundamentering av overgangsbru/tilløpsfyllinger.

7. Videre arbeider**7.1 Grunnundersøkelser og datagrunnlag**

For å kunne beregne setninger og utføre stabilitetsberegninger med tilstrekkelig nøyaktighet, må det utføres mer detaljerte grunnundersøkelser. Grunnundersøkelser bør omfatte sonderinger til større dypde for beskrivelse av lagdeling og fjelldybder. Videre må undersøkelsene inkludere prøvetaking og bestemmelse av geotekniske parametre i laboratorium. Grunnvannsnivå må måles inn, og grunnen i de øvre jordlag samt i eksisterende fylling bør undersøkes med tanke på masseutskifting og gravearbeider.

Laboratorieforsøk bør omfatte styrke- og setningsegenskaper for materialet.

Kartgrunnlag bør forbedres, og det må måles inn tverrprofiler systematisk langs strekningen (evt. etableres terrengmodell).

7.2 Geoteknisk prosjektering

Videre prosjekteringsarbeid må omfatte mer detaljerte setningsberegninger, samt vurdering av stabilitet, fundamentering av bru, prosjektering av lette fyllinger / setningsreducerende tiltak, og geotekniske tiltak generelt.

Forprosjekt for brukryssing bør utføres.

Anleggsgjennomføringen må vies oppmerksomhet, da spesielt med hensyn til trafikk på eksisterende spor sett i forhold til grunnarbeider.

REFERANSESIDE

Oppdrag	-	rapport	-	dato	-	antall sider	-	revisjon
098047		1		29.05.98		14		0

Arkiv ref. JI: sak 98/2012 JI 731

Arkiv ref. Gk: Gk4528-1

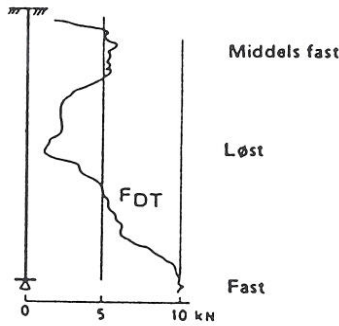
Oppdragsgiver: Jernbaneverket Region Øst
Kontaktperson: Erlend Nødtvedt

Distribusjon: Jernbaneverket Region Øst v/ Erlend Nødtvedt: 3 stk

Geografiske opplysninger

Fylke: Akershus
Kommune: Fet
Sted: Tuen
Kartblad: 1914 I
Banestrekning: Kongsvingerbanen
Kilometer: 24,050 - 25,050

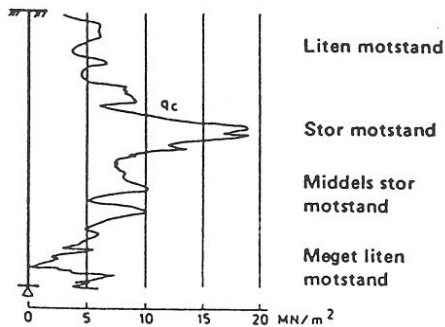
BORMETODER



◆ **DREIETRYKKSONDERING**

utføres med skjøtbare borstenger (36 mm) med utvidet sonderspiss. Borstangen presses ned med en hastighet på 3 m/min. og roteres samtidig 25 omdr./min.

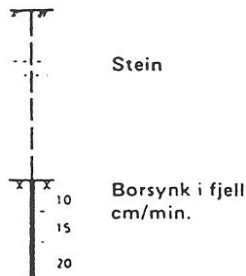
Motstanden mot nedtrengning F_{DT} registreres automatisk og angis i kN.



▽ **TRYKKSONDERING**

utføres med skjøtbare borstenger (36 mm) med kon spiss som trykkes ned med jevn hastighet (2 cm/sek). Spissen har 10 cm² tverrsnitt og 60° vinkel. Over spissen er en friksjonshylse med 150 cm² overflate. Spissmotstand (q_c) og lokal sidefriksjon (f_s) registreres kontinuerlig. En skriver tegner opp q_c og f_s direkte. Forholdet f_s/q_c % gir orientering om jordarten.

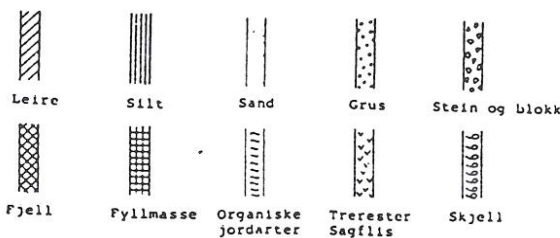
Friksjonsmantelen kan erstattes av en poretryksmåler slik at poretrykket kan registreres og tegnes opp kontinuerlig.



☆ **FJELLKONTROLLBORING**

utføres med fjellbor (36 mm) med 51 mm hardmetall kryss-skjær. Det benyttes en tung, pneumatisk eller hydraulisk borhammer med høytrykks vannspyling. Boring gjennom ulike lag (leire, grus) kan registreres, likeså gjennom større steiner.

