

**NOTEBY**

NORSK TEKNISK  
BYGGEKONTROLL A.S



RÅDGIVENDE INGENIØRER - MNIF, MRIF  
GEOTEKNIKK, INGENIØRGEOLOGI, GEOFYSIKK  
BETONGTEKNOLOGI, MATERIALKONTROL

0.50 C  
7

1 3 4 8 7

HALDEN KOMMUNE

KLOAKKLEDNING REMMEN - ODDE BRO

---

GEOTEKNISK VURDERING AV GRAVEARBEIDER

29 januar 1975

Innhold:

A. INNLEDNING	Side 3
B. UNDERSØKELSER	" 3
C. GRUNNFORHOLD	" 3
D. SJAKTINGSARBEIDER	" 4
1. Vernetiltak	" 4
2. Dalsidenes stabilitet	" 4
3. Grøftens stabilitet	" 5
4. Vannulemper	" 6
5. De enkelte seksjoner	" 6
E. SLUTTBEMERKNING	" 10

Tegninger:

13487-0	Oversiktskart	
-1	Situasjonsplan med beskrivelse av grunnforhold	(løs i lomme)
4000-2	Geoteknisk bilag	

Overingeniør: T. Brænd /R

### A. INNLEDNING

Halden kommune skal legge en kloakkledning i en tracé langs Remmenbekken fra Remmen bro til Odde bro hvorfra det fortsetter to ledningsgrener videre nordover, en vel 600 m lang gren langs Remmenbekken og en 240 m lang gren langs en sidebekk.

Det er kjent at grunnforholdene i dette området stedvis er dårlige. Den tekniske etat i Halden kommune har derfor bedt vårt firma foreta en geoteknisk vurdering av de planlagte ledningsarbeider.

### B. UNDERSØKELSER

Vi har foretatt en befarings langs tracéen og inspisert grunnforholdene i 8 sjakter som ble gravd til 1.6 - 3.3 m dypde. Med inspeksjonsvingebor ble det i grøftesidene gjort orienterende skjærfasthetsmålinger i leir-massene. Vi har videre vurdert resultatene av de boringene som Veglaboratoriet har utført i forbindelse med stabilitetsundersøkelser for Rødsveien og som vårt firma har utført for Halden Lærerskole. De boringer fra tidligere undersøkelser som er av interesse for dette prosjekt består av 3 vingeboringer og en rekke dreiesonderinger.

### C. GRUNNFORHOLD

På situasjonsplanen, tegning nr. 13487-1, er vist beliggenheten av prøve-sjaktene samt boringer utført nær ved tracéen ved tidligere undersøkelser. En beskrivelse av grunnforholdene er også gitt på situasjonsplanen utenfor de enkelte sjaktene. Ved de aktuelle vingeboringer er vist resultatene av skjærfasthetsmålingene.

For nærmere orientering om jordartsklassifisering og geoteknisk terminologi vises til geoteknisk bilag, tegning nr. 4000-2.

Grunnforholdene langs tracéen karakteriseres i hovedtrekkene av en øvre 1.3 til 2.6 m tykk avsetning av friksjonsmasser over leire. Friksjonsmassene består av siltig finsand, grovsilt og i mindre utstrekning også av leirholdig silt. I to av sjaktene, hvor grunnvannet sto høyere enn leirlaget, fløt silt og sand inn i sjakten etterhvert som gravemaskinen tok ut masser.

Leiren er i den søndre del av tracéen fast til middels fast. I midtre del og langs østre gren ovenfor Odde bro er leiren meget bløt og kvikk. Det er her målt skjærfastheter såvidt lave som  $1.6 \text{ t/m}^2$ . Langs vestre gren nord for Odde bro er leiren middels fast og sensitiv.

Grunnforholdene langs de enkelte seksjoner av ledningstracéen er beskrevet mer i detalj i avsnitt D, punkt 5, nedenfor.

