NV, D3.4

Tilhører Undergrunnskartverket
Må ikke fjernes

NV, D4

OSLO KOMMUNE

GEOTEKNISK KONTOR

OSLO KOMMUNE
Geoteknisk kontor
KINGOS GT. 22, OSLO 4
Telf. 35 59 60

RAPPORT OVER:

KLOAKKTUNNEL LYSAKER-MAJORSTUA

R-1065-21 7. mai 1982.

Del 21: Geoteknisk undersøkelse ved Gråbrødreveien.

INNHOLDSFORTEGNELSE: Side

BILAGSFORTEGNELSE 0
SAMMENDRAG 1
INNLEDNING 3
GRUNNFORHOLD 4
MÅLERESULTATER 4
Poretrykk, horisontaldeformasjoner og setninger på hus 4
Området nærmest tunnelen 5
Området nord-vest for Gråbrødrevn. 3 6
Området syd for Gråbrødrevn. 15 8
Horisontaldeformasjoner 9
FREMTIDIGE SETNINGER 9
Grunnlag for beregninger 9
Området nærmest tunnelen 10
Områdene nord-vest for Gråbrødrevn. 3 og syd for Gråbrødrevn. 15 12
SETNINGSSKADER 12
UTBEDRING AV SETNINGSSKADER 13

Bilag 0: Beskrivelse av bormetoder og laboratorieundersøkelser
" 102: Setningsmålinger, Ullernchausséen 59
" 103: " " , " " 63
" 104: " " , " " 65
" 105: " " , Th. Kittelsens vei 7
" 106: " " , " " " 14 og 16
" 107: " " , Gråbrødreveien 3
" 108: " " , " 5
" 109: " " , " 7 og 9
" 110: " " , " 11 og 13
" 111: " " , " 15
" 112: " " , " 30
" 113: " " , St. Georgs vei 6
" 114: " " , " 20
" 115: " " , " 22
" 116: Poretrykksmålinger, Pz12 A og B Gråbrødrevn. 32
" 117: " " , " 13 A,B,C,D og E Gråbrødrevn. 7
" 118: " " , " 14 og 22 St. Georgs vei 20 og 9
" 119: " " , " 18 A og B Th. Kittelsens vei 14 og 16
" 120: " " , " 19 og 20 Gråbrødrevn. 1 og 3
" 121: " " , " 21 A,B og C Gråbrødrevn. 9
" 122: Resultater fra helningsmålinger
" 123: Profil langs tunneltraséen v/Gråbrødrevn.
" 124: Oversikt over nedsatte instrumenter
" 125: Oversikt over løsmassemektighet
" 126: Spenningsdiagram
" 127: Setningskurver (lineær skala)
" 128: " " (log-skala)
" 129: Setningsmålinger, oversikt

SAMMENDRAG

Hovedkloakktunnelen fra Majorstua til Lysaker passerer under Gråbrødreveien på Nedre Ullern. Det er her lokalt registrert store poretrykkfall og betydelige terrengsetninger som har ført til setninger og skjevsetninger på flere hus.

Dybdene til fjell i området er registrert til maksimalt 25 m og løsmassene består, under noen meter tørrskorpe og fast leire, hovedsakelig av kvikkleire som er konsentrert i en 30-40 m bred dyprenne langs Gråbrødreveien.

I foreliggende rapport er det redegjort for resultater fra måleprogram av både nyere og eldre dato.

Ved gjennomgang av resultatene har vi funnet det hensiktsmessig å dele det aktuelle området inn i mindre områder. Et område nærmest tunnelen omfatter Gråbrødreveien 3, 5, 7, 9, 11, 13 og 15 som alle ligger i ovennevnte dyprenne. De to øvrige områder ligger h.h. vis nord-vest for Gråbrødrevn. 3 og syd for Gråbrødrevn. 15.

Alle måleresultater både for setninger og poretrykk er medtatt i rapporten. Bilag 129 er et sammendrag av setningsmålingene.

I området nærmest tunnelen er antakelig poretrykket helt borte nærmest fjellet i størstedelen av området.
I dette området er det registrert setninger på opptil 46 cm som følge av drenasje til tunnelen. I rapporten er det redegjort for setningsutviklingen for hvert enkelt hus i området.

Også utenfor områdene nærmest tunnelen er det registrert noe poretrykkfall og setninger som kan tilskrives tunnelen. Påvirkningen fra tunnelen avtar imidlertid raskt utenfor området nærmest tunnelen. De fleste målinger i disse områdene ble igangsatt først i løpet av siste år. Vi har derfor ikke kunnet trekke generelle og bastante konklusjoner når det gjelder evt. drenasje til tunnelen i disse områdene.

I et eget avsnitt om setningsskader er setningenes størrelse klassifisert ut fra skjevsetninger og de helninger dette har medført. Bare ett hus i området nærmest tunnelen, nemlig Gråbrødreveien 3, har fått en helning (8 %) som overskrider den empiriske grense som tilsier store sprekkskader.

Dels ut fra teoretiske beregninger og dels ut fra ekstrapolasjon av måleresultatene må en påregne relativt betydelige setninger også i årene framover. Fram til år 2000 forventes setningene å øke med 30-35 % og fram til år 2020 med 35-45 % i forhold til dagens setninger.

I rapportens siste del har vi gått gjennom prinsipper for utbedring av skader og tiltak for å forhindre framtidige skader. Det er ikke foretatt bygningsmessig registrering av skader og beregning av kostnader til utbedring. Heller ikke er juridiske spørsmål og spørsmål vedr. erstatningsform vurdert. Dette må foretas i forbindelse med de forestående konkrete utbedringstiltak for hus i området nærmest tunnelen. For disse husene synes det mest nærliggende å foreta utbedring av skader, evt. med oppretting der helninger må skape større ulemper. Dernest å være forberedt på å utføre senere vedlikehold 1-2 ganger for å ta hånd om evt. skader p.g.a. framtidige setninger.

Geoteknisk kontor

O. Tokheim

/ A. Robsrud

INNLEDNING

I henhold til rekvisisjon nr. 3118-B av 2. feb. 1982 fra Oslo vann- og kloakkvesen har geoteknisk kontor foretatt geotekniske vurderinger vedr. setningsforhold ved Gråbrødreveien på Nedre Ullern.

Det er på et lokalt parti registrert stort poretrykksfall, store setninger av terreng og bygninger og betydelige skjevsetninger og skader på enkelte hus. Det har skjedd flere vannledningsbrudd, trolig på grunn av terrengsetningene. Hovedvannledningen som ligger der løsmassemektigheten er stor, setter seg sammen med terrenget, stikkledninger som krysser dyprennen, blir dermed utsatt for strekk.

Hovedkloakktunnelen til Asker krysser under Gråbrødreveien 7-9, og med en overdekning på ca 10 m fjell og ca 20 m løsmasser. Det er ingen tvil om at poretrykkfall og setninger nærmest krysningspunktet skyldes drenasje av grunnvannet til tunnelen.

Før tunnelarbeidene ble igangsatt var det utført betydelige geotekniske og geologiske undersøkelser langs tunneltraséen. Det henvises bl.a. til R-1065 del 1-8 fra 1971 til 1973. Det ble også satt i gang registrering av setninger og poretrykk flere steder i god tid før anleggsarbeidene.

I desember 1980 ble det igangsatt ytterligere en omfattende geoteknisk undersøkelse. Denne har munnet ut i en såkalt "datarapport", R-1065-20 av 27. mars 1981, som inneholder blant annet en grundig beskrivelse av grunnforholdene med opplysninger om dybder til fjell og løsmassenes art og beskaffenhet. Forøvrig ble det i forbindelse med nevnte undersøkelse installert en del nye poretrykksmålere, setningsmålere og inklinometerkanaler. Målinger på disse har nå pågått i ca. ett år. I foreliggende rapport inngår også måleresultater fra eldre måleprogram. Rapporten omfatter dermed resultater fra alle undersøkelser og målinger som er utført til nå.

Hensikten med foreliggende rapport er å belyse de inntrufne og pågående setninger for derved å kunne vurdere eventuelle hensiktsmessige utbedringstiltak for setningsskadede bygninger i området. Videre gir rapporten grunnlag for å vurdere størrelsen av fremtidige setninger på enkelte bygninger. Tiltak som kan stoppe eller redusere setningene er også angitt. Undersøkelsen har også tatt sikte på å klarlegge hvor stort område som er influert av drenasje til tunnelen.

Konkrete utbedringstiltak for setningsskadede hus vil avhenge av skadenes omfang og størrelsen på de fremtidige setningene. Foreligende rapport tar først og fremst sikte på å framskaffe et grunnlag for vurdering av konkrete tiltak. Utbedringstiltak er diskutert generelt, mens vi regner med at tiltak rettet mot de enkelte bygninger må bli tatt opp særskilt. I den sammenheng vil en bygningsmessig gjennomgang med registrering og vurdering av inntrufne skader stå sentralt.

GRUNNFORHOLD

Grunnforholdene er som allerede nevnt beskrevet i rapport R-1065-20, og omtales derfor her bare i grove trekk. Det henvises til bilag 125 som bl.a. inneholder dybdekart for løsmasser.

Dybden til fjell ved Gråbrødreveien varierer fra fjell i dagen til 24,9 m som største registrerte dybde. Fjellforløpet i området er meget kupert og stedvis meget steilt. Løsmassemektigheten er størst i en 30-40 m bred renne som løper i nord-vestlig retning og lengst i nord følger Gråbrødreveien. Lengst i nord, ved Ullernchausséen, og lengst i syd, ved Lilleakerbanen, utvider løsmasserennen seg til partier med jevnt stor dybde til fjell.

Løsmassene i nevnte renne er stort sett ensartede med ca 3 meter tørrskorpe over leire med fasthet varierende i området bløt til middels fast. Under ca 8 meters dybde finnes stort sett kvikk eller meget sensitiv leire.

MÅLERESULTATER

Portrykk, horisontaldeformasjoner og setninger på bygninger.

Ved vurdering av måleresultater og av setningsforhold finner vi det hensiktsmessig å dele området som kan være påvirket av tunnelen, inn i mindre områder med felles trekk. For det første kan det mest interessante området avgrenses til dyprennen som er inntegnet på bilag 1, og til steder hvor det er mer enn 5-10 m løsmasser over fjell. Der hvor det er mindre dybder antas massene å være mindre utsatt for drenasje, samtidig som toppmassene er fastere og mindre setningsømfintlige.

I beskrivelsen inngår området nærmest tunnelen, avgrenset av Gråbrødrevn. 3 i nord og Gråbrødrevn. 15 i syd. Tunnelen passerer midt under dette området som naturlig nok er sterkest berørt.

I området nordvest for Gråbrødrevn. 3 er drensvirkningen liten og avtar i større avstand fra tunnelen. Det samme kan sies om området syd for Gråbrødrevn. 15.

Alle setningsmålinger på bygninger er utført av Nerdrums Oppmåling, horisontaldeformasjoner i inklinometerkanaler er målt av Norges Geotekniske Institutt, og alle andre målinger er utført av geoteknisk kontor.

Der hvor det har påløpt setninger av betydning har disse påløpt meget ujevnt. I en toårsperiode fra mars 1978 til mai 1980 har det f.eks. for en rekke boliger overhodet ikke vært registrert bevegelse til tross for hyppige målinger. Se f.eks. bilag 108 (Gråbrødreveien 5). Både før og etter nevnte tidsrom har det

imidlertid vært registrert betydelige setninger. Vi har ikke kunnet finne noen rimelig forklaring på at setninger kan påløpe så ujevnt. Heller ikke de omfattende undersøkelsene siste år, samt det utvidete måleprogrammet, har kunnet forklare de tidligere måleresultatene. Fra ultimo 1980 har setningene påløpt relativt jevnt og med moderat hastighet. Det er nærliggende å tenke seg muligheten av at det kan ha forekommet feil ved tidligere målinger, spesielt i nevnte periode fra 1978 til 1980. Det aktuelle oppmålingsfirmaet har imidlertid avvist en slik mulighet.

En samlet oversikt over setninger, skjevsetninger og setningshastighet siste år er gitt i bilag 129.

Området nærmest tunnelen, strekker seg fra og med Gråbrødreveien 3 til og med Gråbrødreveien 15. Her er poretrykket praktisk talt borte ved fjell. Høyere oppe i leirmassene er poretrykket også redusert, og viser en langsomt fallende tendens. På bilag 116, 117 og 121 er poretrykkmålinger for Pz 12, 13 og 21 fremstilt. Som der fremgår av bilag 117 er poretrykket i Pz 13 målt siden 1973, og man ser at poretrykket falt ca. 14 t/m2 ved fjell i løpet av et par dager i august 1975. Dette skjedde da tunnelen ble drevet under dette området.

På 3 av de i alt 5 bygningene i området er det foretatt nivellement helt tilbake fra 1973. Største målte setning pr. januar 1982 er ca. 46 cm (Gråbrødrevn. 5), mens største setning på Gråbrødrevn. 15 bare er ca. 13 cm. Størst setning i løpet av siste år er også registrert ved Gråbrødrevn. 5, i størrelse 2-3 cm. Største skjevsetning, dvs. differens mellom største og minste setning er ca 11 cm (Gråbrødrevn. 3).

Bilag 107 viser setningsforløpet for Gråbrødreveien 3. Nivellement på bolter i grunnmuren er utført siden nov. 1973, men det er først registrert setninger etter at tunnelen ble boret i 1975. Totalsetningene i hjørnene på dette huset er pr. januar 1982 målt til h.h. vis 200, 250, 273 og 315 mm. Dette gir den største differenssetningen som er registrert i dette området, nemlig 115 mm. Siste år er det registrert 15 mm setning på det hushjørnet som har fått mest setninger. Dette er i samsvar med det som nå synes å være en gjennomsnittlig setningshastighet for huset ut fra en utjevnet setningskurve (15-20 mm). Disse opplysningene framgår også av bilag 129.

Bilag 108 viser setningsforløpet for Gråbrødreveien 5 siden 1973. Setningene begynte også her å gjøre seg gjeldende først etter at tunnelen ble boret i 1975, og totalsetninger er i jan. 1982 målt i området 370-462 mm. Dette er de største totale setninger som er registrert i området. Differensesetningene utgjør nå 92 mm, dvs. noe mindre enn for Gråbrødrevn. 3.

Det ble i jan. 1981 gravd ned en setningsplate (I) på frostfritt nivå i nærheten av bolt nr. 4 ved Gråbrødrevn. 5. Dette ble gjort for å registrere terrengsetningene uavhengig av husets setninger. Resultatet av disse målingene er inntegnet på bilag 108 og viser at terrenget fra jan. 1981 til jan. 1982 har satt seg ca. 32 mm mens bolt 4 i husets grunnmur har satt seg noe mindre (ca 23 mm). Gjennomsnittlig (utjevnet) setningshastighet for huset er imidlertid 30-35 mm pr. år i samsvar med måling på terreng.

Bilag 111 viser setningsforløpet for Gråbrødrevn. 15 siden 1973. Fra 1975, da tunnelen ble boret, er totalsetningene målt til 110-130 mm, dvs. differensesetning på bare 20 mm. Her er det målt opptil 18 mm setning siste år, mens gjennomsnittlig (utjevnet) setningshastighet er noe mindre, ca. 12-15 mm pr. år.

Bilag 109 og 110 viser måleresultater for Gråbrødreveien 7, 9, 11 og 13. Målinger ble her igangsatt først i desember 1980, slik at de totale setninger ikke er kjent. Bilag 129 viser imidlertid en årssetning på 13-15 mm, inkl. også årssetning på en setningsplate i terrenget ved Gråbrødrevn. 9. Årssetningen er dermed mye mindre enn for Gråbrødrevn. 5, og i underkant av hva som er målt for Gråbrødrevn. 3 og 15. Det er dermed grunn til å anta at Gråbrødrevn. 7-13 har fått totalsetninger i området 15-30 cm.

I området nord-vest for Gråbrødrevn. 3 er det nedsatt piezometere (poretrykkmålere) på 3 steder som vist på bilag 124 og med måleresultater på bilag 119 og 120. Ingen av disse målerne ble nedsatt før tunnelen ble drevet, slik at opprinnelig poretrykk og variasjoner i dette ikke kan fastslås med sikkerhet. Dette området ligger øverst i dalføret langs Gråbrødreveien, og poretrykket kan meget vel tenkes å ha vært påvirket av drenasje til dyprennen også før tunnelen ble drevet. Poretrykket, spesielt nær fjell, kan også meget gjerne tenkes å ha utvist betydelige sesongvariasjoner avhengig av tilsig av vann. Lengst i vest grenser området mot dalføret med Mærradalsbekken, en dyprenne som også kan virke drenerende på tilstøtende områder.

Poretrykkmålerene ved fjell har vist betydelige sesongvariasjoner med trykk som tilsvarer en grunnvannstand varierende i området fra terrengnivå til 5-6 m under terreng.

Måler Pz. 20 står bare 20-30 m nord-vest for Gråbrødreveien 3 og i en avstand av knapt 40 m fra Pz 12 hvor poretrykket praktisk talt er borte ved fjell. Ved nevnte måler er det registrert en vannstand maksimalt 5 m under terreng. Dette er bemerkelsesverdig høyt og tyder på at drenasjevirkningen fra tunnelen avtar raskt nord-vest for Gråbrødrevn. 3.

Setninger er registrert på 5 hus i dette området, men bare for Ullernchausséen 59 er det foretatt målinger siden 1973. Resultatet er vist på bilag 102. Det er ikke registrert noen setninger på Ullernchausséen 59 før tunnelen ble boret i 1975. Totalsetningene i oktober 1981 er målt til 55 mm, og med ubetydelige differensesetninger (6 mm). Setningshastigheten siste år er ganske jevn, ca 7 mm.

Setningsforløpet på Ullernchausséen 59 synes å ha en klar sammenheng med framdriften av tunnelen. Selv om dette ikke kan fastslås ut fra poretrykkmålingene synes m.a.o. tunnelen å ha en viss drenerende virkning på området vest for Gråbrødrevn. 3. Dette kan f.eks. skje ved at sesongvariasjonene av poretrykket er forsterket. En må anta at virkningen avtar med avstanden fra tunnelen slik at ingen hus i det aktuelle området har fått større setninger enn Ullernchausséen 59 (55 mm).

På Ullernchausséen 63 og 65 er det foreløpig bare registert setninger over en 3 mnd´s periode, noe som er for kørt til å trekke konklusjoner. Disse husene ligger i et område med trolig jevn dybde til fjell (ca 20 m). Dersom disse husene overhodet har fått setninger som følge av drenasje til tunnelen, må disse være begrenset til noen få cm og med minimale skjevsetninger. På disse husene, såvel som på evt. andre hus i området med såpass stor avstand til tunnelen, og hvor det påberopes setningsskader som flg. av tunnelen, skal en være varsom med å trekke raske og bastante konklusjoner. Det kan være en rekke årsaker til større og mindre sprekker og sprekkskader på hus, og en må se nærmere på om sprekker er av nyere eller eldre dato. Det kan f.eks. nevnes at nærmere undersøkelser i 1980 for Veslekroken 6 (R-1065-18) viste maksimalt 3,7 m dybde til fjell og at skader på eiendommen måtte henføres til bl.a. tele og overflatevannets utvasking av grunnen nærmest grunnmur.