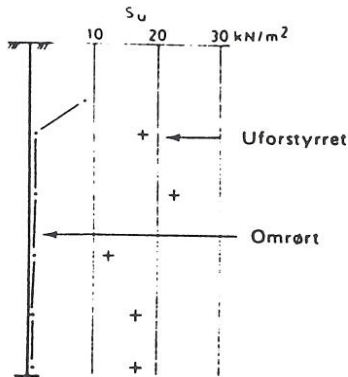
For sikker registrering av fjell bores 3-5 m i fjell under registrering av borsynk (i cm/min).



◎ **PRØVETAKING**

Den mest brukte prøvetaker er en tynnvegget stålsylinder (60-90 cm lang, 54 mm diameter) med innvendig stempel. I ønsket dybde blir cylinderen presset ned uten at stemplet følger med. Jordprøven som dermed skjæres ut heises opp med borstrengen til overflaten, hvor den forsegles for avsendelse til laboratoriet.

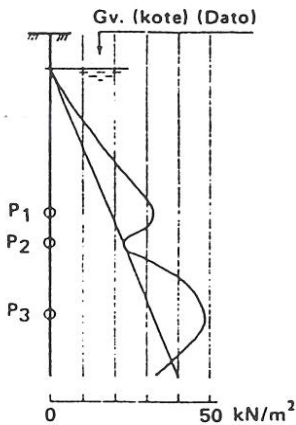
Avhengig av grunnforholdene benyttes andre typer prøvetakere.



⊕ VINGEBORING

utføres ved at et vingekors (normalt 65x130 mm) presses ned i jorden (leiren) og dreies rundt med et instrument som måler dreiemomentet. Udrenert skjærstyrke (S_{uv} kN/m²) beregnes ut fra dreiemoment ved brudd.

Målingen gjøres 2 ganger i hver dybde, annen gang etter omrøring.

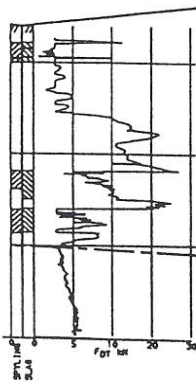


⊖ MÅLING AV GRUNNVANNSSRAND OG PORETRYKK

utføres med standrør med filterspiss eller med hydraulisk eller elektrisk piezometer. Hvilket utstyr som er egnet avhenger av både grunnforhold og formålet med målingene.

Filteret eller piezometerspissen trykkes ved hjelp av rør til ønsket dybde. Poretrykket registreres som vannets stighøyde i røret eller i en tynn plastslange eller ved elektriske signaler.

Boroperasjonene utføres med håndkraft, lettere motordrevet utstyr eller med tyngre, terrenggående borrygger.



💡 TOTALSONDERING

Metoden kan sies å kombinere dreietrykksondering og fjellkontrollboring. Det utføres dreietrykksondering til nedtrengningen stopper i et fast lag, deretter går man over til fjellkontrollboring med slag og spyling. Man kan veksle mellom de to boremetodene etter behov. Ved hjelp av en geoprinter registreres synk på boret i m/min, rotasjonshastighet, dreiemoment på borstang, vannmengde og trykk ved spyling.

LABORATORIEUNDERSØKELSER

MINERALSKE JORDARTER

klassifiseres på grunnlag av komgraderingen. Betegnelsen på de enkelte fraksjoner er:

Fraksjon	Leire	Silt	Sand	Grus	Stein	Blokk
Kornstørrelse mm	<0.002	0.002-0.06	0.06-2	2-60	60-600	>600

En jordart kan inneholde en eller flere kornfraksjoner og betegnes med substantiv for den fraksjon som har størst betydning for dens egenskaper og med adjektiv for medvirkende fraksjoner (eksempel: siltig og sandig leire).

Morene er en usortert istidsavsetning som kan inneholde alle fraksjoner fra leire til blokk. Den største fraksjonen angis først i beskrivelsen (eksempel: grusig morene, moreneleire).

ORGANISKE JORDARTER

klassifiseres på grunnlag av jordartens opprinnelse og omdanningsgrad. De viktigste typer er:

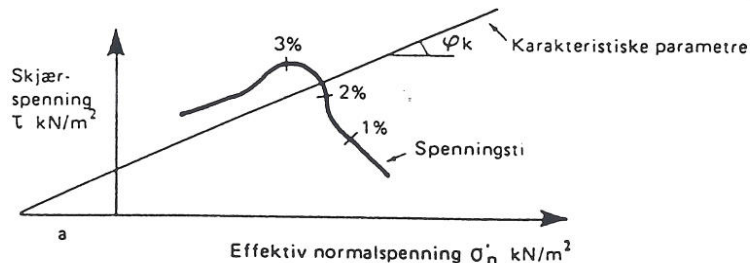
Torv	<i>Myrplanter, mindre eller mer omdannet (fibertorv, mellomtorv, svarttorv).</i>
Gytje, dy	<i>Omdannede, vannavsatte plante- og dyrerester</i>
Mold	<i>Organisk materiale med løs struktur</i>
Matjord	<i>Det øvre, moldholdige jordlag</i>

SKJÆRSTYRKE

Skjærstyrken på et plan avhenger av effektiv normalspenning på planet (totaltrykk+poretrykk) og av jordens

Skjærstyrkeparametre (a og ϕ)

Disse bestemmes ved treaksiale trykkforsøk på representative prøver. Forsøksresultatene fremstilles som "spenningsstier", dvs. utviklingen av skjærspenningen på et plan vises som funksjon av en effektiv hovedspenning eller av normalspenningen. På dette og annet grunnlag fastsettes karakteristiske parametre for det aktuelle problem.