#### D. SJAKTINGSARBEIDER

Leggingen av kloakkledningen medfører graving for grøfter og kummer til 1.2 - 3.5 m dybde. Den midlere gravedybde er av størrelsen 2 - 2.5 m.

Variierende grunnforhold og topografi medfører at fremdriftsmetoder såvel som nødvendige sikringstiltak vil variere langs tracéen. Nedenfor er omtalt forskjellige forhold som innvirker på ledningsarbeidene, og det er gitt en generell vurdering av alternative utførelser av gravearbeidene. Mer detaljerte retningslinjer for arbeidene er gitt for de enkelte seksjoner i punkt 5.

1. Vernetiltak. For å sikre arbeidsfolkene ved arbeider nede i grøften forutsettes at arbeidene utføres i samsvar med Rundskriv nr. 151, "Retningslinjer for graving og avstivning av grøfter m.v." fra Direktoratet for Arbeidstilsyn. Her fremholdes bl.a. at utgravinger på over 2 m med loddrette sider alltid skal avstives.

2. Dalsidenes stabilitet. Vi har ikke sett det som vår oppgave å vurdere dalsidenes langtidstabilitet og er ikke kjent med konklusjonen på Veglaboratoriets stabilitetsundersøkelser. I søndre del av tracéen står dalsiden på østsiden av elven steilt og med største høyder opptil 18 m. Dette området mellom kum R og B 1, indikerer Veglaboratoriets undersøkelser åvel som inspeksjonssjakt nr. I relativt fast grunn. Det er ikke usannsynlig at en utglidning har funnet sted mellom kum A og B 1 lang tid tilbake. Videre ordover til kum D slaker dalsiden noe ut samtidig som høyden avtar. Da det er påvist bløt og sensitiv til kvikk leire antas dette partiet å være et område langs tracéen som har dårligst stabilitet.

Mellom kum D og Odde bro er det også påvist meget bløt kvikkleire, men på nordsiden av bekken hvor ledningen kommer er terrenget ganske slakt.

Østre ledningsgren ovenfor Odde bro, mellom kum H og S, kutter for en stor del over det flate partiet hvor bekken har meandret. Dalsidenes høyde er her av størrelse 10 m.

Langs vestre ledningsgren, mellom kum H og N, er dalsiden opptil 18 m høy. Dalsiden er imidlertid relativt slak. Leiren som ble observert i de ca. 2.7 m dype sjaktene var middels fast og sensitiv, men ikke kvikk. Det er sannsynlig at det på større dyp er noe bløtere leire.

Med størst gravedybder i det alt vesentlige mindre enn 3 m vil gravearbeidene bety et relativt beskjedent inngrep i de eksisterende stabilitetsforhold. Det er imidlertid vanskelig tallmessig å angi hvor meget stabiliteten forverres på grunn av gravearbeidene. Vi finner at nødvendig og tilstrekkelig tiltak med hensyn på dalsidenes stabilitet i byggeperioden vil være å utføre ledningsarbeidene raskt og i korte seksjoner. Graving, rørlegging og tilbakefylling utføres fortløpende og uten opphold. Man må på de mest utsatte partier, f.eks. mellom kum C og D, ikke regne med større seksjonslengder enn ca. 10 m.

3. Grøftens stabilitet. Ved graving over grunnvannstanden i sand og silt vil skråninger på 1:1½ være stabile. I leire bør ikke grøftesidene være brattere enn 1:1.

Ved dype utgravinger i bløte masser kan grøften sikres ved spunting og avstivning. Vanligvis vil det imidlertid være mer økonomisk å grave med så slake skråninger at spunting og avstivning unngås. I de bløtteste leirene som er observert langs tracéen kan det graves inntil 3.0 m dybde med en rimelig sikkerhet mot glidning eller bunn-oppressing. Selv ved graving mellom avstivede spuntvegger er det ved gravedybder utover 3.5 m fare for bunn-oppressing i de bløtteste leirene. Dersom det skal graves til større dybder i de bløtteste leirene må terrenget på begge sider av grøften avgraves.