Også på Th. Kittelsens v. 7 har målinger bare pågått i 3 mnd. Det er ikke rapportert om setningsskader på bygget. Dybden til fjell varierer imidlertid sterkt under bygget, fra ca. 6 m i sør til 13-14 m i nord. Evt. setninger kan dermed gi utslag i skjevsetninger.

På Th. Kittelsens v. 14/16 er det foretatt målinger fra aug. 1977 (bilag 106). Fram til des. 1981 hadde det påløpt maksimalt 20 mm setninger på huset, dvs. ca 6 mm pr. år i gjennomsnitt. Fra. des. 1980 til jan. 1981 ble det registrert opptil 12 mm setninger på huset. Det er klarlagt at utgangspunktet for nivellement av dette huset ligger i løsmasser, og måleteknisk konsulent har ikke villet feste lit til målingene. Fra juni 1981 er det derfor foretatt målinger fra et nytt utgangspunkt på fjell. Det siste halvåret er det registrert ca 5 mm setninger. Det synes dermed på det rene at det pågår noe setninger på huset. Det ble forøvrig foretatt oppretting av bygget på grunnmur og utbedring av setningsskader i 1978.

Området syd for Gråbrødrevn. 15. Like nord for St. Georgs v. 20 ble det nedsatt et piezometer (Pz 14) til fjell i 1973. Bilag 118 viser at det her ble registrert et overtrykk svarende til en trykkhøyde en meter over terreng. Under tunneldrivingen i 1975 sank vannstanden i måleren ca 4 m og har deretter variert i området 3-5 m under opprinnelig nivå. Avstanden til tunnelen er her 70-80 m. Som på nord-vest siden av tunnelen viser målingene at drensvirkningen fra tunnelen er sterkt redusert i knapt 100 m avstand fra tunnelen.

Det ble også satt ned en måler (Pz 22) til fjell ved St. Georgs v. 7 ultimo 1980. Vannstanden i måleren har her variert fra 2,5-4 m under terreng (bilag 118). Poretrykket før 1975 er ikke kjent på dette sted, men ut fra registreringene på ovennevnte måler Pz 14 skulle en ha forventet en trykkhøyde svarende til terrengnivå eller noe høyere. Det er derfor trolig at det også ved Pz 22 har gjort seg gjeldende et poretrykkfall på inntil 3-4 m. Det skal bemerkes at fjellet ved måleren ligger spesielt dypt (kote -2,8). Vi antar drensvirkningen såvidt langt nedenfor tunnelen er begrenset til det aller dypeste partiet av rennen og at virkningen ikke kan gå særlig langt sør for St. Georgs v. 7. Terrenget faller raskt til under kote 20 syd for St. Georgs v. 7. Når så tunnelen ligger mellom ca kote 7 og 10 blir det liten trykkgradient på porevannet syd for St. Georgs v. 7 i retning av tunnelen.

Det er foretatt setningsmålinger på 3 hus i dette området, og alle disse ble påbegynt i 1973. På bilag 114 er det vist setningsutviklingen for St. Georgs vei 18-20. Det fremgår at setningene begynte etter at tunnelen ble boret i 1975. Totalsetningene varierer mellom 35 og 50 mm og differentialsetningene er således ca 15 mm. Siste år (jan. 81 - jan. 82) er det registrert 17 mm setning, mens en utjevnet setningskurve for bygget nå skulle tilsi 5-10 mm setninger pr. år.

Bilag 115 viser setningsutviklingen for St. Georgs vei 22. Det er her målt maksimalt 27 mm totalsetning og differensialsetninger på ca 22 mm. Her er h.h. vis målt og utjevnet gjennomsnittlig årssetning på 2 og 3-5 mm.

På St. Georgs v. 6 ble målingene avsluttet i 1977 da boltene i grunnmuren var forsvunnet. Inntil da hadde det påløpt 10 mm totalsetning og 2 mm differensesetning på huset.

Både St. Georgs v. 6 og 22 står utenfor det dypeste partiet av rennen, på steder med 5-10 m løsmasser.

Horisontaldeformasjoner

I området nærmest tunnelen, hvor poretrykksreduksjonen er størst, og som derfor har fått de største setningene, ble det satt ned 2 helningskanaler for å registrere om det er horisontal bevegelse i løsmassene.
Måleresultatene er fremstilt på bilag 122.

Måleresultatene i kanal I og II varierer noe i måleperioden som er ca 1 år. Variasjonene er imidlertid meget små (± 4-8 mm) og resultatet av målingene indikerer ingen horisontale deformasjoner av betydning. Resultatene fra kanal I antyder at denne vandrer noe frem og tilbake i forhold til utgangsmålingene. Kanal II derimot kan gi inntrykk av en horisontaldeformasjon på ca 2 mm mot syd og 4 mm mot øst, men dette er innenfor målenøyaktigheten og må ikke tolkes dithen at det pågår horisontaldeformasjoner i løsmassene.

I tillegg til helningsmålingene har Nerdrums Oppmaaling målt vinkelendringen mellom Gråbrødrevn. 5 og 7 og et polygonpunkt vest for husene. Målingene er innrettet slik at en evt. horisontalbevegelse av husene i retning langs dyprennen skal kunne registreres. Det er målt en vinkelendring på $0{,}016^{o}$ og $0{,}001^{o}$ til henholdsvis Gråbrødreveien 5 og 7 som ligger ca 65 m fra fastmerket. Dette indikerer en horisontalbevegelse på ca 18 mm og ca 1 mm på henholdsvis Gråbrødreveien 5 og 7. Det virker lite sannsynlig at Gråbrødrevn. 5 skal ha beveget seg i retning nedover dalen uten at også nr. 7 som ligger like nedenfor nr. 5, skal ha beveget seg noenlunde like mye. Vi antar derfor at utslagene ligger innenfor målenøyaktigheten.

Ut fra de nevnte målinger kan det konkluderes med at en eventuell horisontal bevegelse i løsmassene i Gråbrødreveien siste år har vært ubetydelig. Målingene bør imidlertid fortsette da det er spesielt interessant å registrere horisontal bevegelse i en evt. ny periode med betydelige setninger.

FREMTIDIGE SETNINGER

Grunnlag for beregninger.

Setninger skyldes vanligvis økning av de effektive spenninger mellom mineralkornene i grunnen. Disse kan økes ved terrengbelastning eller ved at poretrykket avtar som følge av drenasje. Dette betyr at setningene som i de seneste år er påvist på husene nærmest tunnelen i det vesentlige skyldes drenasje til tunnelen i fjell og de derav reduserte poretrykk.

Spenningsendringene $\Delta p'$ som følge av drenasje i området ved Gråbrødrevn. 5-9 framgår av bilag 126. Teoretisk beregnet terrengsetning p.g.a. drenering i samme område er beregnet, og med resultater som vist på bilag 127. Med utgangspunkt i

løsmassedata fra hull 15 ved Gråbrødrevn. 5 (R-1065-20) er setningene etter fullendt konsolidering beregnet til ca 45 cm. Den setningsgivende delen av leirlaget består i følge laboratorieundersøkelsene av tilnærmet normalkosolidert leire ($Po' \approx Pc'$) med et modultall m=18. Videre er det forutsatt at poretrykket blir borte i hele leirelaget når konsolideringen er fullført. Dette er en forenkling av et komplekst setningsproblem, noe som må tas med i betrakting ved vurdering av resultatene.

Ut fra laboratorieundersøkelsene er det benyttet en konsolideringskoeffisient c_v=6 cm2/år ved beregning av setningenes tidsforløp. Ut fra dette vil det beregningsmessig ta over 40 år fra drenasje ved fjell startet og til primærsetningene eller konsolideringssetningene er avsluttet. Setningshastigheten avtar imidlertid sterkt med tiden som vist på bilag 127.

Området nærmest tunnelen.

Det fremtidige poretrykket etter at dette har stabilisert seg er av avgjørende betydning for størrelsen av de fremtidige setningene. Poretrykket i det aktuelle området er som tidligere anført borte ved fjell. Det er ikke sannsynlig at dette vil stige i framtiden uten at det blir iverksatt spesielle tiltak. Oppe i leirmassene står det fortsatt til rest betydelig poretrykk slik det framgår av bilagene 117, 121 og 126. Føstnevnte bilag viser imidlertid en svak synkende tendens for poretrykket inne i leirmassene. I de teoretiske beregningene er det antatt at poretrykket i leiren vil forsvinne helt på lang sikt. Dette er imidlertid meget lite sannsynlig da det er vanntilsig til leirmassene ovenfra og fra sidene. Dette skulle tilsi at setningene på lang sikt blir mindre enn de teoretisk beregnede 45 cm.

På bilag 127 er de målte setninger på husene nærmest tunnelen inntegnet. For hvert hus er setningene tegnet for den bolt som har fått størst setning. Når en ser bort fra at de målte setningene har utviklet seg i rykk og napp, faller måleresultatene for Gråbrødrevn. 3 ganske godt sammen med den teoretisk beregnede setningskurven. Det er derfor nærliggende å forvente at setningene også i de nærmeste tiår vil forløpe omtrent som angitt ved den teoretiske setningskurven.

Gråbrødrevn. 5 har fått betydelig større setning enn forventet ut fra den teoretiske beregningen. Ved å anta at kompressibiliteten lokalt ved Gråbrødreveien 5 er høyere enn i området forøvrig, kan den teoretiske setningskurven tilpasses de målte setningene for huset. Dette innebærer at setningene for Gråbrødrevn. 5 blir ca 47% større enn for Gråbrødrevn. 3 hvor det pr. i dag er samsvar mellom målt og teoretisk beregnet setning.

Gråbrødrevn. 15 har fått betydelig mindre setning enn teoretisk beregnet. Dette skyldes dels at løsmassemektigheten er noe mindre enn hva som er forutsatt i beregningene. Trolig har heller ikke poretrykket helt forsvunnet ved fjell. Også for dette huset er det på bilag 127 antydet en justert teoretisk setningskurve for antatt framtidig setning.

På grunn av de mange usikkerhetsmomenter ved de teoretiske setningsberegningene har vi på bilag 128 foretatt ekstrapolasjon av de målte setningene som alternativ til beregninger. På diagrammet er tidsaksen tegnet i logaritmisk skala. På bilaget er også den teoretisk beregnede primærsetning som tidligere omtalt, vist. I den logaritmiske tidsskalaen blir den teoretiske setningskurven tilnærmet rettlinjet over en lengre tidsperiode. Etter ca år 2000 flater imidlertid kurven ut i det primærsetningene avsluttes når 45 cm setning er nådd.

På bilag 128 er de maksimale setningene for Gråbrødrevn. 3, 5 og 15 opptegnet. Når en ser bort fra at setningene har gått i rykk og napp, kan måleresultatene rimelig bra tilnærmes av rettlinjer. På bilaget er disse forlenget i tid fram til ca år 2020. På bilaget er også inntegnet de justerte teoretiske setningskurvene fra bilag 127. Bilaget viser at en ekstrapolasjon av måleresultatene gir noe større framtidige setninger enn teoretisk beregnet. Fram til år 2000 er det imidlertid liten forskjell på de to metodene. Ekstrapolasjon tar ikke hensyn til at primærsetningene før eller senere blir avsluttet. På den annen side vil det også etter at primærsetningene er avsluttet foregå såkalte sekundære setninger i leiren. En total vurdering skulle derfor tilsi at de framtidige setningene for hvert av de 3 angitt husene blir et sted mellom "justert teoretisk primærsetning" og "ekstrapolert setning".

Som en konklusjon kan etter dette sluttes:

- En må fortsatt regne med betydelige setninger på husene i området nærmest tunnelen (Gråbrødrevn. 3, 5, 7, 9, 11 13 og 15)
- Setningene forventes ut fra tidligere målinger å forløpe ujevnt i tid.
- Setningene i år 2000 forventes å bli 30-35% større enn i dag.
- Setningene i år 2020 forventes å bli 35-45% større enn i dag.
- Også etter år 2020 kan det forventes setninger, men disse vil bli av underordnet betydning.

For Gråbrødreveien 5 betyr dette at forventet makismalsetning i år 2000 blir drøyt 60 cm og i år 2020 ca 65 cm.

De oppgitte tall for framtidige setninger må tas med betydelig forbehold med tanke på de bakenforliggende usikkerheter. Med såvidt lange tidsperspektiver er det også uvisst om drenasjeforholdene med tiden kan endres, f.eks. om virkningen av den utførte injisering er stabil.

Områdene nord-vest for Gråbrødreveien 3 og syd for Gråbrødrevn. 15.

Som tidligere angitt avtar i flg. målingene poretrykksynkningen raskt utenfor området nærmest tunnelen (60-100 m fra tunnelen). Det er likevel påvist opptil 5-6 cm setninger på et par av de mest utsatte hus i disse områdene (St. Georgs vei 20 og Ullernchausséen 59). Det pågår fortsatt setninger på disse husene, og vi antar at setningene for disse vil utvikle seg noenlunde slik som for husene i det sentrale området. Dvs. at de husene som i dag har fått størst setninger kan få ytterligere 2-3 cm setninger på lang sikt. Det knytter seg imidlertid adskillig større usikkerhet til framtidig setningsutvikling i form av %-vis økning av dagens setninger enn i området nærmest tunnelen. Dette fordi det relativt sett knytter seg større usikkerhet til framtidig poretrykkutvikling.

For flere hus i området nord-vest for Gråbrødreveien 3 har setningsmålinger pågått i så kort tid at vi på foreliggende grunnlag ikke vil trekke konklusjoner om evt. pågående setninger og i hvilken grad disse evt. er forårsaket av tunnelen.

SETNINGSSKADER

I området nærmest tunnelen er det målt setninger på opptil 46 cm. Det er selve terrenget som setter seg som følge av drenasje i undergrunnen, og husene følger stort sett terrengsetningene uten å påvirke disse nevneverdig.
Der dybde til fjell, poretrykksenkning og grunnforhold for øvrig er like, vil et hus sette seg monolittisk uten å bli påført skader. Skader kan først oppstå når ujevn løsmassemektighet m.v. forårsaker skjevsetninger.

Det er utarbeidet (Bjerrum) empiriske skadegrenser for bygg relatert til helning mellom fundamenter eller på grunnmur som følge av setningsdifferenser. Helninger på under 2 o/oo, svarende til 2-5 cm setningsdifferenser på typiske hus i området, regnes normalt ikke å medføre sprekkskader. Helninger over 6-7 o/oo, svarende til 5-15 cm setningsdifferenser regnes å medføre store sprekkskader.

I tabellen på bilag 129 er det oppgitt helninger for de hus hvor målinger har pågått over lang tid. Største helning, 8 o/oo er registrert på Gråbrødreveien 3. Dette er det eneste huset i området hvor grensen for store sprekkskader påviselig er overskredet. I området nærmest tunnelen er det også registrert betydelig helning (5 o/oo) på Gråbrødrevn. 5. Gråbrødrevn. 15 har imidlertid fått liten helning, bare 1,5 o/oo som ligger innenfor grensen for sprekkfrie bygg. Gråbrødrevien 7, 9, 11 og 13 har trolig fått helninger utover grensen for sprekkfrie bygg, men innenfor grensen for store sprekkskader.

I området nord-vest for Gråbrødrevn. 3 er det bare Th. Kittelsens v. 14-16 som har fått helninger av betydning (1,7 o/oo). Målingene for dette bygget startet først i august 1977 slik at en må anta at grensen for sprekkfrie bygg er overskredet. Dette bygget ble imidlertid rettet opp på grunnmur i 1978.

I området sør for Gråbrødrevn. 15 er det bare St. Georg vei 22 som med 3 o/oo helning overskirder grensen for sprekkfrie bygg.

De oppgitte helninger må ikke tas som et direkte mål for setningsskader på de enkelte bygg. Helningene gir bare en pekepinn om hvilket skadeomfang som erfaringsmessig kan forventes.

Geoteknisk kontor har ikke foretatt en bygningsmessig gjennomgang med registrering av inntrufne setningsskader og vurdering av behov for utbedringer. Dette må komme i neste omgang, og med støtte i de resultater som nå foreligger.

UTBEDRING AV SETNINGSSKADER

To typer av tiltak kan i utgangspunktet komme på tale. For det første utbedring av inntrufne skader og dernest tiltak som kan hindre eller redusere nye skader.

I den siste gruppen kommer evt. vanninfiltrasjon eller tetting av tunnelen for å gjennopprette tidligere poretrykk i området.

Vanninfiltrasjon, som normalt er enkel å gjennomføre, vil vi fraråde i dette tilfellet. Det dreier seg her om skrånende terreng tildels med kvikkleire. Uten meget omhyggelige kontrolltiltak kan vanninfiltrasjon tenkes å medføre ukontrollerte poretrykk som kan true stabiliteten i området.

Tetting av tunnelen ved injeksjon, evt. i kombinasjon med utstøping kan rent teknisk tenkes gjennomført. Det er imidlertid etter de opplysninger vi har meget små vannlekkasjer inn i tunnelen i det aktuelle området. Det er tidligere foretatt omfattende etterinjeksjon. Det er derfor tvilsomt om ytterligere injeksjon alene vil ha særlig effekt. Den måtte i så fall utføres sammen med omfattende utstøping. Dette vil i fall bli meget kostbart og må sees i lys av at størstedelen av setningene nå er unnågjort, og i lys av de ulemper som de resterende setninger vil medføre.

Setningene på hus i området kan også stanses ved refundamentering, ved at husene underpinnes av peler. Dette har imidlertid en del ulemper. Terrenget vil fortsatt sette seg og derved skape problemer med tilførselsledninger. Gulv på grunnen vil også medføre problemer med mindre også disse underpinnes eller gjøres selvbærende. Kostnadene med dette blir derfor omfattende og må ses i forhold til evt. ulempeserstatninger

og framtidige vedlikeholdsutgifter ved ikke å foreta refundamentering. Ut fra at størstedelen av setningene nå er påløpt og de betydelige kostnadene ved refundamentering, vil vi i utgangspunktet anta at refundamentering ikke er aktuelt for noen hus i området.

Det kan imidlertid bli aktuelt med hel eller delvis oppretting av enkelte hus. Slike spørsmål bør imidlertid først avklares etter grundig bygningsmessig gjennomgang hvor en bl.a. ser nærmere på ulempene med de oppståtte helninger og tar hensyn til at disse kan øke med 35%-45% på lang sikt. Det må imidlertid bemerkes at de registrerte helninger og skjevsetninger ikke er av noen dramatisk størrelse. Bortsett fra Gråbrødreveien nr. 3 hvor helningen såvidt overskrider den empiriske grensen for store sprekkskader, er det bare noen få hus hvor helningene er av en slik størrelse at den empiriske grensen for sprekkfrie bygg er overskredet. Vurdert ut fra setningene alene burde det derfor ikke være behov for oppretting i større omfang.