Udrenert skjærstyrke (S_u kN/m²)

gjelder ved raske spenningsendringer uten drenering av poretrykk, og bestemmes i laboratoriet ved enkle trykkforsøk, konusforsøk, laboratorie-vingeforsøk eller udrenerte treaksialforsøk.

SENSITIVITET (S)

er forholdet mellom en leires udrenerte skjærstyrke i uforstyrret og i omrørt tilstand, bestemt ved konus- eller vingeforsøk. Leire som blir flytende ved omrøring betegnes kvikkeleire.

VANNINNHOLD (W %)

Angir massen av vann i % av massen av fast stoff i prøven, og bestemmes ved tørking ved 110°C.

FLYTEGRENSE (W_L %)

PLASTISITETSGRENSE (W_p %)

(Atterbergs grenser) angir det vanninnhold hvor en omrørt leire går over fra plastisk til smuldrende konsistens.

PORØSITET (n %)

er volumet av porene i % av totalvolumet av prøven.

DENSITET (ρ t/m³)

er massen av prøven pr. volumenhet.

TØRR DENSITET (ρ_D t/m³)

er massen av tørrstoff pr. volumenhet.

TYNGDETETHET (romvekt) (γ kN/m³)

er tyngden av prøven pr. volumenhet ($\gamma = \rho g$ hvor $g=10$ m/s²)

TØRR TYNGDETETHET (tørr romvekt) (γ_D kN/m³)

er tyngden av tørrstoff pr. volumenhet ($\gamma_D = \rho_D g$ hvor $g=10$ m/s²)

KOMPRIMERINGSEGENSKAPER

for en jordart undersøkes ved at prøver med forskjellig vanninnhold komprimeres med et bestemt komprimeringsarbeid (Proctor-forsøk). Resultatene fremstilles i et diagram som viser tørr densitet som funksjon av vanninnhold. Den maksimale tørre densitet som oppnås benyttes ved spesifisering av krav til utførelsen av komprimeringsarbeidet.

CBR (California Bearing Ratio)

er et uttrykk for relativ bæreevne av et jordmateriale. Et stempel presses ned fra overflaten av det pakkede materiale med en bestemt hastighet. CBR-verdien angir nødvendig kraft for en bestemt deformasjon i % av en forhåndsbestemt kraft for tilsvarende deformasjon på et standard materiale av knust stein. CBR benyttes til dimensjonering av overbygning for veier og flyplasser,

HUMUSINNHOLD (O_{Na})

bestemmes ved en kolorimetrisk natronlutmetode og angir innholdet av humufiserte organiske bestanddeler i en relativ skala. Glødning og andre metoder kan også benyttes.

KOMPRESSIBILITET

Relasjonen spenning/deformasjon måles ved ødometerforsøk eller ødotreaksialforsøk i laboratoriet. Motstanden mot sammenpressing defineres ved modulen $M = \text{spenningsendring/deformasjonsendring}$. Måleresultatene uttrykkes ved en regnemodell med en parameter m (modultallet). 3 regnemodeller er tilstrekkelig for å representere normalt forekommende jordarter.

For leire og silt kan parameteren $N_e = \text{deformasjonsendring/log spenningsendring}$ benyttes.

KORNFORDELINGSANALYSE

utføres ved sikting av fraksjonene større enn 0.125 mm. For de mindre partikler bestemmes den ekvivalente korndiameter ved hydrometeranalyse. Materialet slemmes opp i vann, densiteten av suspensjonen måles med bestemte tidsintervaller og kornfordelingen kan dernest beregnes ut fra Stoke's lov om partiklenes sedimentasjonshastighet.