Risfaren i grøftene kan reduseres ved at arbeidene utføres seksjonsvis slik at grøftene blir stående åpne kortest mulig tid. Gravemassene må legges i en avstand fra topp av graveskråning minst tilsvarende 1.5 ganger dybden av grøftene.

4. Vannulemper. Ved graving under grunnvannstanden vil silt og finsand flyte inn i grøften. Dette vil kunne bli det største problemet ved de planlagte ledningsarbeider. Den beste løsningen synes å være graving mellom tette, godt avstivede spuntvegger som rammes ned i leiren. Det kan benyttes trespunt, min. 2", med not og fjær. Alternativt kan benyttes lett stålspunt som trekkes og brukes om igjen. Før spuntingen bør terrenget avgraves for å redusere lengden av såvel som påkjenningsene på spuntten.

Høy grunnvannstand vil medføre at silt og finsand får dårlig bæreevne og spesielt hjulgående graveutstyr vil kunne få problemer med å ta seg frem. Beltegående maskiner vil være å foretrekke, og dersom man ikke kan dra nytte av telet mark vil det kunne vise seg nødvendig å legge ut kjørelemmer.

#### 5. De enkelte seksjoner

##### Seksjon R-A

Lengde: ca. 130 m.

Største gravedybde: ca. 2.0 m.

Grunnforhold: Antatt ca. 1.5 m med siltig finsand med enkelte steiner over fast til middels fast leire.

Arbeidene ventes ikke å ville medføre vesentlige problemer.

Grøften kan graves med skråninger 1:1½. Da grøften kutter inn i foten av en høy og bratt skråning, må arbeidene utføres raskt og uten opphold i seksjoner på ca. 20 m.

##### Seksjon A-B

Lengde: 25 m.

Største gravedybde: ca. 1.20 m.

Grunnforhold: Ved befaringen var området ikke tilgjengelig med gravemaskin. Grunnen antas å bestå av vel 1 m med friksjonsmasser over leire.

Selv om grunnvannstanden kan være høy ventes ikke vesentlige problemer da gravedybdene er meget beskjedne.

Seksjon B-C

Lengde: 133 m.

Største gravedybde: ca. 2.20 m.

Grunnforhold: Som for seksjon A-B.

Det kan her ventes problemer i forbindelse med høy grunnvannstand. Dersom vannstanden i bekken er lav, kan man prøve å drenere ut grunnvannet ved hjelp av grusfylte, korte grøfter på tvers av tracéen ut i bekken. Lykkes ikke dette, graves det mellom avstivede spuntvegger som rammes til en dybde under bunn av grøft minst lik grunnvannets høyde over grøftebunnen.

Seksjon C-D

Lengde: 174 m.

Største gravedybde: ca. 2.7 m. På grunn av skrånende terreng vil graveskråningene bli inntil 3.8 m høye.

Grunnforhold: Ved sjakt II i søndre ende er det siltig finsand til ca. 1.7 m dybde. Deretter følger et ca. 10 cm tykt lag med sand og grus over en bløt kvikkleire med skjærfasthet ca.  $1.8 \text{ t/m}^2$  i 2 m dybde. Grunnvannstanden sto 1.2 m under terreng. Ved graving under grunnvannstanden fløt finsanden inn i grøften. Ved sjakt III i nordre ende består grunnen av noe leirig silt til 1.6 m dybde. Derunder er det meget bløt, sensitiv til kvikk leire med skjærfasthet ca.  $1.6 \text{ t/m}^2$ . Formodentlig på grunn av leirinnholdet i siltavsetningene var det her ingen problemer med innflytning av masser.

Ved samme grunnvannshøyde som ved befaringen må gravingen for den søndre del av grøften utføres mellom godt avstivede spuntvegger for å hindre innflytning av silt og finsand. Terrengnet bør avgraves ca. 1 m før spunting og spunten rammes til ca. 0.5 m under grøftebunn.