Den mest nærliggende løsning for husene i området nærmest tunnelen synes å være en utbedring av inntrufne skader, og hvor behovet for oppretting vurderes etter bygningsmessig gjennomgang. Videre må en påregne senere vedlikehold 1-2 ganger p.g.a. framtidige setninger. En må være forberedt på at setningene etter en 40-års periode blir 35-45% større enn i dag.

For hus som ligger lengre borte fra tunnelen vil vi ikke trekke generelle konklusjoner utover at det for enkelte hus nærmest det sentrale området er registrert setninger p.g.a. drenasje til tunnelen. I den utstrekning det måtte bli reist krav mot Oslo kommune fra huseiere i disse områdene, bør hvert tilfelle gjennomgås separat. En må da også ta i betraktning de mange andre faktorer som kan føre til setninger og skader på hus.

Avslutningsvis vil vi bemerke at juridiske spørsmål, erstatningsspørsmål m.v. anses å ligge utenfor rammen av foreliggende rapport.

STANDARDBESKRIVELSER

BESKRIVELSE AV BORMETODER

Enkel sondering betegner neddriving av stålstenger uten registrering av motstand, for eks. slagsondering med slegge eller slagbormaskin.

Dreieboring utføres ved å måle synkninger under dreining når boret er lastet med 100 kg. Synker det for mindre last dreies ikke. Boret er forsynt med en pyramideformet spiss som er vridd en omdreining. Lengden av spissen er 20 cm og sidekanten er 3 cm. Under opptegning av resultatene angis antall omdreininger pr. m synkning på høyre side av hullet, og lasten på boret på venstre side.

Fjellkontrollboringer utføres med trykkluftdrevet bergbor. Både topphammer og senkborhammer kan brukes. Fjellkontrollen består i å registrere når man har fått en langsom og relativt jevn synkning av boret idet dette er en sterk indikasjon på at boret er i fjell. Det bores vanligvis 3 m for å konstatere at det ikke er en stor stein.

Vingeboring brukes til å måle jordartens udrenerte skjærfasthet direkte i grunnen. Skjærfastheten beregnes utfra målt torsjonsmoment på et vingekors som presses ned i ønsket dybde og dreies rundt inntil brudd oppstår. Grunnens fasthet bestemmes først i uforstyrret, og etter brudd i omrørt tilstand. Resultatene kan i sterk grad påvirkes av sand, grus og stein ved vingekorset. Det skal også bemerkes at resultatene av andre grunner i mange tilfelle må korrigeres før fasthetsverdiene brukes i stabilitetsberegninger.

Prøvetaking kan utføres med forskjellig utstyr. Ønskes "uforstyrrede" prøver brukes en ϕ 54 mm sylinderprøvetaker som er forsynt med et tettsluttende stempel. Prøven skjæres ved at sylinderen skyves nedover i grunnen mens stemplet holdes tilbake. Sylinderen med prøve blir trukket opp igjen, forseglet i begge ender, og bragt til laboratoriet. Ønskes bare såkalte "representative" prøver, brukes enklere utstyr som skovelbor og kannebor. Felles for disse er at massen skaves inn i en beholder som deretter tas opp. Tilsvarende prøver kan også tas ved å skru en stålskrue ned i grunnen og trekke den opp igjen.

Poretrykksmåling går ut på å måle trykket i de vannfylte porene i jordarten. Dette gjøres ved å føre ned til ønsket dybde et såkalt piezometer som består av et stålrør med et porøst filter i enden. Vann fra jordarten vil kunne trenge inn gjennom filteret mens jordpartiklene blir holdt tilbake. På innsiden av filteret kan man så enten ha en elektrisk trykkmåler som registrerer det vanntrykket som bygges opp og som balanserer med poretrykket utenfor, eller filteret er forbundet med en tynn slange inne i stålrøret. Stigehøyden av vannet i slangen er da porevannstrykket i filterets nivå. Ved fremstilling av resultatene angis som regel det nivå (m.o.h.) som vannet stiger til (poretrykksnivået).

BESKRIVELSE AV LABORATORIEUNDERSØKELSER

I laboratoriet blir prøvene først beskrevet på grunnlag av besiktigelse. Dernest blir følgende undersøkelser rutinemessig utført, (undersøkelser merket $^{x)}$ kan bare utføres på uforstyrrede prøver):

Romvekt $^{x)}\gamma$ (t/m^3) av naturlig fuktig prøve.

Vanninnhold w (%) angir vekt av vann i prosent av vekt av fast stoff. Det blir utført flere bestemmelser av vanninnhold fordelt over prøvens lengde.

Flytegrensen w_L (%) og *utrullingsgrensen* w_p (%) angir henholdsvis høyeste og laveste vanninnhold for plastisk område av omrørt materiale. Plastisitetsindeksen I_p er differansen mellom flyte- og utrullingsgrensen. Disse konsistensgrensene er viktige ved bedømmelse av jordartens egenskaper. Konsistensgrensene blir vanligvis bestemt på annenhver prøve.

Følgende skala benyttes til å klassifisere leire etter plastisitet:

Lite plastisk leire	I_p < 10
Middels plastisk leire	I_p = 10-20
Meget plastisk leire	I_p > 20

Skjærfastheten [x] s (t/m^2) bestemmes ved enaksede trykkforsøk. Normalt blir det skåret ut et prøvestykke med tverrsnitt 3,6 x 3,6 cm og høyde 10 cm på midten av sylinderprøven. Unntaksvis blir fullt tverrsnitt (ϕ 54 mm) benyttet. Det tas hensyn til prøvens tverrsnittsøking under forsøket. Skjærfastheten settes lik halve trykkfastheten.

Videre blir uforstyrret skjærfasthet s og omrørt skjærfasthet s' bestemt ved konusforsøk. Dette er en indirekte metode til bestemmelse av skjærfastheten, idet nedsynkningen av en konus med bestemt form og vekt måles og den tilsvarende skjærfasthetsverdi tas ut av en tabell. Både trykkforsøk og konusforsøk gir udrenert skjærfasthet.

Følgende skala benyttes til å klassifisere leire etter udrenert skjærfasthet:

Meget bløt leire	$s < 1{,}25$ t/m^2	≈	12,5 kN/m^2
Bløt leire	$s = 1{,}25 - 2{,}5$ t/m^2	≈	12,5 - 25 " "
Middels fast leire	$s = 2{,}5 - 5{,}0$ t/m^2	≈	25 - 50 " "
Fast leire	$s = 5{,}0 - 10{,}0$ t/m^2	≈	50 - 100 " "
Meget fast leire	$s > 10$ t/m^2	≈	100 " "

Sensitiviteten [x] $S_t = \frac{s}{s'}$, er forholdet mellom skjærfastheten i uforstyrret og omrørt tilstand.

Følgende skala benyttes til å klassifisere leire etter sensitivitet:

Lite sensitiv leire	$S_t < 8$
Middels sensitiv leire	$S_t = 8 - 30$
Meget sensitiv leire	$S_t > 30$

Følgende spesielle forsøk blir utført etter nærmere vurdering i hvert tilfelle:

Ødometerforsøk [x] utføres for å finne en jordarts sammentrykkbarhet. Prinsippet ved ødometerforsøkene er at en skive av jordarten med diameter 5 cm og høyde 2 cm belastes vertikalt. Prøven er innesluttet i en sylinder og ligger mellom 2 porøse filtersteiner. Lasten påføres trinnvis, og sammentrykkingen av prøven observeres som funksjon av tiden for hvert lasttrinn. Resultatene fremstilles ved å tegne opp den relative sammentryking ε som funksjon av belastningen. Setningsutviklingen tegnes opp i tidsdiagram. Dette gir grunnlag for beregning både av setningenes størrelse og tidsforløp. Tidsforløpet er imidlertid særlig usikkert på grunn av mange ukjente faktorer som spiller inn.

Kornfordelingsanalyser av friksjonsjordarter (grovere enn silt og leire) utføres ved sikting, som regel i helt tørr tilstand. Inneholder massen en del finere stoff blir den våtsiktet. For silt og leire benyttes hydrometeranalyse. En viss mengde tørt materiale oppslemmes i en bestemt mengde vann. Ved hjelp av hydrometer bestemmes synkehastigheten av de forskjellige kornfraksjoner og på grunnlag av Stoke's lov kan kornstørrelsen tilnærmet beregnes.

Fortorvningsgraden i organiske jordarter bestemmes ved besiktigelse og krysting av materiale mellom fingrene. Graderingen skjer i henhold til von Post's ti-delte skala H 1 - H 10. Torv kan deles i følgende grupper:

Fibertorv	H 1 - H 4, planterester lett synlig
Mellomtorv	H 5 - H 7, planterester svakt synlig
Svarttorv	H 8 - H10, planterester ikke synlig.

Organisk innhold (humusinnhold) bestemmes vanligvis ved glødning av tørt materiale. Glødetapet (vekttapet) angis i prosent av tørt materiale.

Proctorforsøk brukes til å undersøke pakningsegenskapene hos jordarter, spesielt hos velgraderte friksjonsmasser. Massen blir stampet lagvis inn i en stålsylinder av bestemt volum, og tørr romvekt beregnet etter tørking av prøven. Avhengig av pakkingsarbeidet skilles mellom standard Proctor og modifisert Proctor. Den siste innebærer størst pakkingsarbeid. Forsøkene utføres med varierende vanninnhold, og det vanninnhold som gir høyest tørr romvekt kalles optimalt. Den høyeste romvekt kalles 100% Proctor.

TID

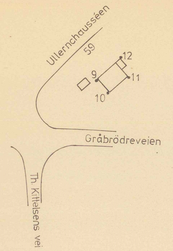
1974 1975 1976 1977 1978 1979 1980 1981

J F M A M J J A S O N D

0,0 cm setning fra 1973

SETNING i CM

0 5 10 15 20 25 30 35 40 45 50

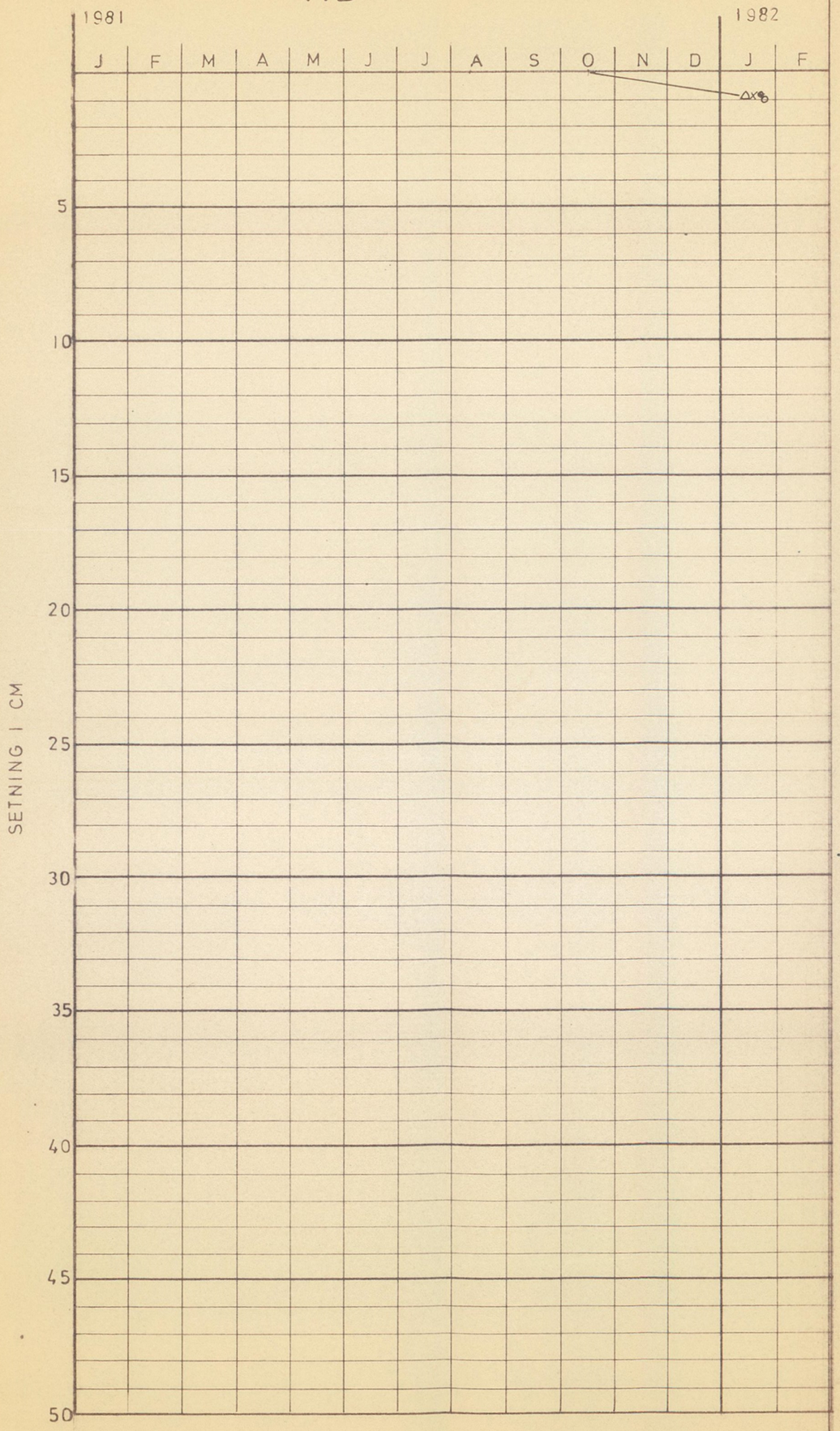


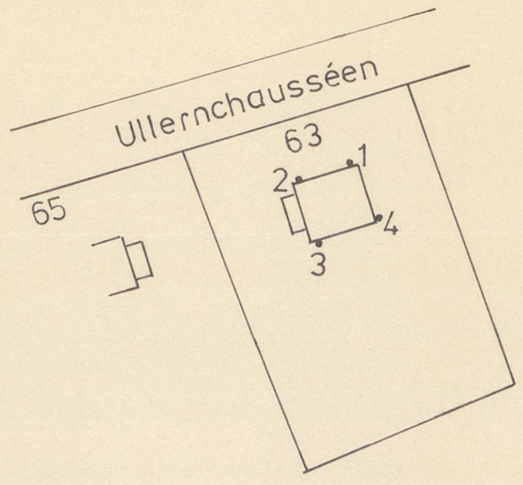
Bolt 9 — •
10 — ○
11 — ×
12 — △

SETNINGSFORLØP	Målestokk 1:1000
Ullernchausséen, nr. 59	R-1065 Bilag 102
OSLO KOMMUNE Geoteknisk kontor	Dato Jan 82

Kartet N.V. Dl.