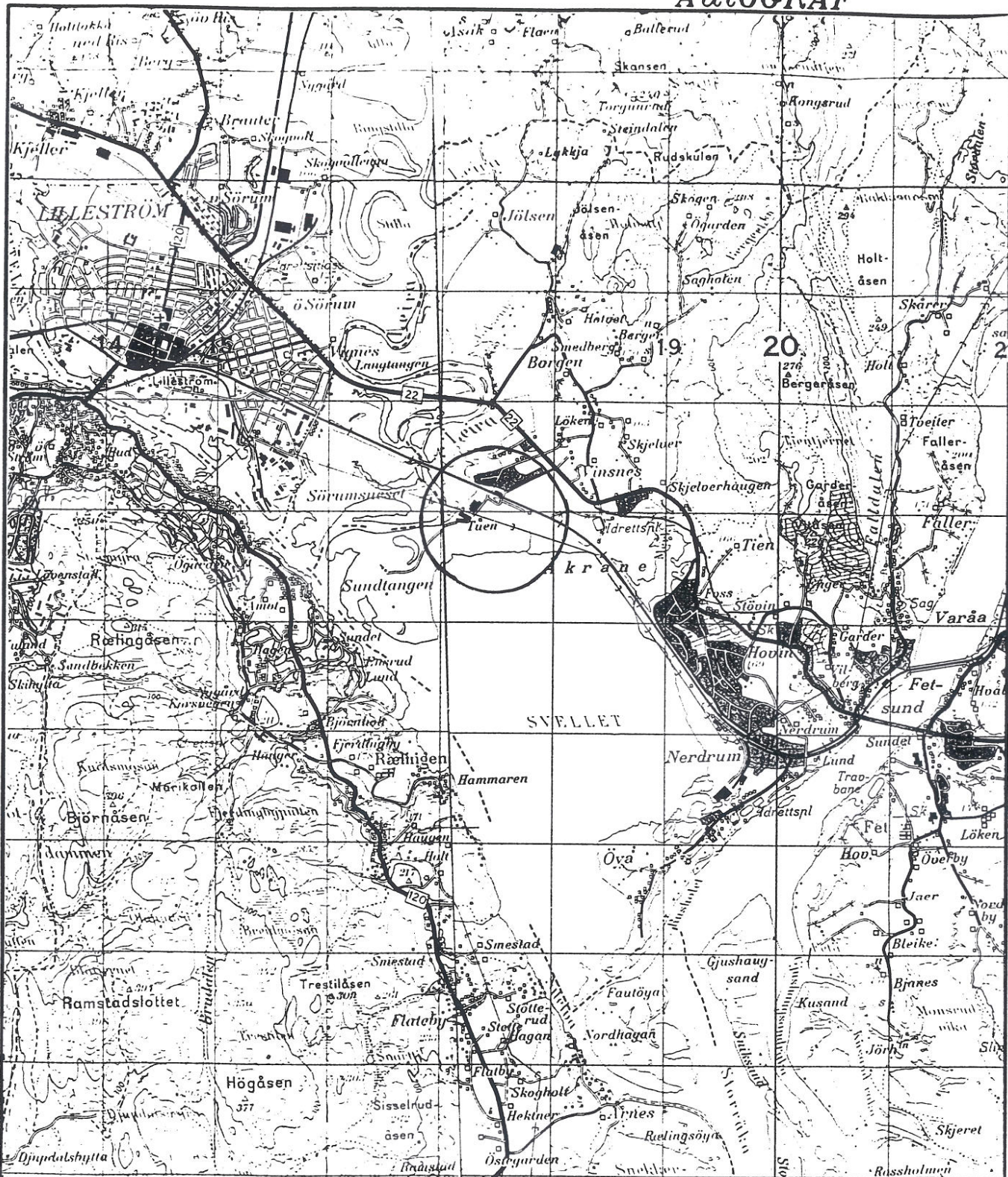
TELEFARLIGHET

bestemmes ut fra kornfordelingen eller ved å måle den kapillære stighøyde. Telefarligheten graderes i gruppene T1 (ikke telefarlig), T2 (lite telefarlig), T3 (middels telefarlig) og T4 (meget telefarlig).

PERMEABILITETEN (k cm/s eller m/år)