Dersom grunnvannstanden viser seg å ha sunket vesentlig er det en viss mulighet for at grusfylte drenggrøfter ut mot bekken kan holde grunnvannet under kontroll slik at sandflytning og dermed også spunting kan unngås. I så fall graves med skråninger  $1\frac{1}{2}$ .

Dalsiden antas å ha dårlig stabilitet på denne strekningen og det er viktig at arbeidene utføres meget raskt og i seksjoner ikke over 10 - 15 m.

Seksjon D-E-F

Lengde: 160 m.

Største gravedybde: ca. 2.7 m.

Grunnforhold: Ca. 1.6 m med siltig finsand og leirig silt over meget bløt kvikkleire med laveste skjærfasthet på ca.  $1.6 \text{ t/m}^2$ .

Nærmest kum D hvor gravedybdene er størst bør terrenget avlastes ca. 1.0 m før grøften graves. I friksjonsmassene graves med skråning  $1:1\frac{1}{2}$  og i leiren ca. 1:1. Her, som alltid når man graver i kvikkleire, er det viktig at man er aktpågiven og utfører arbeidet raskt.

Seksjon F-G-H

Lengde: 115 m.

Største gravedybde: Ca. 2.5 m, største høyde på graveskråninger ca. 3.5 m.

Grunnforhold: Ved sjakt V består grunnen av 2.6 m silt og finsand over sensitiv til kvikk leire. Over leirlaget er det et tynt lag med vannførende grus.

Det vannførende gruslaget i sjakt V ligger dypere enn bunn av grøften. Eventuelle vannproblemer på denne seksjonen ventes ikke å ville bli verre enn at de kan takles ved hjelp av et par pumper.

Det graves med skråninger  $1:1\frac{1}{2}$ . Den høye graveskråningen mot veien ved kum G må vises oppmerksomhet. Det forutsettes rask sjakting, nedsetting og tilbakefylling for kum G.

Seksjon H-J-K

Lengde: 200 m.

Største gravedybde: ca. 2.4 m.

Grunnforhold: Ved befaringen var den bløte, opp-pløyde marken i dette området ikke kjørbare med den hjulgående gravemaskinen. Grunnen i dette området antas å bestå av ca. 1.5 m med siltig finsand over bløt, sensitiv leire.

Graveskråninger på  $1:1\frac{1}{2}$  og ca. 15 m seksjoner antas å være tilstrekkelige forholdsregler til å få utført arbeidene uten store vansker.



Seksjon K-L-M-N

Lengde: ca. 407 m.

Største gravedybde. ca. 3.5 m.

Grunnforhold: Sjakten VI og VII viser et øvre 1.2 til 1.7 m tykt lag med finsandig silt over en middels fast, sensitiv leire.

Hvor gravedybden er mer enn ca. 2.5 m avgraves terrenget 1.0 m på begge sider av grøften. Deretter graves for grøften med skråninger 1:1½. Av hensyn til grøftens såvel som dalsidenes stabilitet bør ikke gravearbeidene utføres i seksjoner på mer enn 15 - 20 m.

Seksjon H-S

Lengde: ca. 240 m.

Største gravedybde: Ved kryssing av veien til Sollia, ca. 3.4 m.

Alternativ I (østre tracé), ca. 1.8 m. Alternativ II (vestre tracé), ca. 2.7 m. Ved kum T vil det bli en anslagsvis 4.5 m høy graveskråning.

Nordre del, kum Q til S, største gravedybde ca. 2.1 m.

Grunnforhold: Ved sjakt VIII besto grunnen av 1.3 m med løst lagret grovsilt over meget bløt, sensitiv til kvikk leire. Grunnvannstanden sto høyt og siltmasser fløt inn i grøften allerede ved gravedybder mindre enn 1 m. Gravemaskinen sank håpløst ned i den løse silten og det lot seg ikke gjøre å få gravd flere sjakter.

Ved kryssing av veien til Sollia bør veifyllingen avgraves ca. 1.5 m i 5 m bredde på begge sider av grøftens senterlinje. Fra dette nivå graves så mellom avstivede spuntvegger som rammes til 2.5 - 3.0 m dybde.