TID





Bolt 1 — •
" 2 — o
" 3 — ×
" 4 — △

SETNINGSFORLÖP

Ullernchausséen, nr. 63

OSLO KOMMUNE
Geoteknisk kontor

Målestokk 1:1000

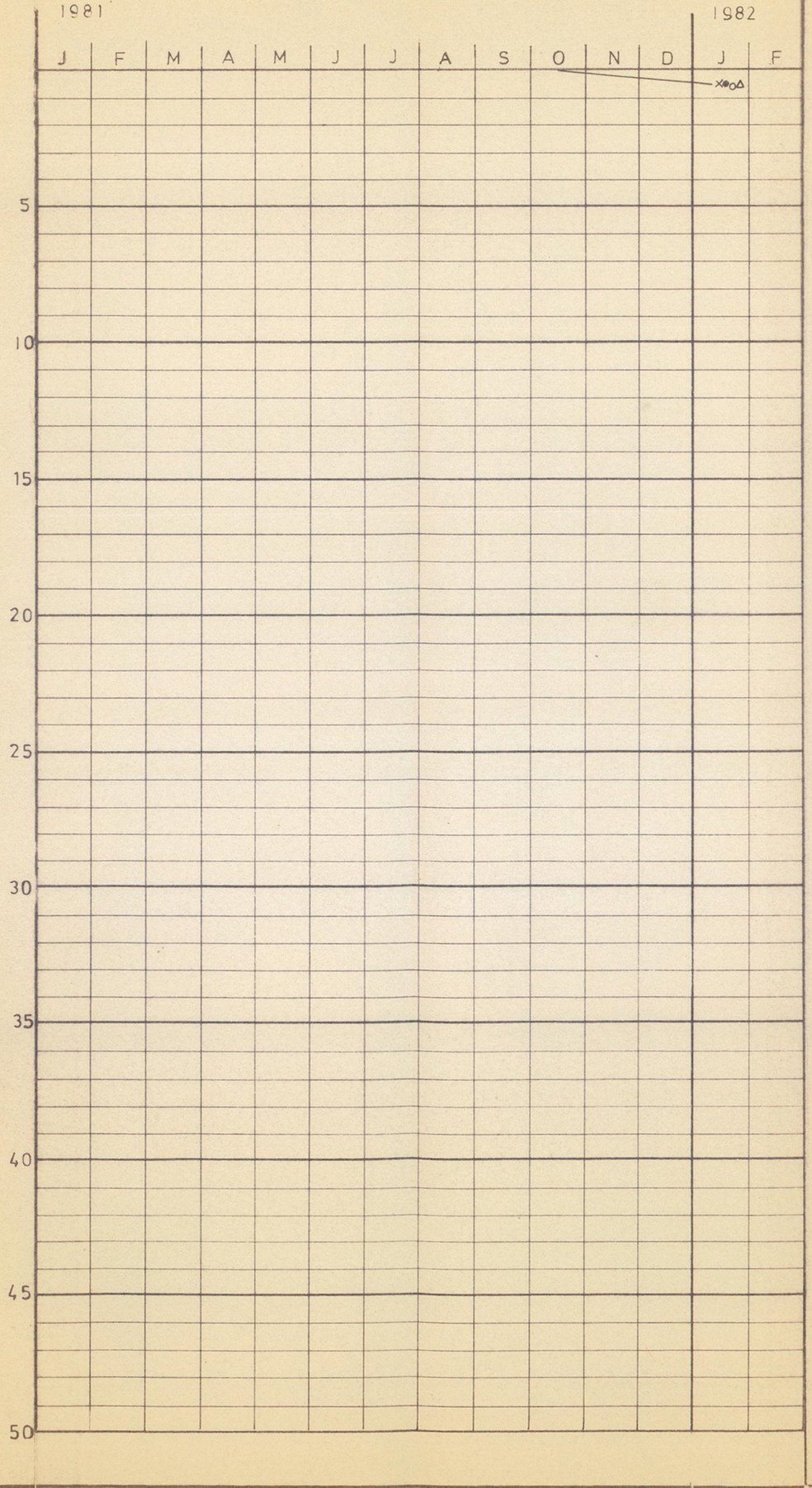
R-1065

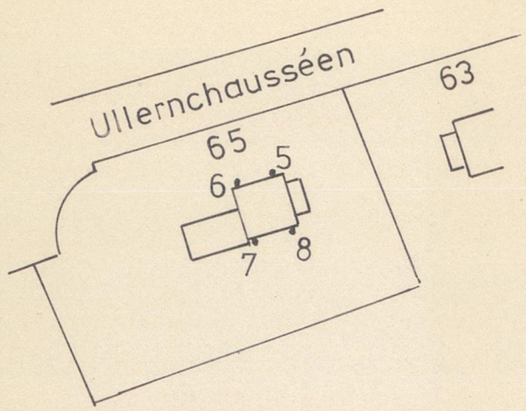
Bilag 103

Dato Jan 82

Kart ref. NV, D4

TID

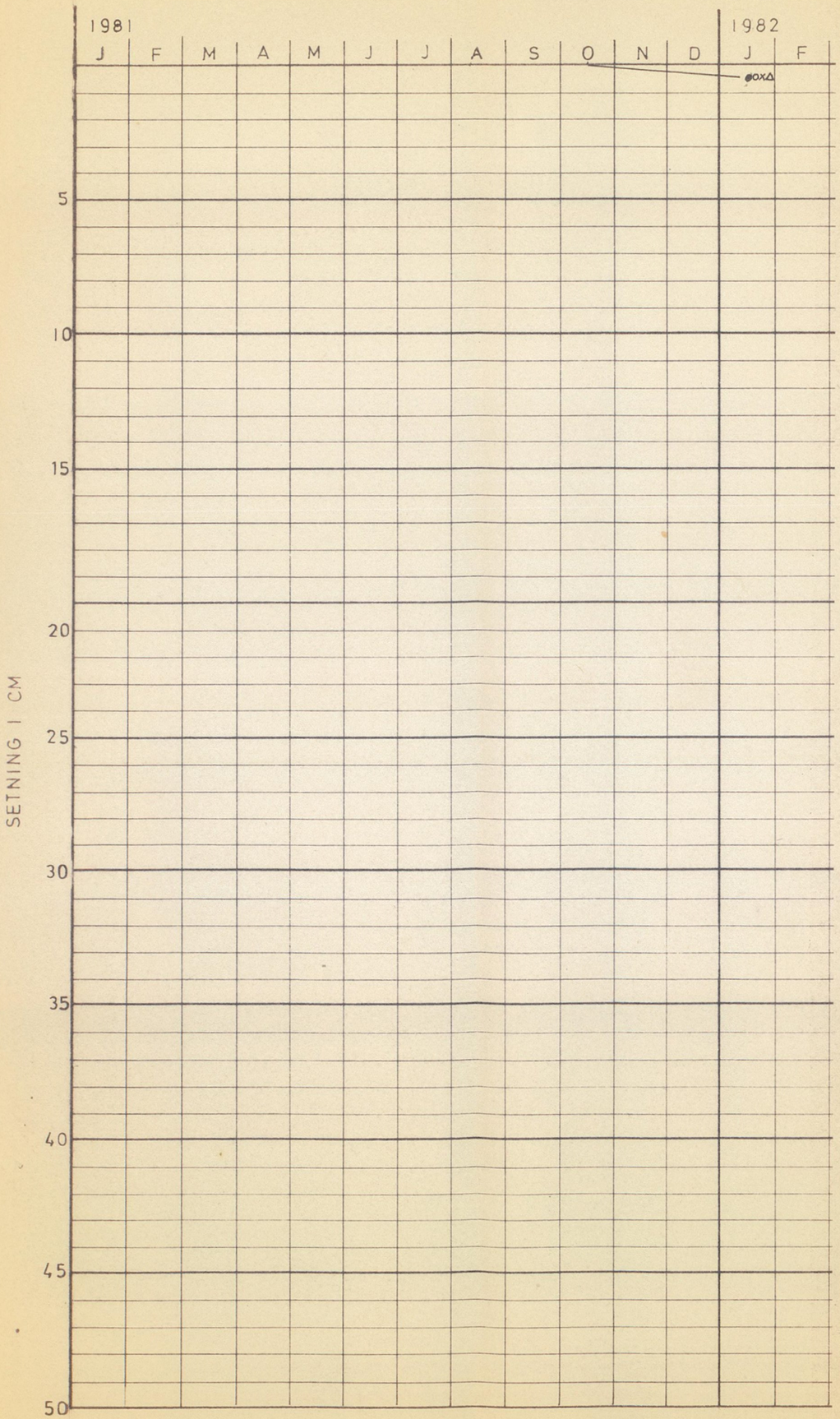


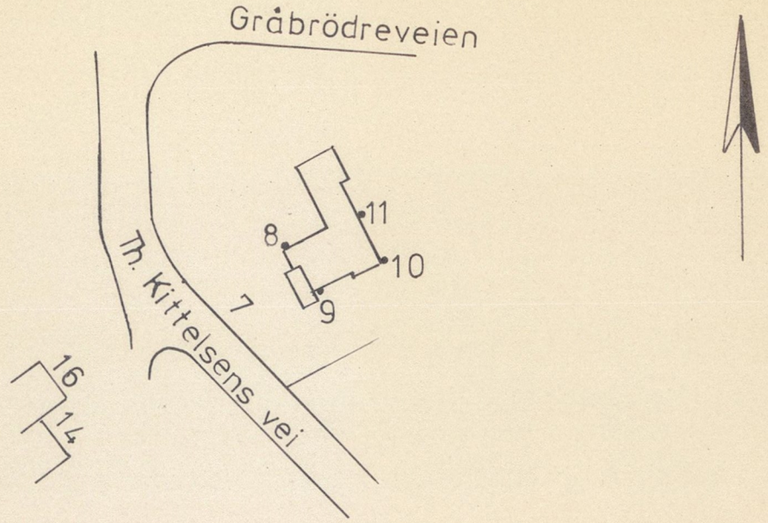


Bolt 5 — •
" 6 — o
" 7 — x
" 8 — △

SETNINGSFORLÖP Ullernchausséen nr. 65	Målestokk 1:1000 R-1065 Bilag 104	Kart ref. NV, D4
OSLO KOMMUNE Geoteknisk kontor	Dato Jan 82	

TID





Bolt 8 — •
" 9 — o
" 10 — x
" 11 — △

SETNINGSFORLÖP

Th. Kittelsens vei nr. 7

OSLO KOMMUNE
Geoteknisk kontor

Målestokk 1:1000

R-1065

Bilag 105

Dato Jan 82

Kart ref. NV D4

TID

1977 1978 1979 1980 1981 1982

J F M A M J J A S O N D J F M A M J J A S O N D J F M A M J J A S O N D J F M A M J J A S O N D J F M A M J J A S O N D J

Målinger begynte 19-8-1977

Måling avsluttet

Ant. setningsforløp

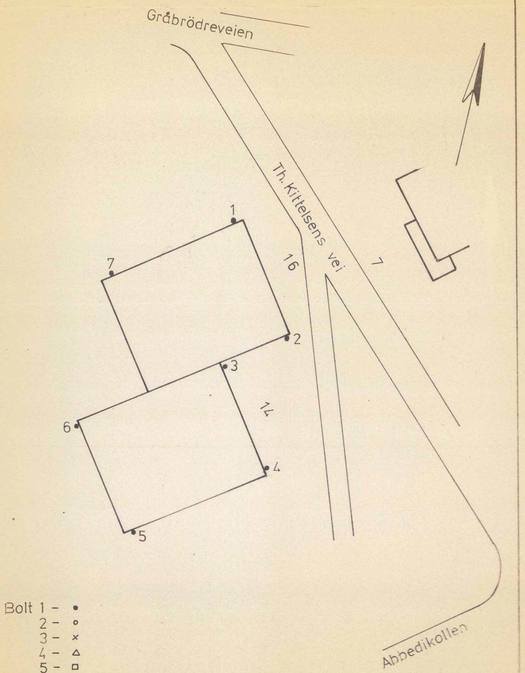
Ny bolt

Usikre målinger
Utgangspunkt i lösmasser

Nye målinger fra nytt utgangspunkt i fjell

SETNING I CM

5 10 15 20 25 30 35 40 45 50



Bolt 1 – ●
2 – ○
3 – ×
4 – △
5 – □
6 – ■
7 – ▲

SETNINGSFORLØP

Th. Kittelsens vei, nr. 14-16

OSLO KOMMUNE
Geoteknisk kontor

Målestokk ca. 1:200

R-1065

Bilag 106

Dato Jan 82

Kart ref. NV D.3

TID

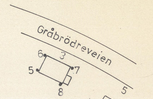
1974 1975 1976 1977 1978 1979 1980 1981 1982

J F M A M J J A S O N D

0,0cm setning siden nov.1973

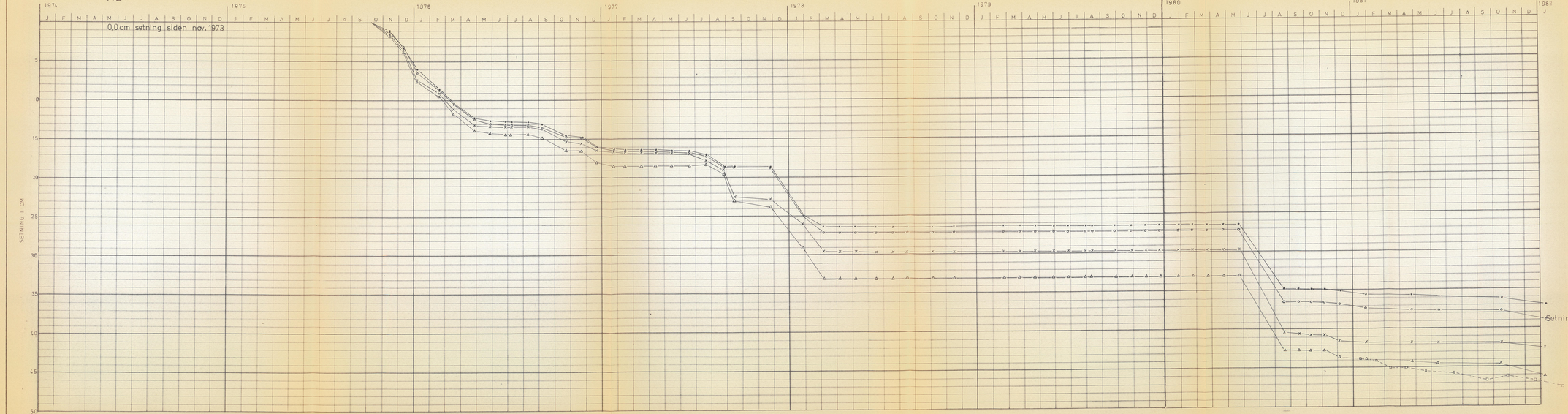
SETNING I CM

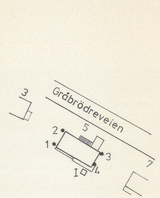
5 10 15 20 25 30 35 40 45 50



Bolt 5 — •
6 — ○
7 — ×
8 — △

SETNINGSFORLOP	Målestokk 1:1000	Kart ref. NV. 04
Gråbrødreveien nr. 3	R-1065 Bilag 107	
OSLO KOMMUNE Ingeniørvesenet, Kontor	Dato jan 82	





SETNINGSFORLØP

Gråbrødreveien, nr. 5

OSLO KOMMUNE
Geoteknisk kontor

Målestokk 1:1000

R 1065

Bilag 108

Dato jan 82

Kart ref. NV D3

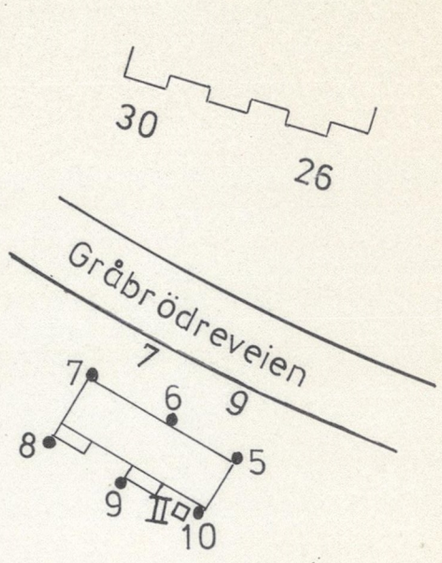
TID

1980 | 1981 | 1982

D J F M A M J J A S O N D J

SETNING I CM

5 10 15 20 25 30 35 40 45 50



Bolt 5 — •
6 — ○
7 — ×
8 — △
9 — □
10 — ■
Setningsplate II — ▼

SETNINGSFORLØP

Gråbrødreveien nr. 7 - 9

OSLO KOMMUNE
Geoteknisk kontor

Målestokk 1:1000

R-1065
Bilag 109

Dato Jan 82

Kart ref. NV, D3

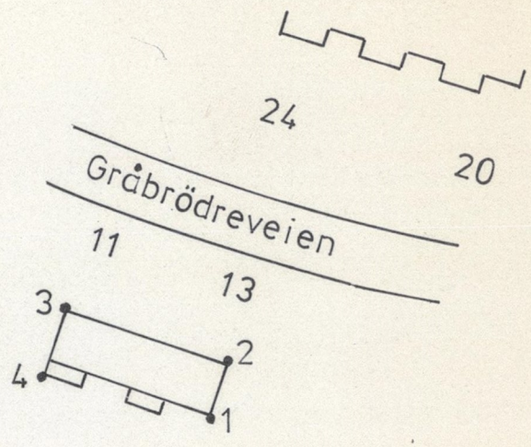
TID

1980 | 1981 | 1982

D J F M A M J J A S O N D J

SETNING I CM

5 10 15 20 25 30 35 40 45 50



Bolt 1 — •
2 — ∘
3 — ×
4 — △

SETNINGSFORLÖP

Gråbrødreveien nr. 11-13

OSLO KOMMUNE
Geoteknisk kontor

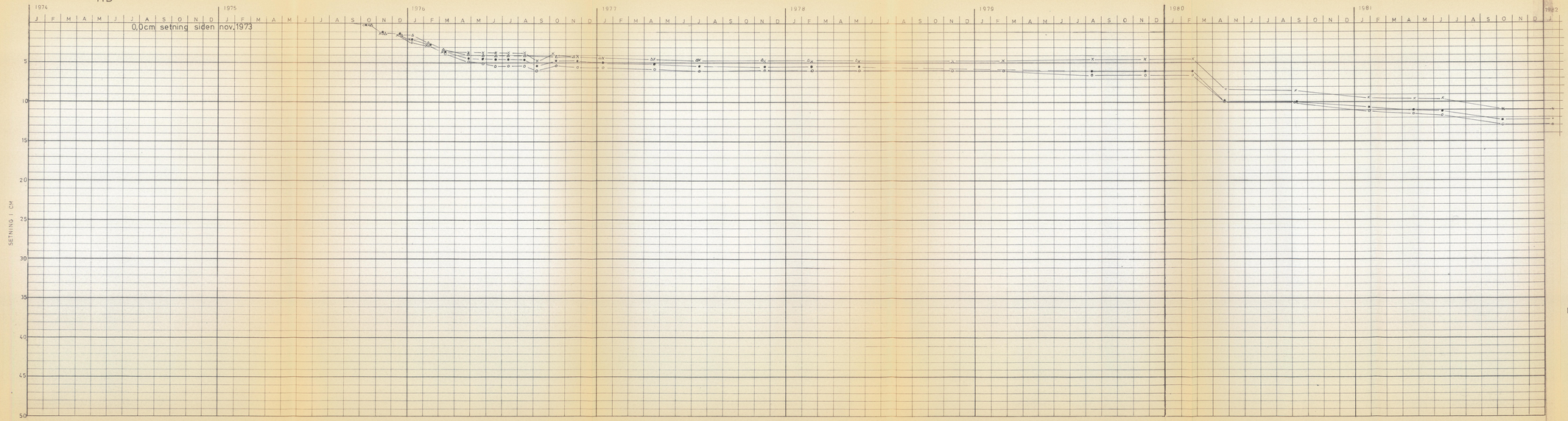
Målestokk 1:1000

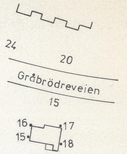
R-1065
Bilag 110

Dato Jan 82

Kart ref. NV, D3

TID



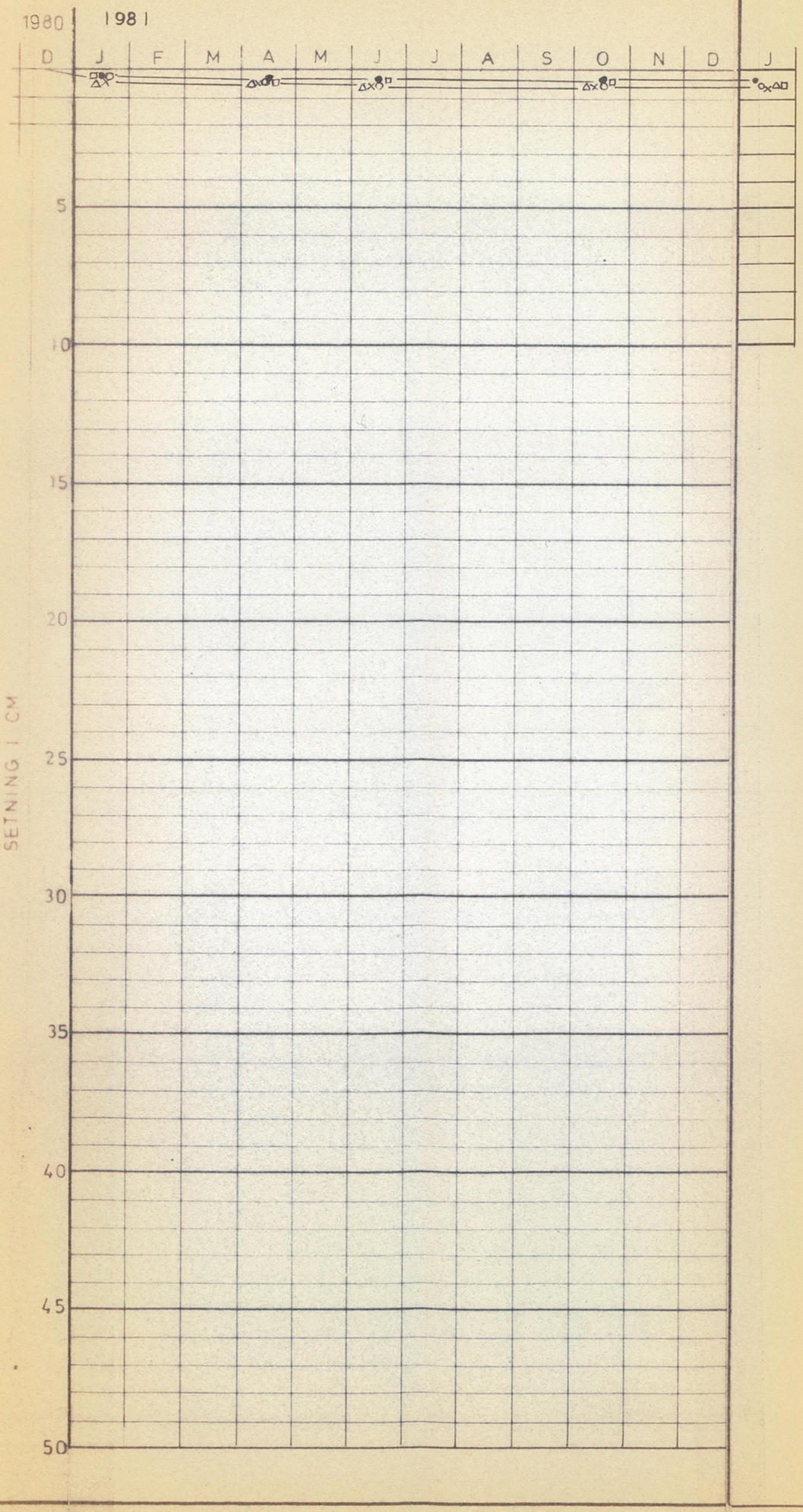


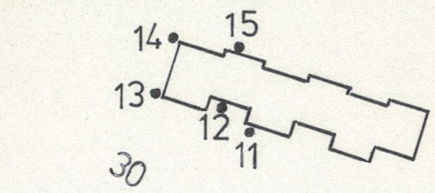
Bolt 15 — •
16 — ∘
17 — x
18 — △

SETNINGSFORLØP	Målestokk 1:1000
Gråbrødreveien, nr. 15	R-1065 Bilag 111
OSLO KOMMUNE Geoteknisk Kontor	Dato jan 82