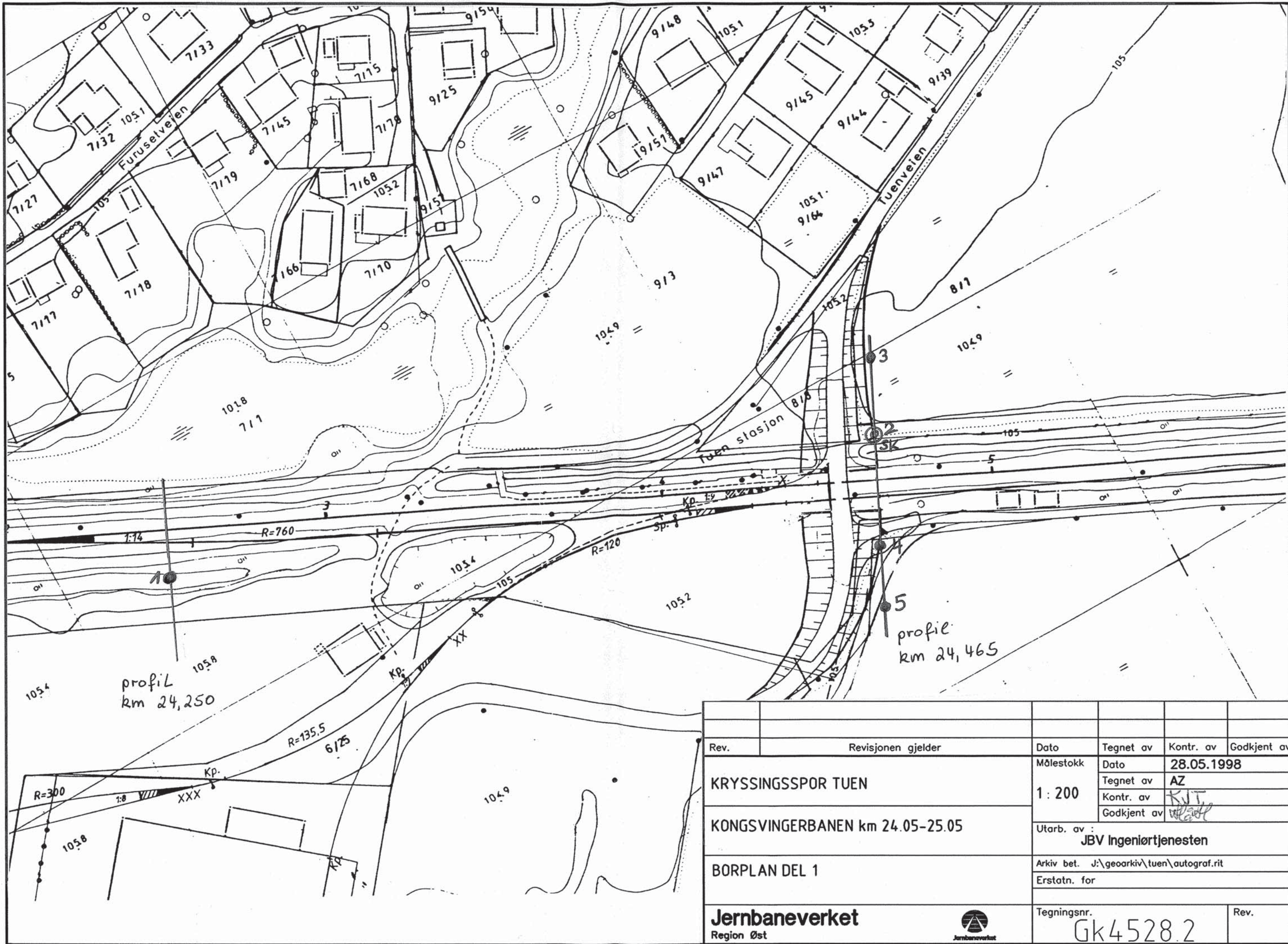
bestemmer den vannmengde q som vil strømme gjennom en jordart under gitte betingelser (betegnelsen "hydraulisk konduktivitet" benyttes også).

$$q = k i \quad \text{hvor} \quad A = \text{bruttoareal normalt strømrretningen} \\ i = \text{gradient i strømrretningen}$$



Rev.	Revisjonen gjelder	Dato	Tegnet av	Kontr. av	Godkjent av
KRYSSINGSSPOR TUEN	KONGSVINGERBANEN km 24.05-25.05	Målestokk	Dato	23.04.1998	
		1: 50 000	Tegnet av	AZ	
			Kontr. av		
OVERSIKTSPLAN		Godkjent av			
		Utarb. av : JBV Ingeniørtjenesten			
		Arkiv bet. J:\geoarkiv\tuen\autograf.rit			
		Erstatn. for			
Jernbaneverket Region Øst		Tegningsnr. Gk4528 1		Rev.	