Gravearbeidene videre nordover ventes å ville bli problematiske medmindre gravemaskinen kan kjøre på frossen bakke. Dersom ikke grunnen fryser tilstrekkelig kan man benytte beltegående gravemaskin som kjører på lemmer. Gravingen for grøften utføres mellom tette, avstivede spuntvegger som rammes ned i leiren til ca. 0.5 m under bunn av grøften.

Mellom kum O og Q er det to alternative tracéer. Alternativ I går i bunn av bekkedalen, tvers over bekkens meandre. Alternativ II skjærer mer inn i dalsidene. Ved alternativ II vil antagelig gravemaskinen kunne kjøre på fastere grunn enn ved alternativ I. På den annen side medfører denne tracéen vesentlig større gravedybder. For alternativ I regner vi med at det må spuntes for å hindre innflyting av silt og finsand. For alternativ II bør det spuntes for å hindre innflyting av silt og finsand. For alternativ II bør det spuntes for å sikre dalsidens stabilitet og

formodentlig også for å unngå innflyting av masser. Vi finner derfor at alternativ I fra et geoteknisk synspunkt er den gunstigste tracé.

#### E. SLUTTBEMERKNING

Den planlagte kloakkledning langs Remmenbekken går gjennom et område hvor det er påvist bløt kvikkleire såvel som silt og finsand som flyter ved graving under grunnvannstanden. I den foreliggende rapport er beskrevet grunnforholdene langs tracéen og de problemer som kan ventes i forbindelse med gravearbeidene. Det er videre gitt retningslinjer for utførelsen av arbeidene. Man må imidlertid regne med å måtte tilpasse og forandre fremdriftsmåten etterhvert som man under arbeidets gang vinner erfaringer.

NOTEBY  
NORSK TEKNISK BYGGEKONTROLL A.S

*T. Brønd*  
T. Brønd

ANG.: GEOTEKNISKE DEFINISJONER, LABORATORIEUNDERSØKELSER AV PRØVER

JORDARTER

MINERALISKE JORDARTER klassifiseres på grunnlag av korngraderingen. Betegnelsen på de enkelte fraksjoner er:

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

En jordart inneholder 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 kan angis i beskrivelsen (eksempel: grusig morene, moreneleire).

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

Torv	består av omdannede rester av myrplanter
Gytje	består av omdannede vannavsatte plante- og dyrerester
Mold	sterkt omdannet organisk materiale med løs struktur
Matjord	det øvre sammenfiltrede humuslag, som skarpt skiller seg fra mineraljorden

LABORATORIEUNDERSØKELSER. GEOTEKNISKE PARAMETRE

For nærmere undersøkelse av grunnens geotekniske egenskaper foretas laboratorieundersøkelser av opptatte prøver, og derved bestemmes forskjellige geotekniske parametre. Omfanget av slike undersøkelser avhenger av undersøkelsens art og den geotekniske problemstilling.

De viktigste geotekniske undersøkelser/parametre er:

**SKJÆRFASHTHET** ( $S_u$ ,  $r_f$ )  
(udrenert skjærfasthet) bestemmes ved trykkforsøk og konusforsøk på uforstyrrede prøver i laboratoriet eller vingebor in situ. Skjærfastheten av leire er ikke entydig, den vil variere med retning, målehastighet og andre forhold.

**SKJÆRFASHTHETSPARAMETRE**

Kohesjon  $c$  (eller attraksjon  $a$ ) og friksjonsvinkel  $\phi$  angir variasjonen av skjærfasthet med effektivt korntrykk (totaltrykk minus poretrykk). Verdiene bestemmes ved triaksiale trykkforsøk eller skjærforsøk med poretrykksmåling.