Kart ref. NV. D3

TID





30

Gråbrødreveien

7

9

Bolt 11 — •
12 — o
13 — x
14 — △
15 — □

SETNINGSFORLÖP

Gråbrödreveien, nr. 30

OSLO KOMMUNE
Geoteknisk kontor

Målestokk 1:1000

R-1065

Bilag 112

Dato Jan 82

Kart ref. NV, D4

TID

1974 1975 1976 1977

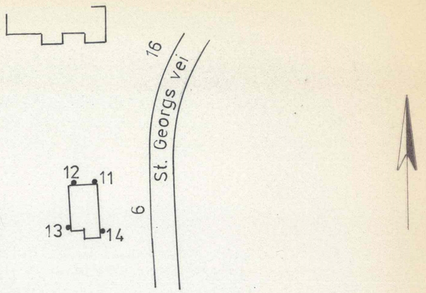
J F M A M J J A S O N D J F M A M J J A S O N D J F M A M J J A S O N D J F M A M J J A S O N D

0,0cm setning siden nov 1973

SETNING I CM

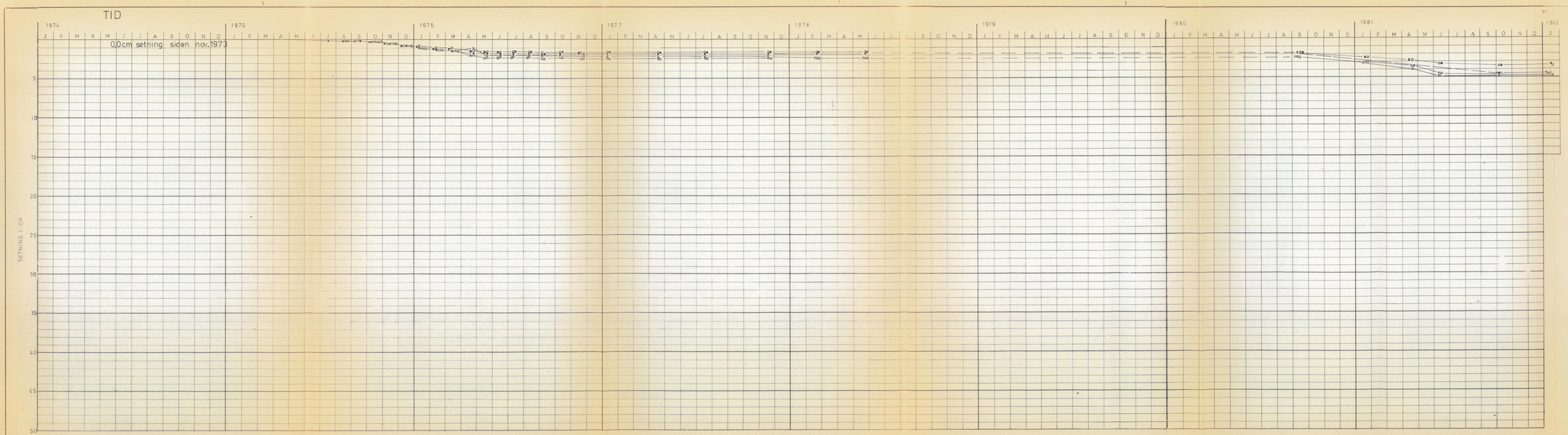
5 10 15 20 25 30 35 40 45 50

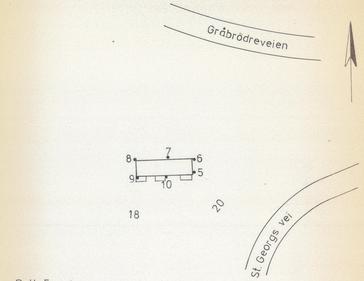
Bolter forsvunnet



Bolt 11 — •
12 — ∘
13 — ×
14 — △

SETNINGSFORLÖP	Målestokk 1:1000	Kart ref NV, D3
St. Georgs vei, nr. 6	R-1065 Bilag 113	
OSLO KOMMUNE Geoteknisk kontor	Dato Jan 82	





Bolt 5 — •
6 — ∘
7 — ×
8 — △
9 — □
10 — ■

SETNINGSFORLÖP	Målestokk 1:1000
St. Georgs vei, nr.20	R-1065 Bilag 114
OSLO KOMMUNE Geoteknisk kontor	Dato Jan 82

Kart ref. NV. D3

TID

1974 1975 1976 1977 1978 1979 1980 1981 1982

J F M A M J J A S O N D

0,0cm setning siden nov. 1973

SETNING i CM

0 5 10 15 20 25 30 35 40 45 50

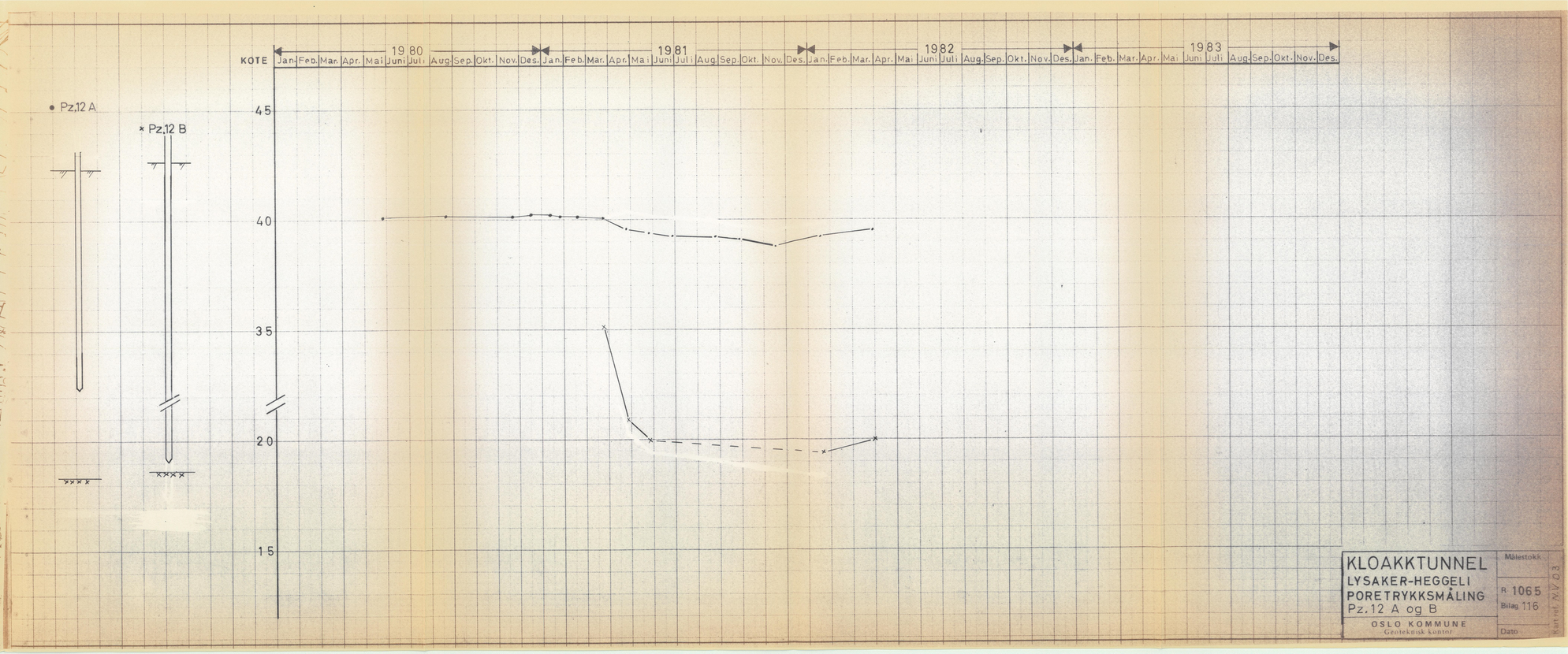
Gråbrødreveien



Bolt 1 — •
2 — ○
3 — ×
4 — △

SETNINGSFORLØP	Målestokk 1:1000	
St. Georgs vei nr. 22	R 1065	
	Bilag 115	
OSLO KOMMUNE Geoteknisk kontor	Dato jan 82	Kart ref. NV D 3



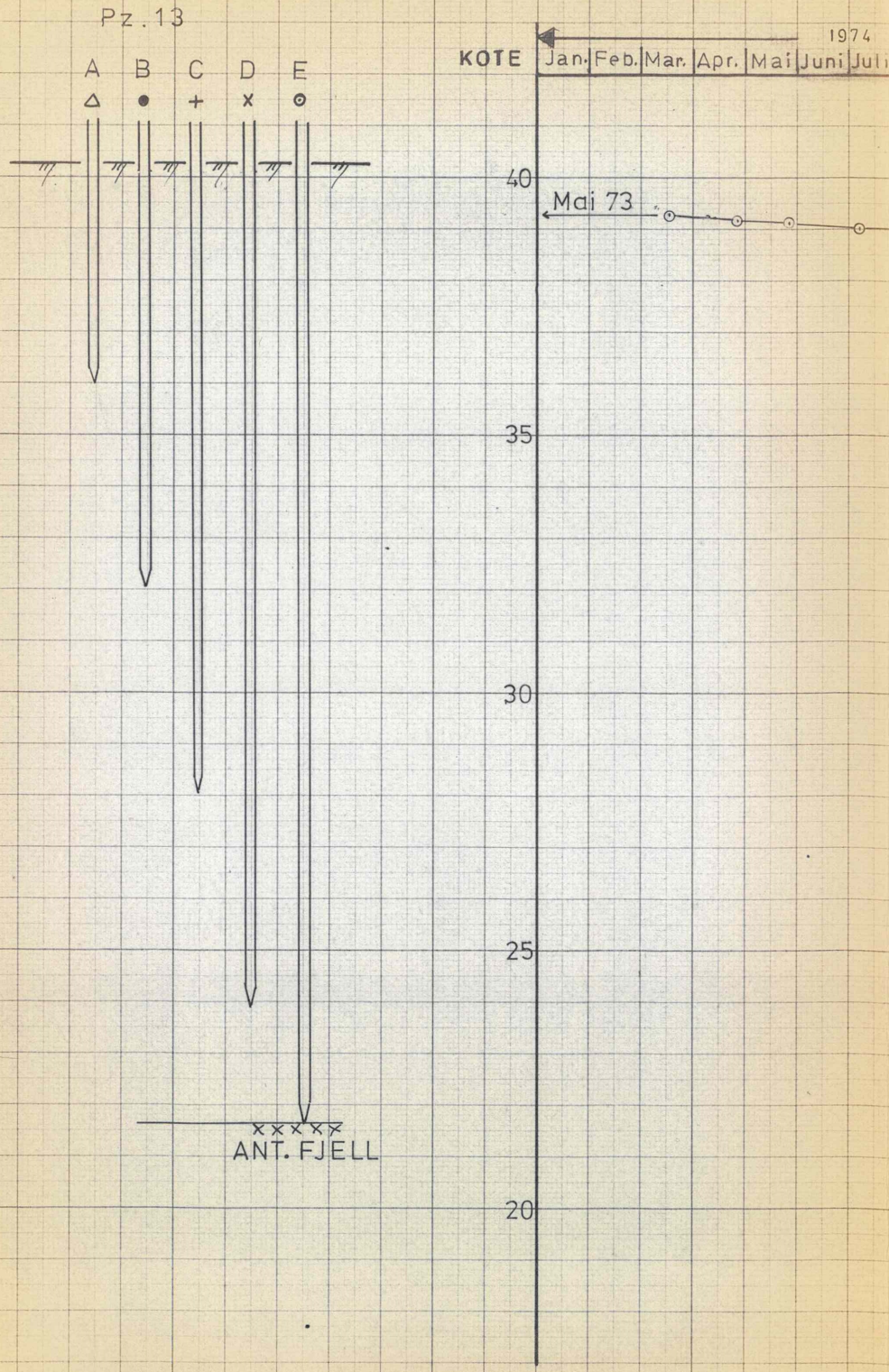


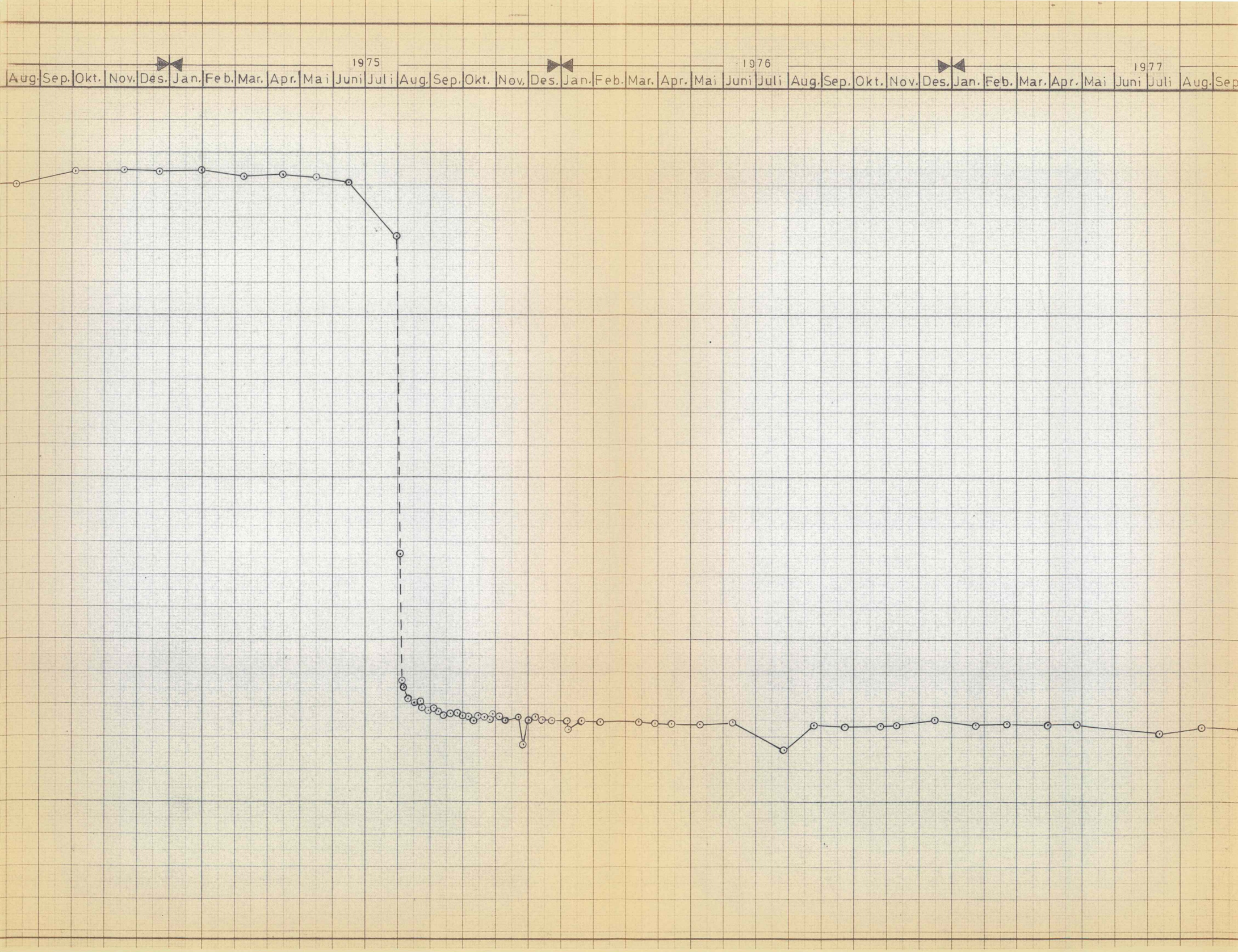
KLOAKKTUNNEL
LYSAKER-HEGGELI
PORETRYKKSMÅLING
Pz.12 A og B