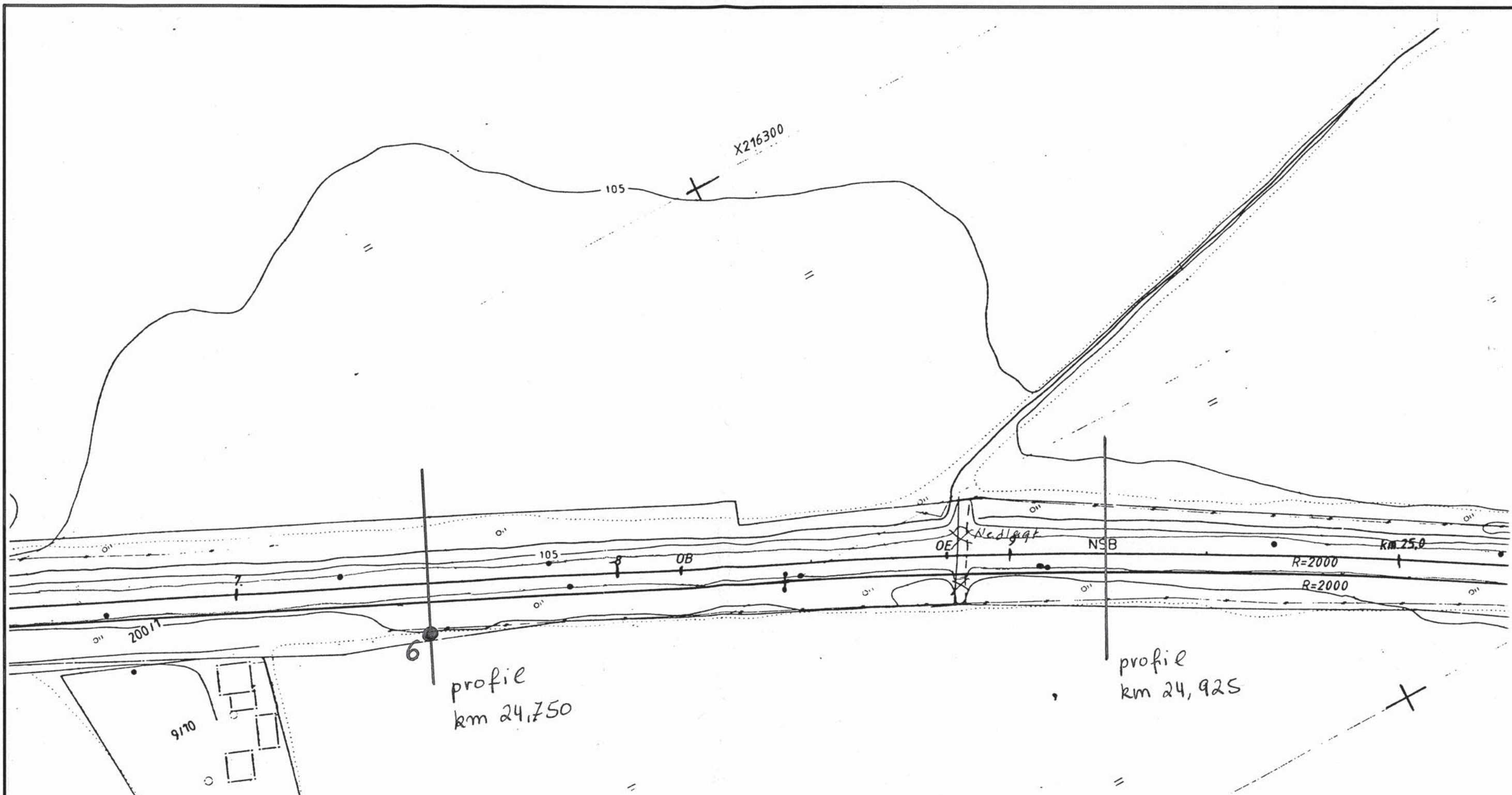




Rev.	Revisjonen gjelder	Dato	Tegnet av	Kontr. av	Godkjent av
	KRYSSINGSSPOR TUEN	Målestokk	Dato	28.05.1998	
	KONGSVINGERBANEN km 24.05-25.05	1 : 200	Tegnet av	AZ	
	BORPLAN DEL 1		Kontr. av	KJT	
			Godkjent av	[Signature]	
		Utarb. av :	JBV Ingeniørtjenesten		
		Arkiv bet.	J:\geoarkiv\tuen\autograf.rit		
		Erstatn. for			
		Tegningsnr.	Gk4528.2		Rev.