**SENSITIVITET** ( $S$ )

er forholdet mellom en leires udrenerte skjærfasthet i uforstyrret og i omrørt tilstand, som bestemt ved konusforsøk. Sensitiviteten varierer vanligvis ved norske leirer mellom verdier på ca. 3 til verdier større enn 100. Leire som blir flytende i omrørt tilstand betegnes kvikkleire.

**VANNINNHold** ( $w$ )

angir vekten av vann i % av vekten av fast stoff i prøven og bestemmes ved tørking ved 110°C.

77.

DATO

Jan. 1974

SAK NR.

4000

TEGN. NR.

2

REV.

ANG.:

**GEOTEKNISKE DEFINISJONER, LABORATORIEUNDERSØKELSER AV PRØVER**

**FLYTEGRENSE ( $w_L$ )** (eller finhetstall  $w_F$ ) og **UTRULLINGSGRENSE ( $w_p$ )** (Atterbergs grenser) er det vanninnhold hvor en omrørt leire går over fra plastisk til flytende konsistens, henholdsvis fra plastisk til smuldrende konsistens.

**PORØSITET ( $n$ )**

er volumet av porene i % av totalvolumet av prøven.

**ROMVEKT ( $\gamma$ )**

er vekten pr. volumenhet av prøven. Romvekt, vanninnhold og porøsitet er sammenhengende verdier ved vannfylte porer.

**TØRR ROMVEKT ( $\gamma_D$ )**

er vekten av tørrstoffet pr. volumenhet.

**KOMPRIMERINGSEGENSKAPER**

for en jordart undersøkes ved pakkingsforsøk (Proctor-forsøk). Prøver med forskjellig vanninnhold komprimeres med et bestemt komprimeringsarbeid. Resultatene fremstilles i et diagram som viser tørr romvekt som funksjon av vanninnhold. Den maksimale tørre romvekt som oppnås benyttes ved definisjon av krav til utførelsen av komprimeringsarbeider.

**CBR (CALIFORNIA BEARING RATIO)**

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

**HUMUSINNHold ( $O_{na}$ )**

bestemmes ved en kolorimetrisk natriumlutmetode og angir innholdet av humufisert organiske bestanddeler i en relativ skala.

**KOMPRESSIBILITET**

måles ved ødometerforsøk (eller ødo-triakslial forsøk). En prøve påføres belastning trinnvis og for hvert trinn måles sammentrykningen etter bestemte tidsintervaller. Av forsøket beregnes parametre som uttrykker materialets motstand mot sammenpresning og tilhørende tidsfunksjon, parametre som må kjennes for setningsberegninger.

**KORNFORDELINGSANALYSE**

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

**TELEFARLIGHET**

bestemmes ut fra kornfordelingen eller ved å måle den kapillære stighøyde i et kapillarimeter. Telefarligheten graderes i gruppene T 1 (ikke telefarlig), T 2 (lite telefarlig), T 3 (middels telefarlig) og T 4 (meget telefarlig).

**PERMEABILITETSKOEFFISIENTEN ( $k$ )**

uttrykker strømningshastigheten for vann gjennom materialet under en hydraulisk gradient på 1. I leire er  $k = 10^{-6} - 10^{-9}$  cm/sek. og i sand og grus er  $k = 10^{-1} - 10^{-3}$  cm/sek.

Beregningsarbeidet som laboratorieundersøkelsene nødvendigjør utføres hovedsakelig ved hjelp av programmer vi har utviklet for en bord-regnemaskin med plotterbord.

7.7.

DATE

Jan. 1974

MÅL

SAK NR.

4000

TEGN. NR.

2

REV.