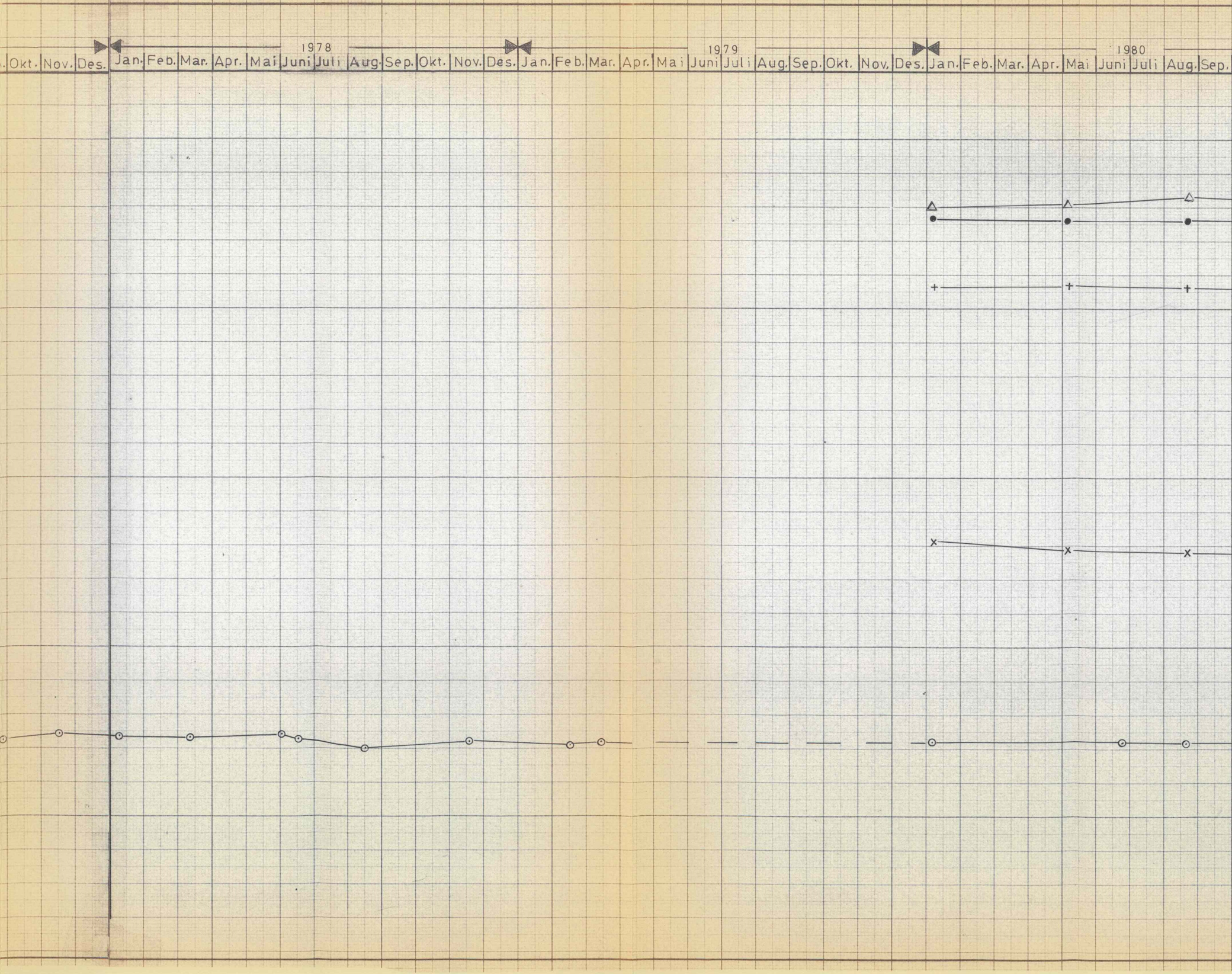
OSLO KOMMUNE
Geoteknisk kontor

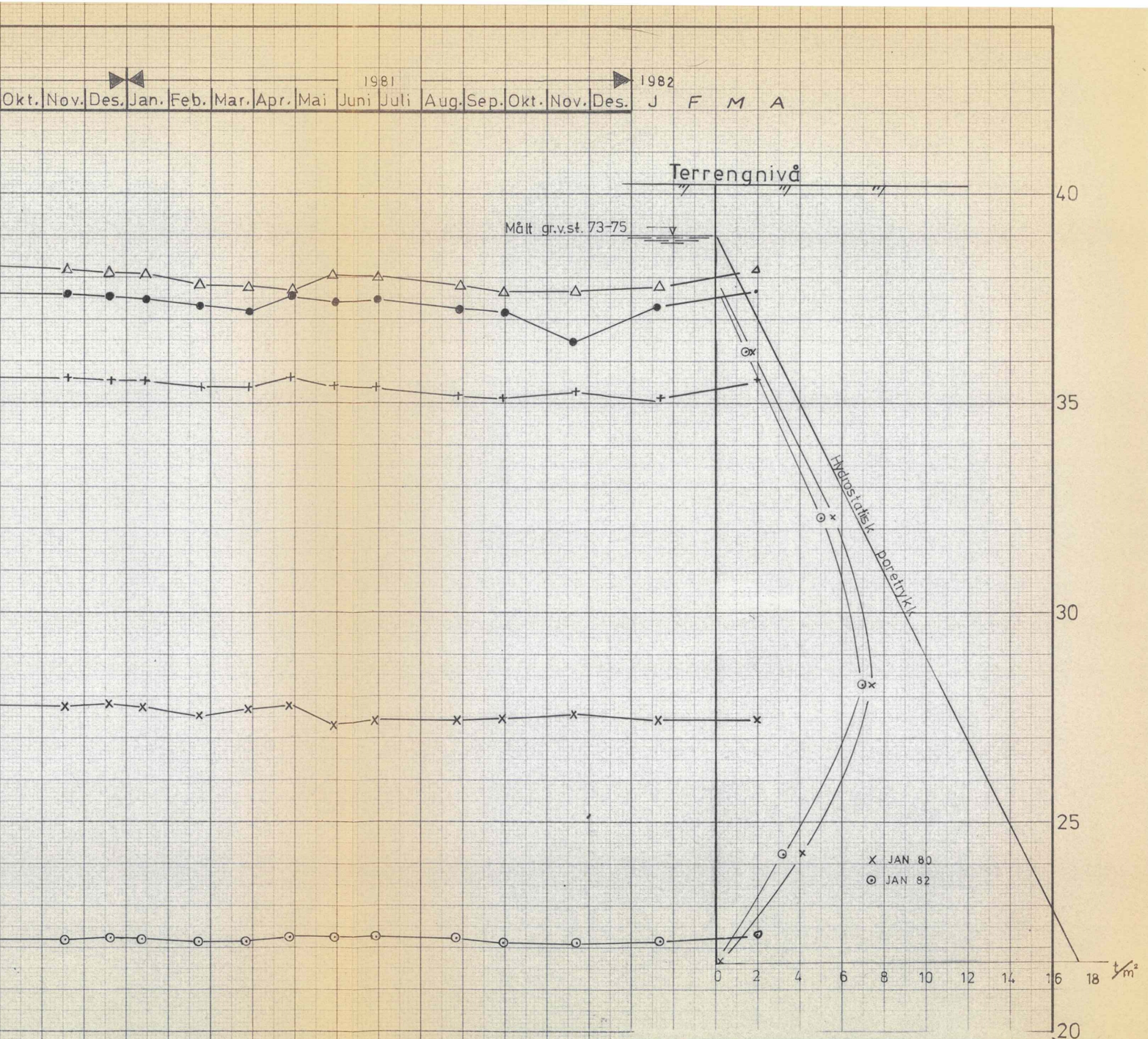
Målestokk
R 1065
Bilag 116
Dato


Gråbrødreveien
(74)
Turvei A4
TUNNELLTRASE
Midl reg best
S-1860 66 73
Midl reg best
S-1860 6 6 73
Midl reg best
S-1860 66 73
Byggeområde fo
Byggeomr for boliger
Vedt 19.3.81 sak 67/81
S-387 4 4 50
S-387 4 4 50
S-399 10 2 79
S-84 0 29 5 60
S-459 16 1 53
S-459
N
E
A B C D
13
(955)
85/38
29/31
29/5.62
29/5.61
29/398
29/19
29/80
29/42
29/445
30/195
30/208.5
30/208
30/219
30/220
30/166
30/167
30/168
30/169
30/94
30/132
67/81
P21 9 78
P29 5 72
Gr 24 4 81
Gr 93 73
6097
6091









KLOAKKTUNNELL
LYSAKER–HEGGELI
PORETRYKKSMÅLING
Pz.13 A,B,C,D,E

OSLO KOMMUNE
Geoteknisk kontor

Målestokk

R-1065
Bilag 117

Dato Feb 82

Kart ref. NV. D3 I



— Det er stor belastning å tømme hus og atelier, og en arbeidsmessig katastrofe å bo på hotell i månedsvis. Hvordan skulle jeg få plass til staffeli og de store lerretene på et hotellrom? spør maleren Johan Fredrik Michelet. — Dette er ikke noen vanlig leilighet med bare piano og komfyr som kan flyttes. Dette er mine arbeidsmuligheter, sier Michelet som heller vil bli boende så lenge det går med enkeltreparasjoner. — Huset fortsetter jo å synke likevel. Det kunne bli mange hotellopphold.

Dyster rapport fra Geoteknisk kontor:

Kunstnerkolonien på Ekely synker



Rystelser og belastning på grunn av planlagt anleggstrafikk kan medføre at også leirmassene under nedre Ekely setter seg og at husene vil synke.

Kunstnerboliger på Ekely — i Edvard Munchs haver på Skøyen — synker ned i leire. Så skakke er hus blitt efter kommunens kloakktunnelboring i 1975 at to av dem må fraflyttes, delvis rives og føres opp på ny. En ny rapport konkluderer med at den opp til 24 meter dype leirrennen som går gjennom området, vil fortsette å sette seg — helt frem til år 2020! Ikke nok med det. Ekely-kunstnerne er også bekymret for at belastning og rystelser ved planlagt anleggstrafikk gjennom nedre Ekely kan føre til nye skader.

Ekely borettslag, under OBOS, ble bygget i 1950-årene. Allerede dengang var man oppmerksom på de vanskelige grunnforholdene. En ca. 50 meter bred leir-morene ned til 24 meter dybde, samt kvikkleire, går gjennom området. Det er den leirrennen som kloakktunnelen Lysaker-Majorstuen krysser under — ca. 30 meter dypt.

Seks av Ekelys 44 leiligheter er nå så skjeve på grunn av setninger i leiren efter tunnelboringen i 1975, at dører og vinduer ikke lenger går an å lukke, kjøkkenbenker står ut fra veggen, kjellertrapper løsner fra grunnmuren, og taksten forskyves og forårsaker lekkasje. Hus er på grunn av oppståtte setninger blitt så glisne at det har ført til fordoblede fyringsutgifter.

Reparasjonsarbeidet og den kommunalpolitiske erstatningssak mellom OBOS og vann- og kloakkvesenet, er allerede i full gang. På borettslagets leiligheter i Gråbrødreveien 22 og 24 er skadene nå så store at de må fraflyttes mens reparasjonsarbeide pågår i ca. et halvt år. Andre beboere er engstelige for at husene kan rase sammen.

Mer synking

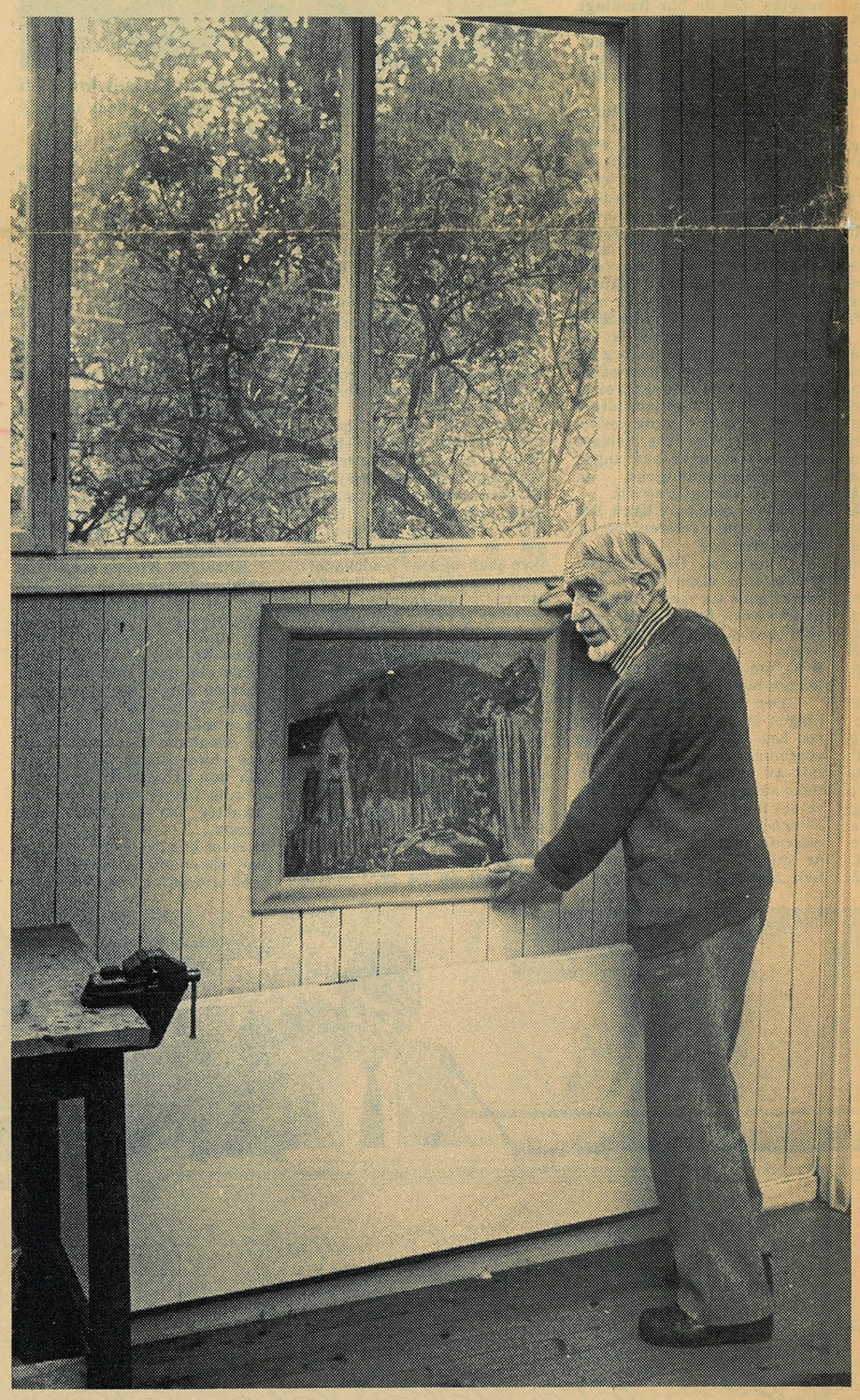
Setningene i terrenget vil vedvare i omkring 40 år fremover, konkluderer en ny rapport fra kommunens geotekniske kontor, laget på oppdrag fra vann- og kloakkvesenet. «En må fortsatt regne med betydelige setninger på husene nærmest tunnelen», heter det. Blant disse syv husene tilhører Gråbrødreveien 7, 9, 11, 13 og 15 Ekely borettslag. Husene vil ikke synke like mye hele tiden. Innen atten år, ved århundreskiftet, vil setningene bli 30—35 prosent større enn idag. Innen år 2020 vil de være blitt 40—45 prosent større. Men også efter denne tid må man forvente setninger, ifølge rapporten fra Geoteknisk kontor.

Gråbrødreveien 15 vil synke tilsammen 45 centimeter innen 18 år, heter det i rapporten. Foreløbig er huset sunket 13 centimeter, og reparasjoner på dører, vinduer, kjøkkeninnredning og kjellertrapp skal settes i gang. Gråbrødreveien 7, 9, 11 og 13 har bare siste år sunket omtrent to centimeter og vil innen 18 år ha sunket ytterligere 13—18 centimeter. Hvor mye husene er sunket totalt siden 1975 er uvisst, siden det har vært målinger i bare ett år.

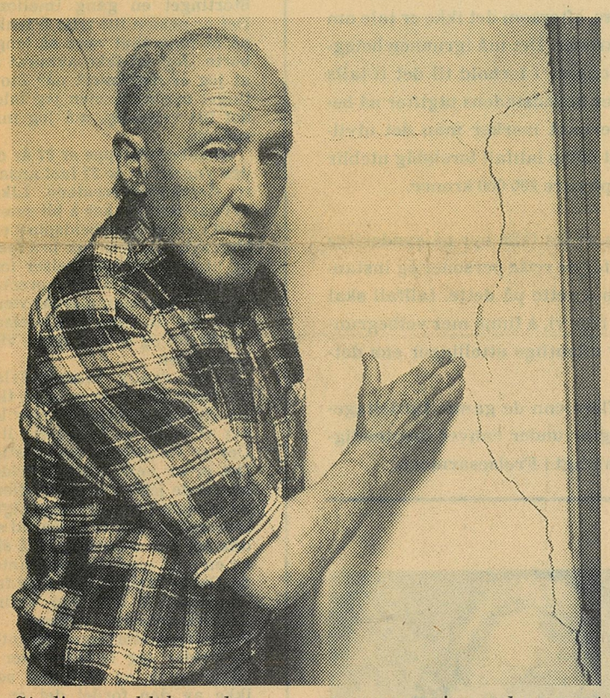
Hvor mye husene i Gråbrødreveien 22 og 24, som delvis må rives, vil synke i tiden fremover, er også uvisst. Verst har det gått ut over et privathus i Gråbrødreveien 5, der det allerede er målt 47 centimeter. Omfattende reparasjoner foretas nå, men det blir nok ikke siste gang. Rapporten fastslår at det vil synke over en meter tilsammen.

— Det er ikke bare synkingen som teller, sier geoteknisk sjef ved Oslo kommunes geotekniske kontor, Oddvin Tokheim. — Når fjellforløpet er ujevnt, setter bygningene seg skjevt, og to til fem centimeters setningsforskjell på hus av den størrelse som på Ekely vil føre til problemer med å få lukket vinduer og dører. 5—15 centimeters setningsforskjell forårsaker store sprekkskader slik som i Gråbrødreveien 22 og 24, sier han.

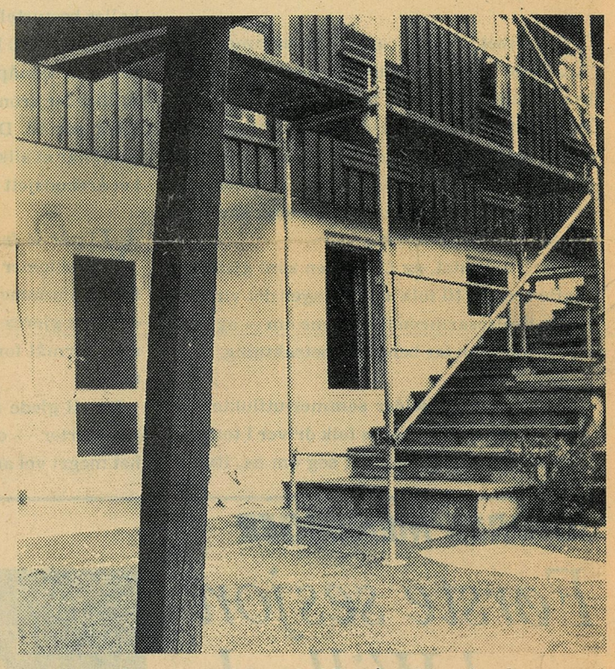
Tokheim mener at de geotekniske undersøkelsene før tunnelboringen begynte, var grundige nok for å kunne forutsi mulighe-



Atelieret til maleren Finn Faaborg er blitt så skjevt at han ikke våger å være der lenger. Det er ikke bare det at gulvet heller kraftig — det er også glidd ut fra veggen. Dessuten frykter den snart 80-årige kunstneren at de store ateliervinduene en dag vil springe. Maleriet ble hengt rett, for å vise hvor store skjevhetene er.



Stadig sprekkdannelser og nye reparasjoner har vært daglig kost for maleren og kunstkritikeren Johan Fredrik Michelet helt siden kommunen boret tunnel i 1975.