Jernbaneverket
Region Øst



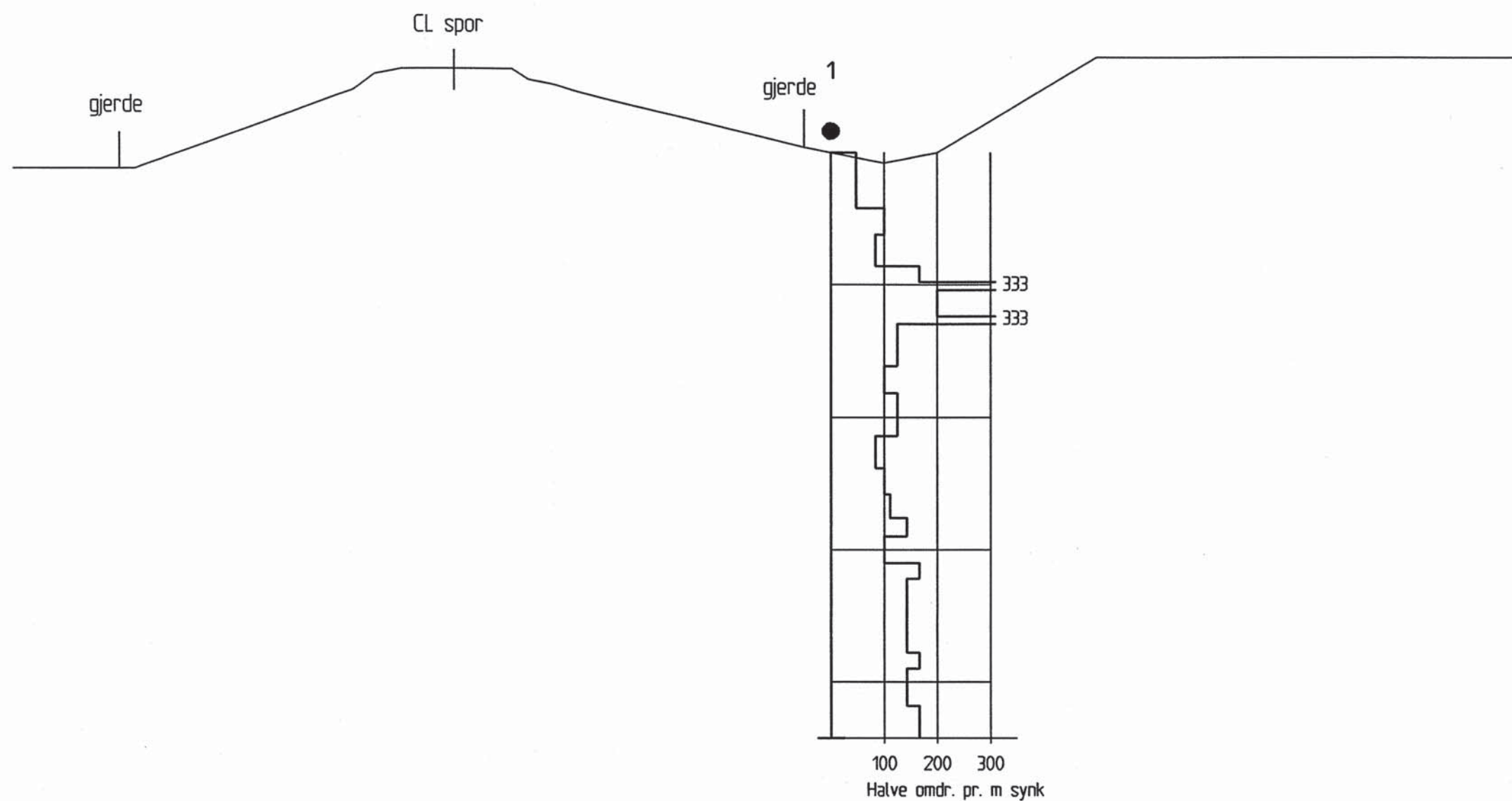


Rev.	Revisjonen gjelder	Dato	Tegnet av	Kontr. av	Godkjent av
		Målestokk	Dato	28.05.1998	
	KRYSSINGSSPOR TUEN	1 : 200	Tegnet av	AZ	
	KONGSVINGERBANEN km 24.05-25.05		Kontr. av	KJT	
			Godkjent av	[Signature]	
	BORPLAN DEL 2	Utarb. av :	JBV Ingeniørtjenesten		
		Arkiv bet.	J:\geoarkiv\tuen\autograf.rit		
		Erstatn. for			
	Jernbaneverket Region Øst	Tegningsnr.	Gk4528.3		Rev.