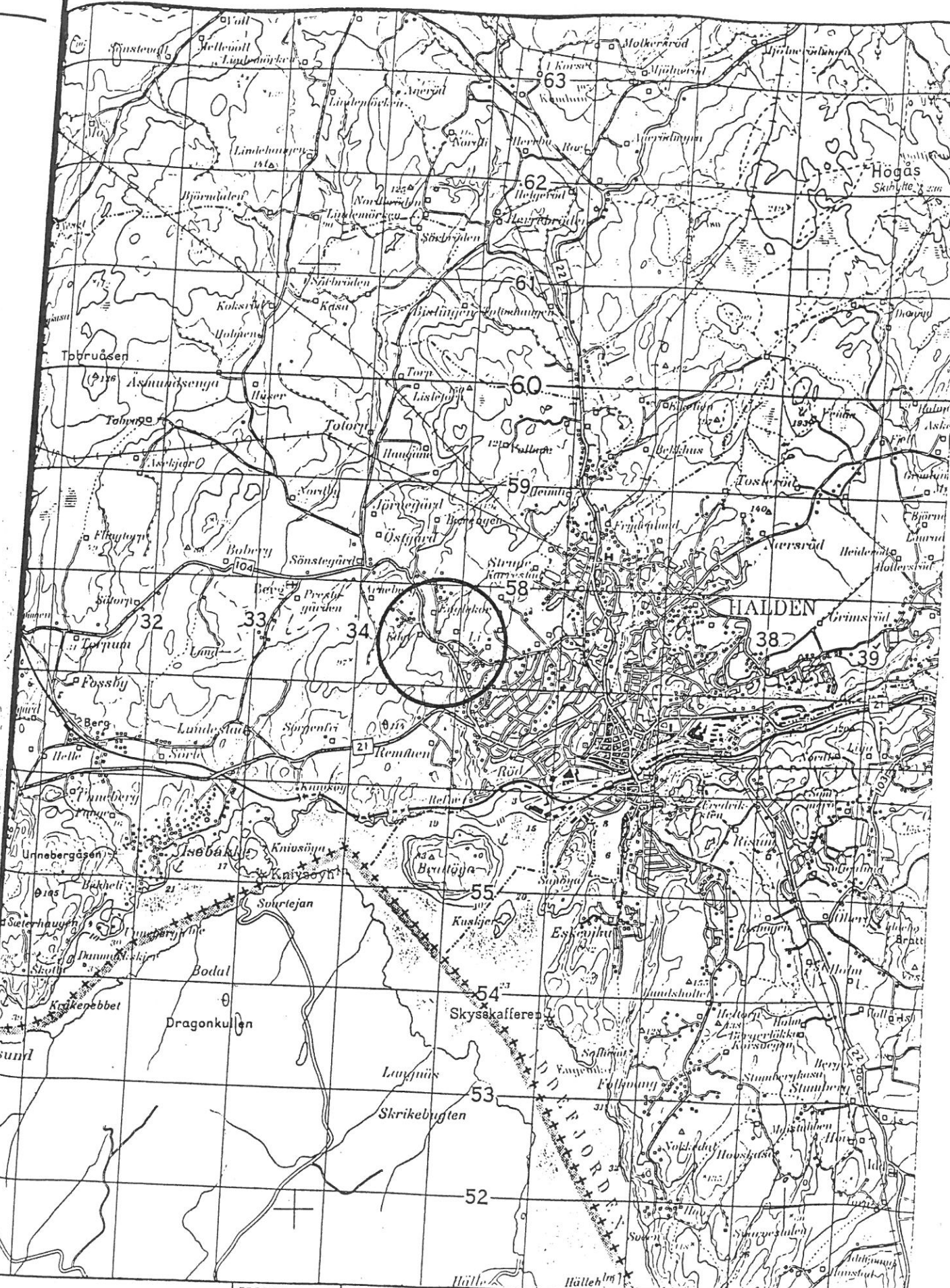
DE:

2  
av 2)

**NUTEBY**  
NORSK TEKNISK  
BYGGEKONTROLL A.S

HALDEN KOMMUNE  
KLOAKKLEDNING I REMMENDALEN

### OVERSIKTSKART



ed  
n  
  
st-  
nd  
  
er  
mes  
ta-  
  
sk

REV.	TEGNET EU	DATO 30.1.75	MAL	SAK NR. 13487	TEGN. NR. 0	REV.
------	--------------	-----------------	-----	------------------	----------------	------