Omfattende reparasjonsarbeide på privateiendommen i Gråbrødreveien 5 er i full gang. Det tar lengre tid for Ekely-kunstnerne som er avhengig av OBOS' store administrasjonsmølle, før noe kan skje.

ter for setninger på grunn av drenasjen. Men utstyret som ble brukt dengang, tillot ikke forinjeksjon. Det vil si at man tetter fjellet før det bores. Det ble bare benyttet efter-injeksjon, og resultatet har man altså idag. Dersom vann- og kloakkvesenet hadde brukt dagens rutiner, ville skadene vært langt mindre, sier Tokheim.

Nye bekymringer

I «synke-rapporten» fastslås det at fremtidige setninger kan *øke* ved terrengbelastning eller ved at poretrykket avtar som følge av drenasje.

— Reguleringsplanen for Hoff/Smestad, som efter annen gangs behandling i bygningsrådet ble oversendt fra byplankontoret til kommunikasjonsrådmannen 18. januar iår, skal snart opp i formannskapet. Her skal man blant annet ta stilling til bygningsrådets vedtak om at St. Georgs vei, som går gjennom nedre Ekely, skal utvides til 10 meters bredde og brukes som anleggs- og adkomstvei til over 100 nye blokkleiligheter som skal bygges på nabotomtene — fra Ekely til Hoff gård.

— Med grunnforhold som i dette område, vil rystelser fra trafikk som går over det, forplante seg gjennom leiren. Det er utbyggeren som selv må foreta geotekniske undersøkelser på byggeområdet og for anleggs-og adkomsttrafikken, sier Tokheim.

— Det er klart at den planlagte anleggs- og adkomsttrafikk kan føre til ytterligere skader, sier maleren og tidligere formann i Ekely borettslag, Jan Thomas Njerve. — Vi begynte med tunnelsaken for syv år siden. Allerede i 1973, to år før kloakkboringen under Ekely, ba vi kommunen om at det skulle settes opp målere. Rapporten viser at det i to-års perioden før boringen ikke var setninger, og at alle skader skyldes tunnelen. Det var vanvidd å kjøre den under den skumle leiren med tildels kvikkleire som kan rase ut, sier Njerve som mener at dette vil bli dyrt for Vann- og kloakkvesenet. — Og det er klart at den planlagte anleggs- og adkomsttrafikken kan føre til ytterligere skader.

— Maleren og kunstanmelderen Johan Fredrik Michelet må flytte på hotell mens huset blir reparert, for maleren Reidar Fritzvold ble det en ledig leilighet i strøket, sier formann i borettslaget, billedhuggeren Odd Hilt. — Men leiligheten til Finn Faaborg er også sunket betydelig, og han er redd for å få ateliertaket i hodet!

Avslo engangserstatning

Vann- og kloakkvesenet forsøkte å få Ekely borettslag til å godta en engangserstatning for fem—seks år siden, men borettslaget avviste dette, fordi de mente at setningene ville fortsette i årene fremover.

— Nå har vi fått bekreftet dette svart på hvitt, sier Hilt. — Vi godtok imidlertid reparasjon av noen av husene og krever at vann- og kloakkvesenet også i fremtiden skal dekke alle skader på hus som skyldes terrengsetninger efter tunnelboringen.

— I disse «synketider», sier Hilt spøkefult, men fortsetter alvorlig, — er jeg bekymret over nyhetene om at synkingen vil fortsette i minst 40 år til. Hva skal vi egentlig gjøre? Anleggstrafikken i St. Georgs vei kan gi ytterligere utglidninger i leirmassene.

Hilt har bodd på Ekely siden husene ble bygget for 30 år siden, og han har visst om leireproblemet hele tiden. En gruppe beboere med Aasa og Frans Widerberg i spissen er av styret oppmuntret til å arbeide spesielt med saken. Borettslaget vil så klart støtte sine beboere, erklærer Hilt.

Byråkratiet

— OBOS er efterhvert blitt nokså byråkratisk med sene reaksjoner, sier Odd Hilt. — Borettslaget betaler årlig 17 600 kroner til OBOS for administrasjon og kontingent, men vi måtte henvende oss til et privat konsulentfirma, OPAK A/S, for å få en uttalelse om synke-skadene. Vi har imidlertid ikke råd til så særlig mange konsulenttimer til 400—500 kroner timen. Kommentar til skaderapporten sendte vi til vedlikeholdssjefen i OBOS for ett år siden, fortsetter Hilt. — Det er på grunnlag av denne at de første store reparasjoner nå settes i gang.

Ingeniør Frank Foldin i OPAK A/S forteller at han i skaderapporten, som nå har satt den kommunalpolitiske erstatningssaken i gang, anbefalte at husene må føres tilbake til sin opprinnelige stand. — Men ingen kan forutsi om flere hus i fremtiden vil måtte bli omfattende reparert.

Når man på forhånd kjenner grunnforholdene, kan man imidlertid mestre dem, sier Foldin som hevder at forundersøkelsene ikke var tilstrekkelige.

— De store boremaskinene boret seg relativt lettvint vei — uten at man dengang tenkte på grunnforholdene. Og nå kommer regningen! Vann- og kloakkvesenet må iallfall ut med et sekssifret beløp.

Det er mange på Ekely som er redde for fremtiden, tilføyer Foldin, som har vært rundt hos beboerne for å konstatere skader.

I sneglefart

Driftssekretær for Ekely borettslag i OBOS, Jens Helland Johannessen, har ennå ikke rekvirert «synke-rapporten», datert 7. mai iår. — OBOS vil med det første ha møte med vann- og kloakkvesenet. Tunnelarbeidet har ikke vært så vellykket som vi hadde håpet, sier Johannessen.

Heller ikke vedlikeholdsavdelingen i OBOS har skaffet seg rapporten, opplyser inspektør Kjell Bjørklund.

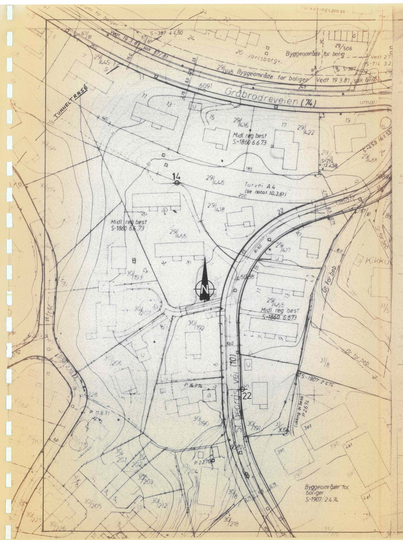
— Bare å reparere de to husene vil koste bortimot det samme som å bygge nytt, sier Bjørklund. — Og veiutbygging og anleggstrafikk vil kunne føre til ytterligere setninger, det er helt klart.

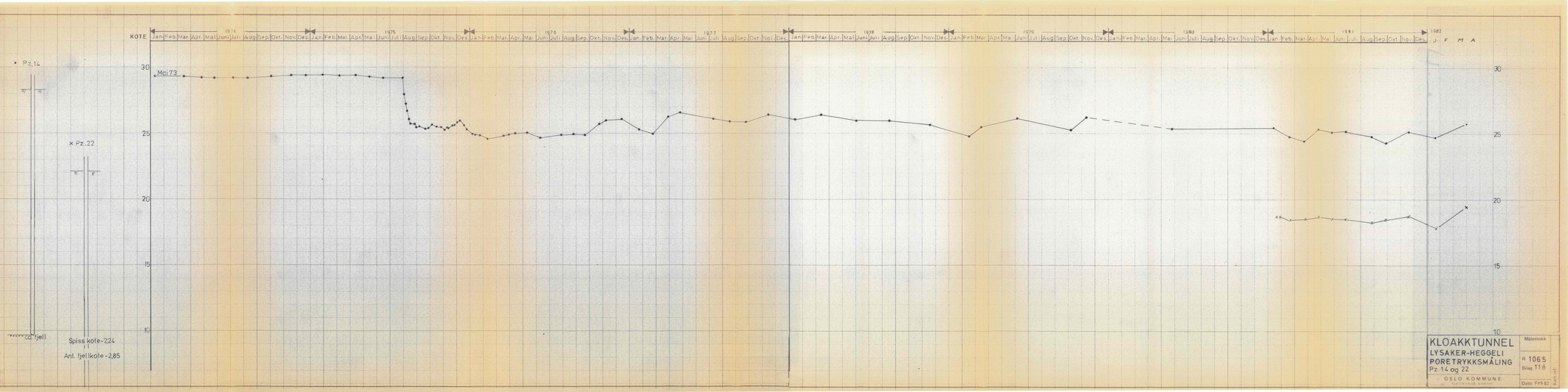
Teknisk sjef i OBOS, Christian T. Hansson har heller ikke sett rapporten. — Ekely-saken ble overlatt til vedlikeholdsavdelingen, men den ble efterhvert så stor at arbeidet ble satt bort til et privat firma. OPAK A/S er byggherreombud for OBOS, sier Hansson og tilføyer at hvis det skulle oppstå nye synkinger på grunn av veiutbygging og anleggstrafikk, så må veivesenet påta seg det fulle ansvar. — Dette er en alvorlig sak som krever skikkelig oppfølging, avslutter teknisk sjef i OBOS.

Reguleringsplanen Hoff/Smestad ble behandlet i bygningsrådet og avsendt fra byplankontoret før den geotekniske rapporten forelå. Saksbehandler på byplankontoret, arkitekt Tore Siljan kjenner ikke til «synke-rapporten». — Det er mulig jeg vil skaffe meg den, sier han og tilføyer at det er Veivesenet som må uttale seg om denne sak.

Det mangler altså en vurdering av den nye rapporten fra byplankontorets side. — Men den vil bli eftersendt saken, sier Siljan.

Arkivar Idunn Sørtorp på kommunikasjonsrådmannens kontor kunne ikke se at «synke-rapporten» ligger ved saken, og heller ikke rådmannssekretær Asbjørn Nes-Hansen kjenner rapporten fra Geoteknisk kontor.





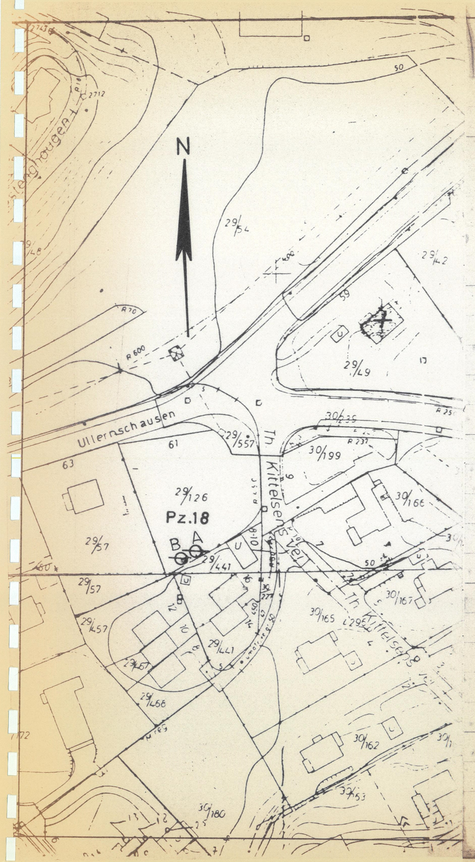
KLOAKKTUNNEL
LYSAKER-HEGGELI
PORETRYKKSMÅLING
Pz 14 og 22