10/1

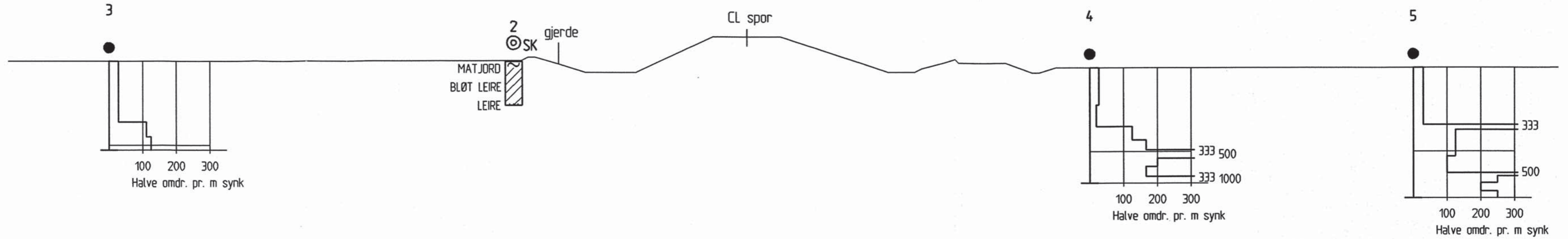
104.1

km 24,250

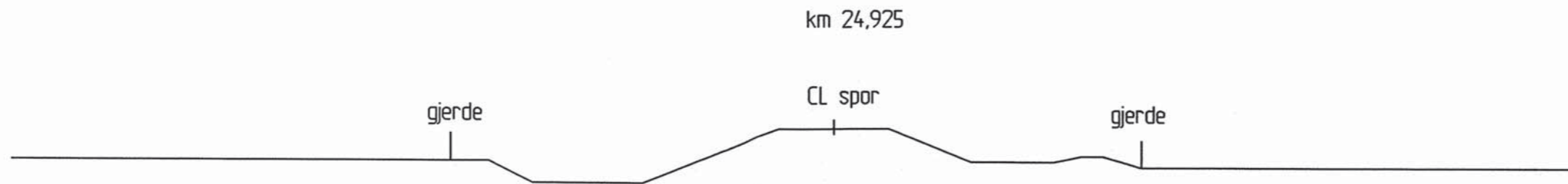
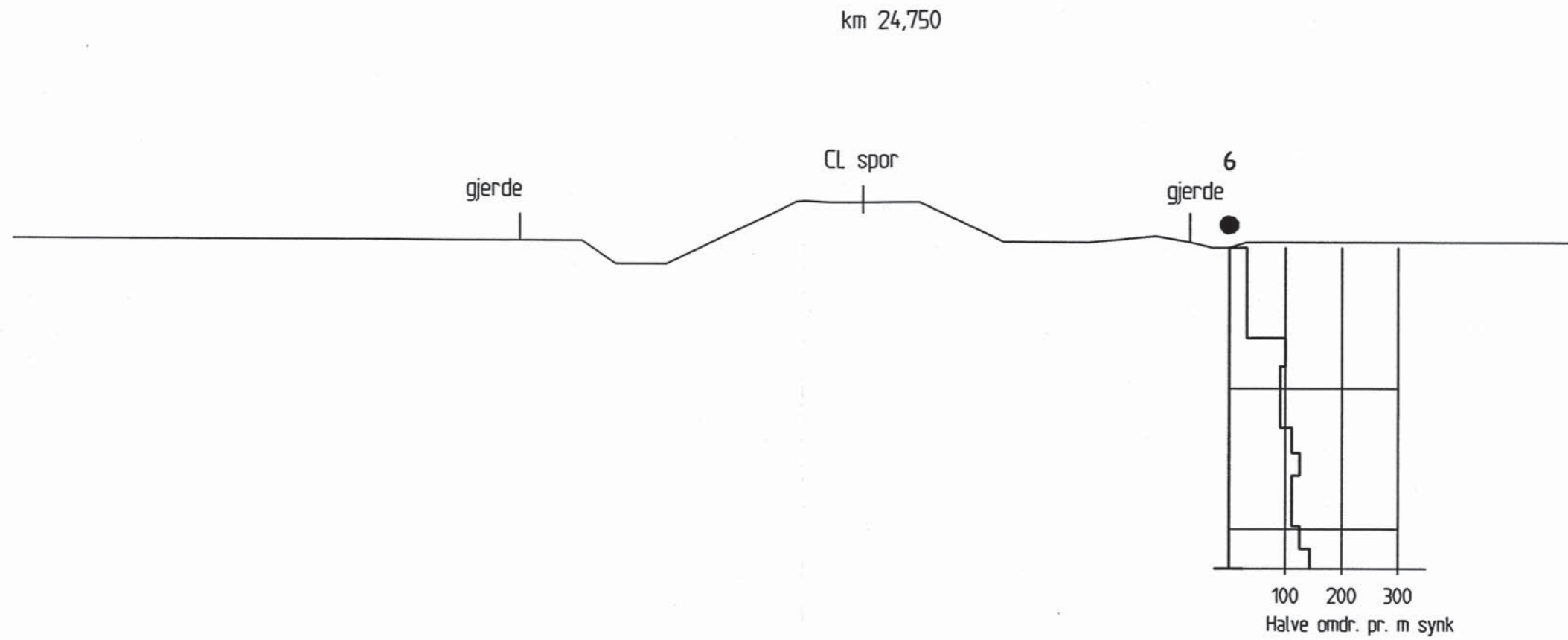


Rev.	Revisjonen gjelder	Dato	Tegnet av	Kontr. av	Godkjent av
KRYSSINGSSPOR TUEN		Målestokk	Dato	28.05.1998	
KONGSVINGERBANEN km 24.05-25.05		1 : 200	Tegnet av	AZ	
PROFIL KM 24,250			Kontr. av	KJT	
BORING NR.1			Godkjent av	KJT	
Jernbaneverket		Utarb. av :		JBV Ingeniørtjenesten	
Region Øst		Arkiv bet. J:\geoarkiv\tuen\autograf.rit			
		Erstatn. for			
		Tegningsnr.		Rev.	
		Gk4528.4			

km 24,465



Rev.	Revisjonen gjelder	Dato	Tegnet av	Kontr. av	Godkjent av
		Målestokk	Dato	28.05.1998	
	KRYSSINGSSPOR TUEN	1 : 200	Tegnet av	AZ	
	KONGSVINGERBANEN km 24.05-25.05		Kontr. av	[Signature]	
			Godkjent av	[Signature]	
	PROFIL KM 24,465	Utarb. av :	JBV Ingeniørtjenesten		
	BORINGER NR. 2, 3, 4, 5	Arkiv bet. J:\gearkiv\tuen\autograf.rit			
		Erstatn. for			
	Jernbaneverket Region Øst	Tegningsnr.	Gk4528.5	Rev.	



Rev.	Revisjonen gjelder	Dato	Tegnet av	Kontr. av	Godkjent av
KRYSSINGSSPOR TUEN		Målestokk	Dato	28.05.1998	
KONGSVINGERBANEN km 24.05-25.05		1 : 200	Tegnet av	AZ	
PROFILER KM 24,750 OG KM 24,925 BORING NR. 6			Kontr. av	KJT	
Jernbaneverket Region Øst			Godkjent av	[Signature]	
		Utarb. av :	JBV Ingeniørtjenesten		
		Arkiv bet.	J:\geoarkiv\tuen\autograf.rit		
		Erstatn. for			
		Tegningsnr.	Gk4528.6		Rev.