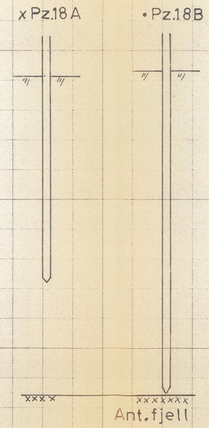
Målestokk

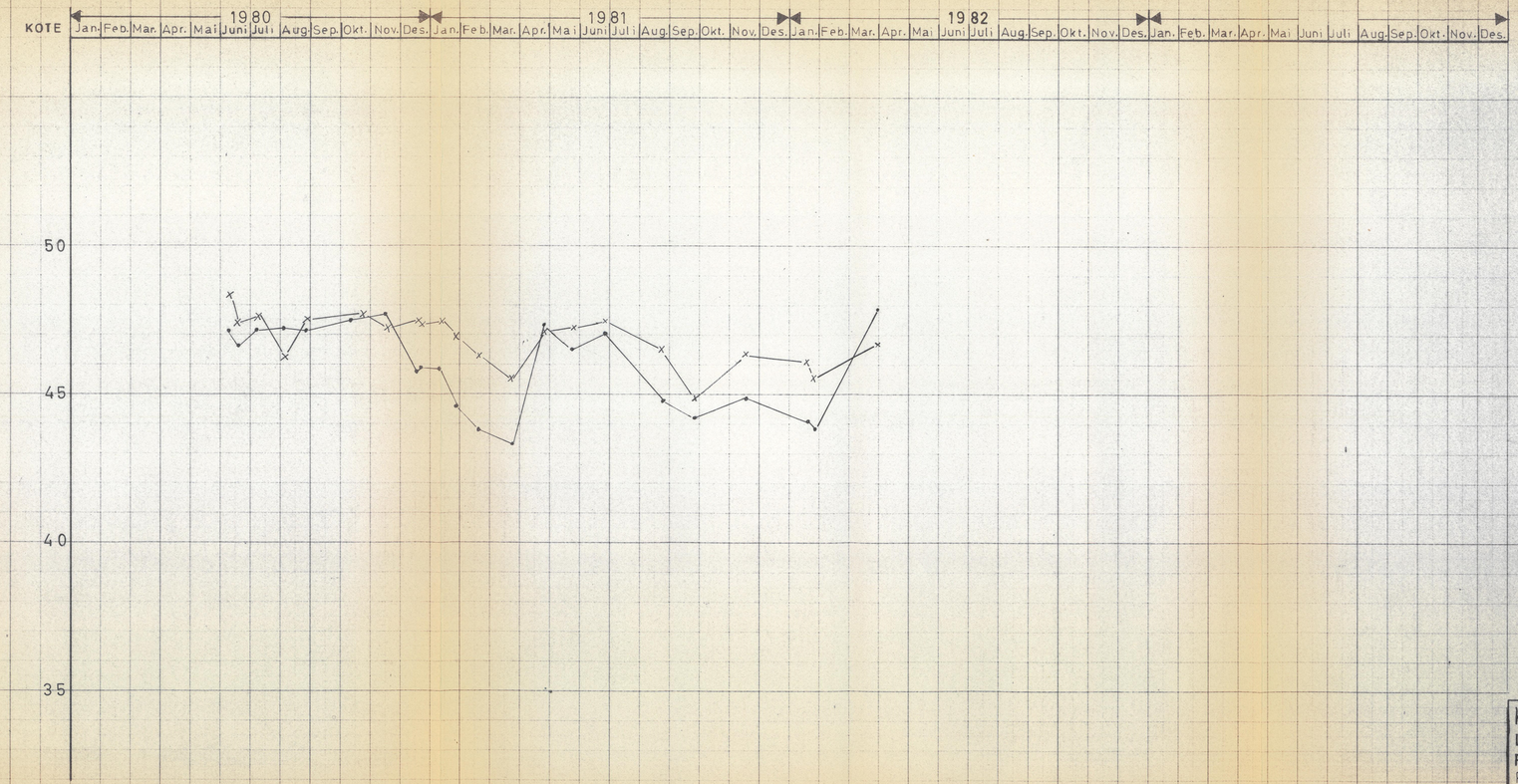
R 1065
Bilag 118

OSLO KOMMUNE
VANNVERKENE

Dato Feb 82







KLOAKKTUNNEL
LYSAKER-HEGGELI
PORETRYKKSMÅLING
Pz. 18 A. B

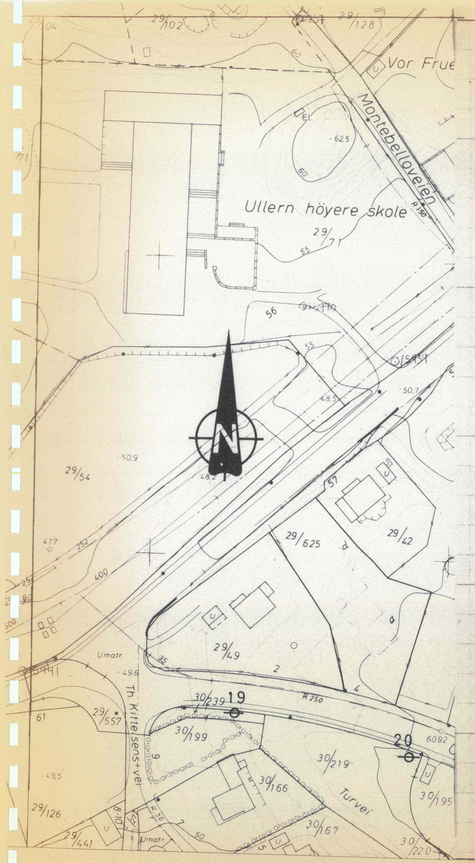
OSLO KOMMUNE
Geoteknisk kontor

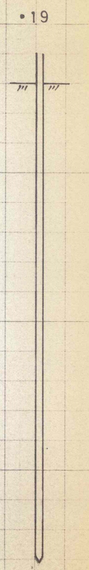
Målestokk

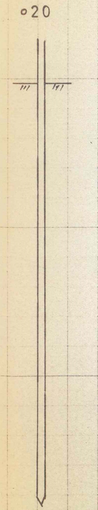
R 1065
Bilag 119

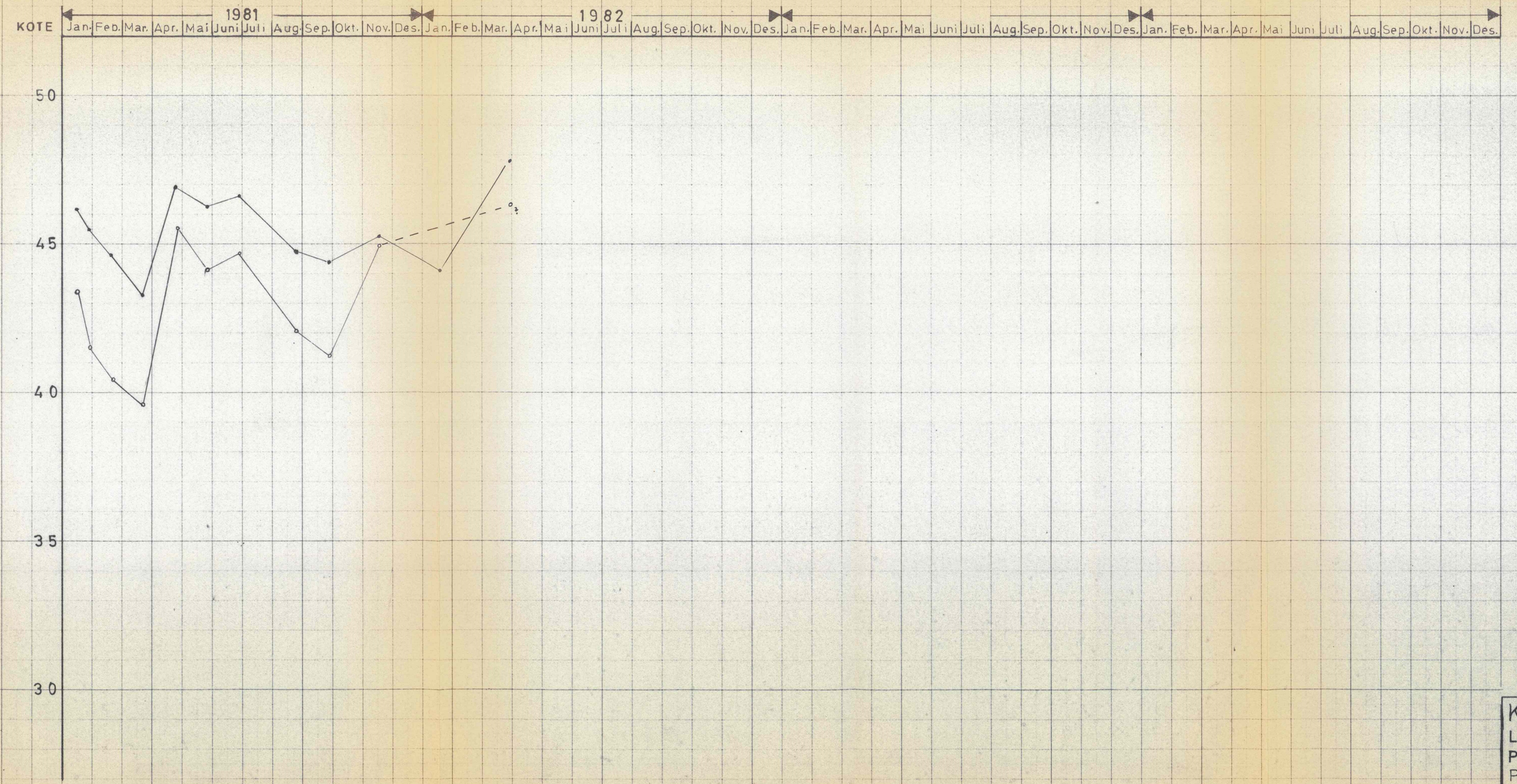
Dato

Kart ref. NIV 04









KLOAKKTUNNEL
LYSAKER-HEGGELI
PORETRYKKSMÅLING
Pz 19 og 20

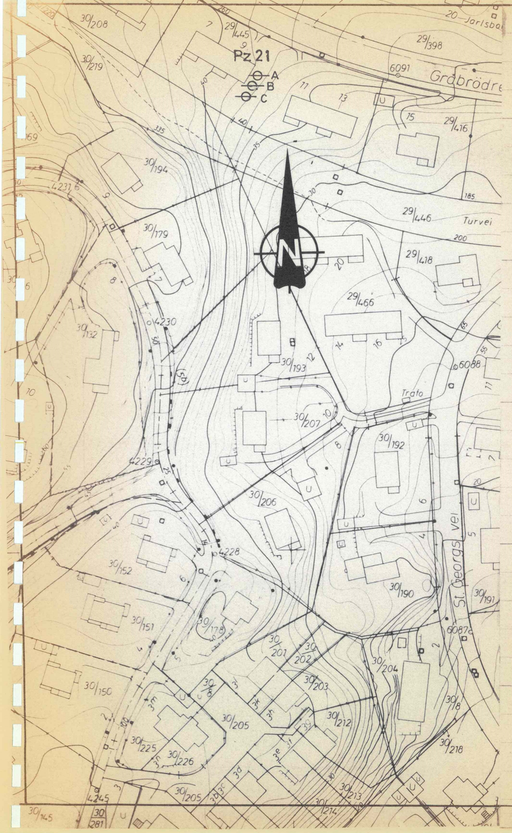
OSLO KOMMUNE
Geoteknisk Kontor

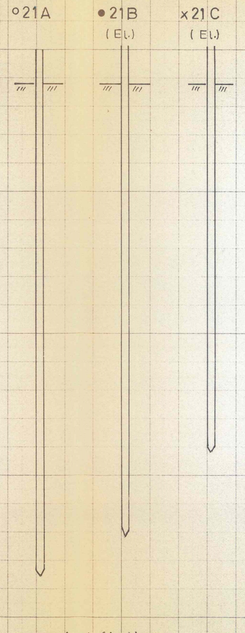
Målestokk

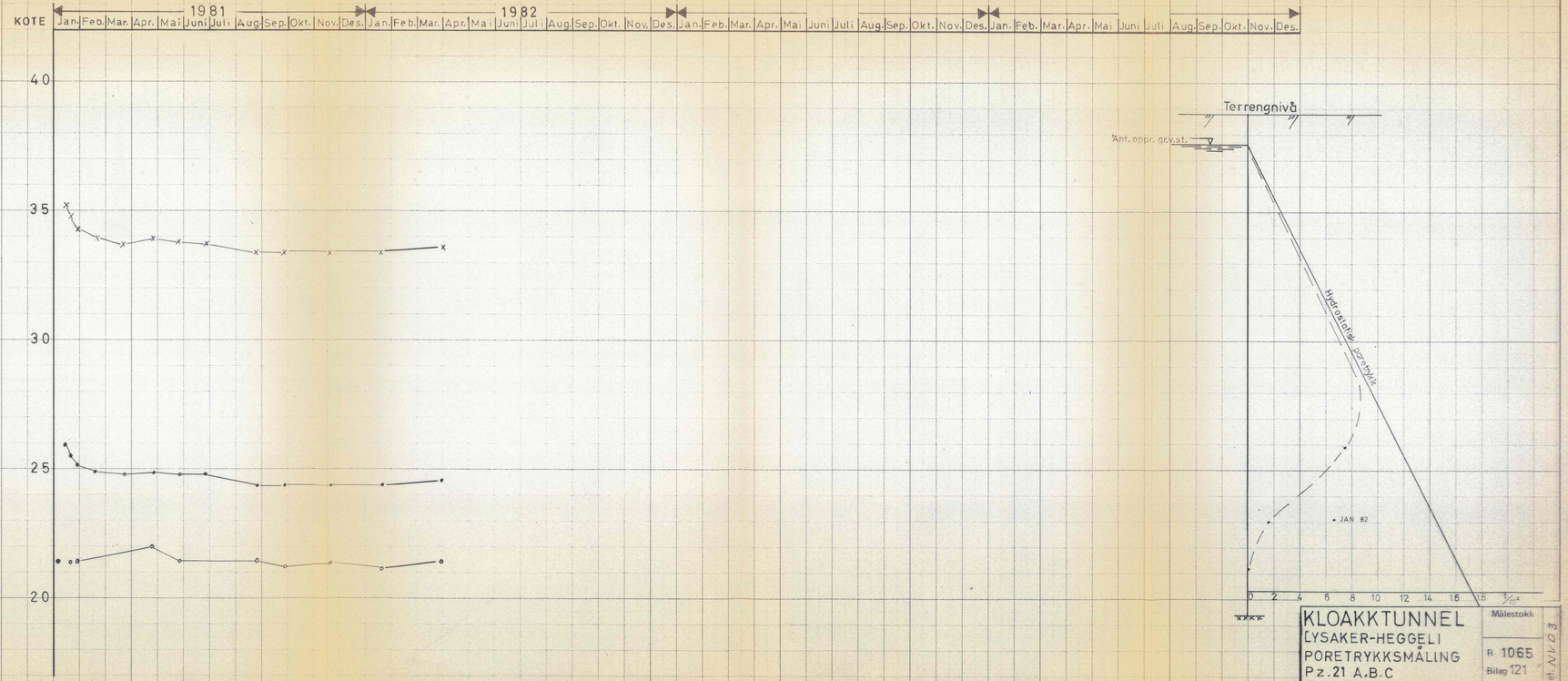
R 1065
Bilag 120

Dato

Kart ref. VV 04







KLOAKKTUNNEL
LYSAKER-HEGGELI
PORETRYKKSMÅLING
Pz. 21 A.B.C

OSLO KOMMUNE
Geoteknisk kontor

Målestokk

R. 1065

Bilag 121

Dato

Kart ref. A1203

KANAL I

Kotehöyder

Deformasjon i mm

syd 10 8 6 4 2 0 2 4 6 8 10 nord

44 42 40 38 36 34 32 30 28 26 24 22

KANAL I

Kotehöyder

Deformasjon i mm

vest 10 8 6 4 2 0 2 4 6 8 10 öst

44 42 40 38 36 34 32 30 28 26 24 22

KANAL II

Kotehöyder

Deformasjon i mm

syd 10 8 6 4 2 0 2 4 6 8 10 nord

40 38 36 34 32 30 28 26 24 22 20 18

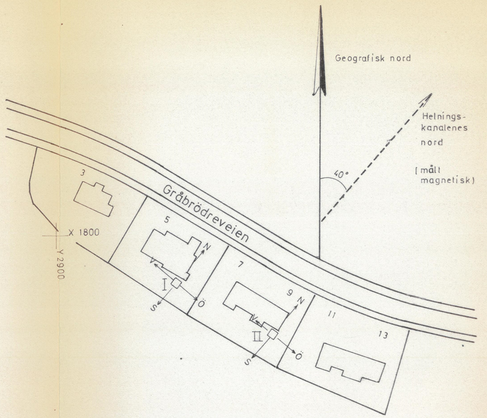
KANAL II

Kotehöyder

Deformasjon i mm

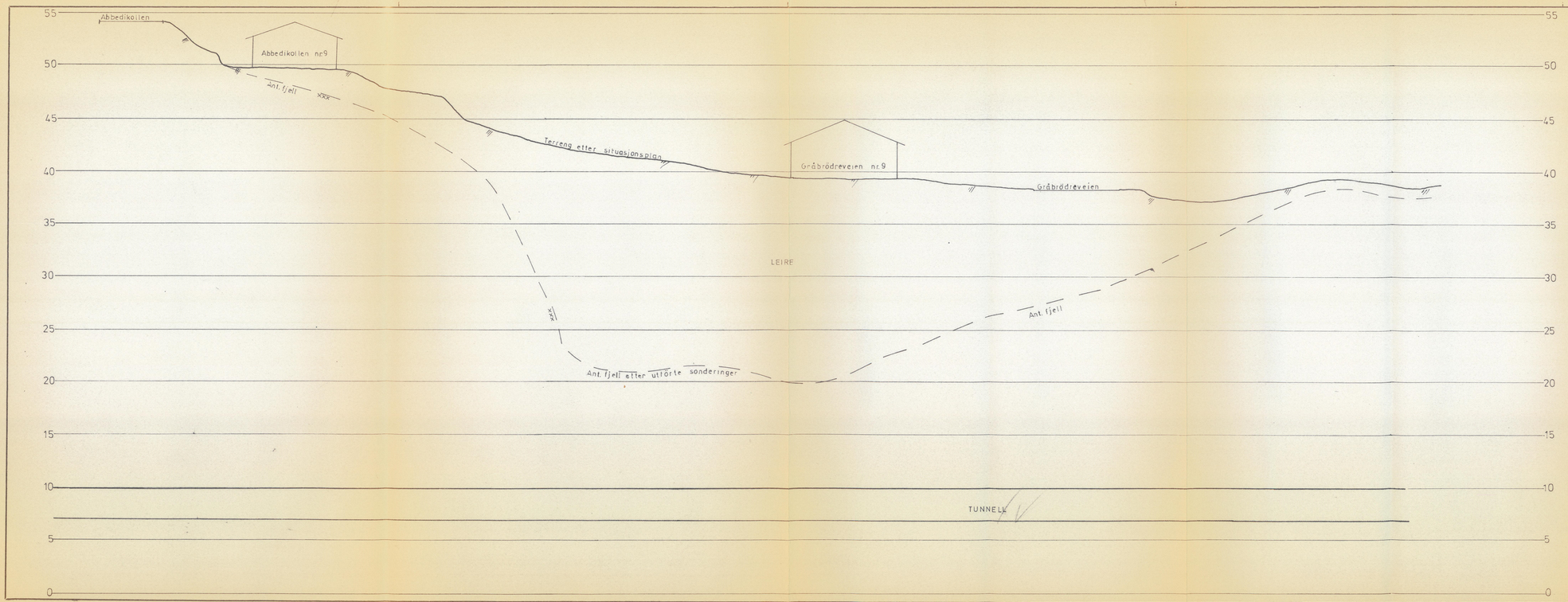
vest 10 8 6 4 2 0 2 4 6 8 10 öst

40 38 36 34 32 30 28 26 24 22 20 18



HOVEDKLOAKKTUNNELLEN Måleresultater Helningskanaler	Målestokk 1:1000
	R. 1065
	Bilag 122
OSLO KOMMUNE Geoteknisk kontor	Dato Jan 82

Kart ref. IV. D3-4



HOVEDKLOAKKTUNNELL Lysaker - Heggeli Lengdeprofil langs tunnelltraséen, Gråbrødrevn	Målestokk 1:200 R. 1065 Bilag 123
OSLO KOMMUNE Geoteknisk kontor	Dato Feb 82

Kart ref.


ULLERNCHAUSSEEN
Store Ringvei
Gråbrødreveien (74)
Jarlsborgv.
Atelier
Byggeområde for boliger
Parkeringsplass
Turvei A4
Thv. Kittelsens vei
Vestekroken (195)
Abbedikaller (70)
Midl. reg. best S-1860 6.6.73
Midl reg best S-1860 6.6.73
Midl reg. best S-1860, 6.6.73
Midl reg best S-1860 6.6.73
Midl reg. best S-1860

ULLERNCHAUSSÉEN

GRÅBRØDREVN.

Gråbrødreveien

Eksisterende tunnelitrase, Kote 7-10

ST. GEORGS VEI

LILLEAKERBANEN

Nr 3

Nr 5

Nr 7

Nr 9

Nr 11

Nr 15

5m
10m
15m
20m

Tegnforklaring:

Utført

- Torrengkote / Ant. fjellkote — Boredybde
- Ikke boret til fjell
- Fjell i dagen
- Enkel sondering
- Dreiesondering
- Vingeboring
- Prøvetaking
- Prøvetaking med skovlbor o.l.
- Fjellkontrollboring
- Dreie - trykksondering
- Poretrykksmåling

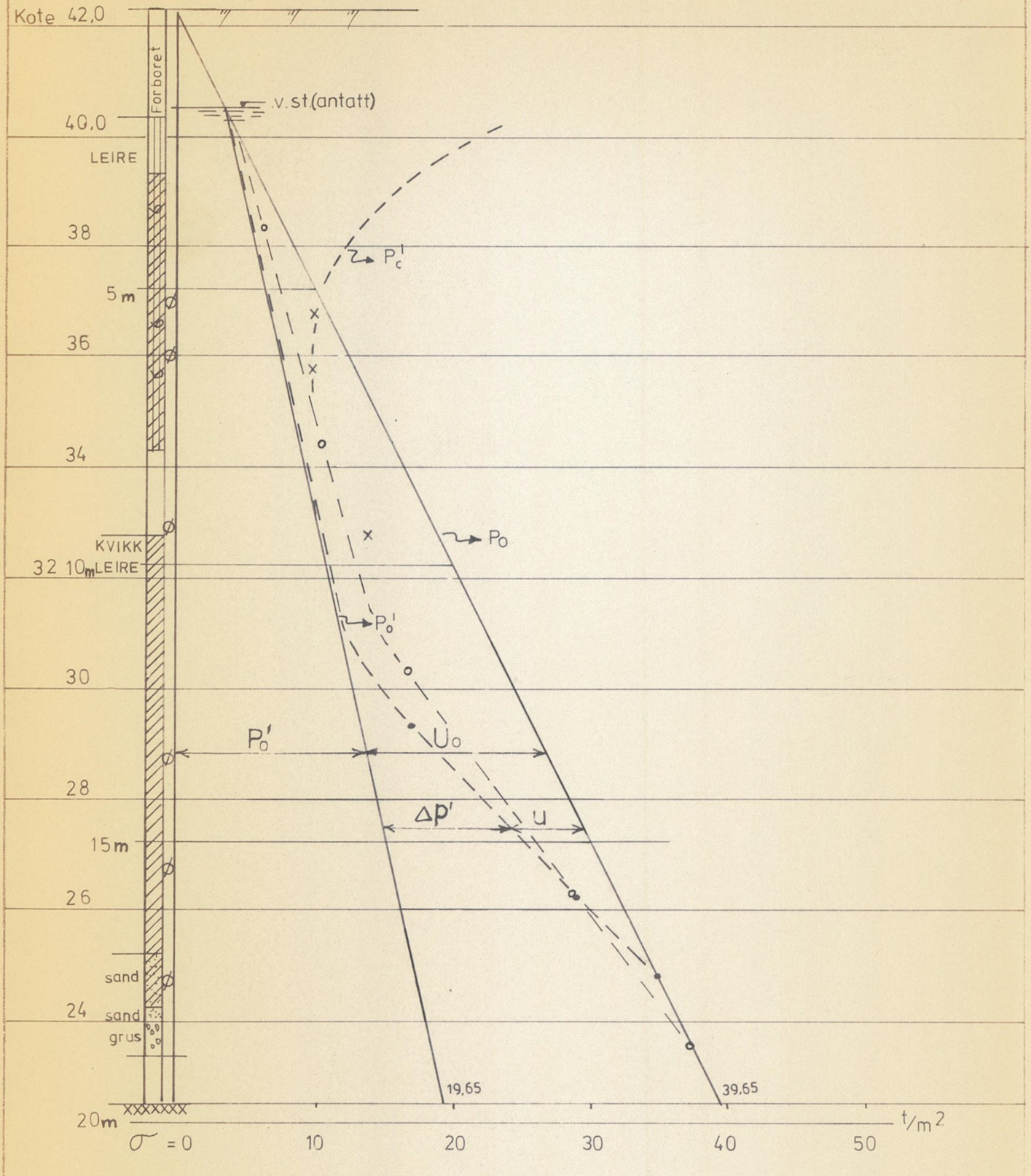
Utgangspunkt for nivellement: Egen bolt i fjell

Kartgrunnlag: bilag 44 R-1065

- Setningsmålinger
- Inklinometermålinger

5m dybde til ant. fjell
10m " " " "
15m " " " "
20m " " " "

Kloakktunnel	Målestokk 1:1000
Lysaker - Majorstua	
Lösmassemektighet	R-1065
Situasjons - og borplan	Bilag 125
OSLO KOMMUNE Geoteknisk kontor	Dato Mars 73
	Kart ref. NV 03-4



P_o' Opprinnelig eff. spenning

U_o Opprinnelig poretrykk (ant.)

$\Delta p'$ Økning av eff. spenninger som flg. av drenasje

X Målt forkonsolideringstrykk Pc'

• Målt poretrykk 14-1-81. Pz 21

o —"— —"— 17-1-82 Pz 13

Hovedkloakktunnel

Gråbrødreveien

Spenningsdiagram
Prøveserie fra hull 15
Poretrykk fra Pz 13, 21

OSLO KOMMUNE
Geoteknisk kontor

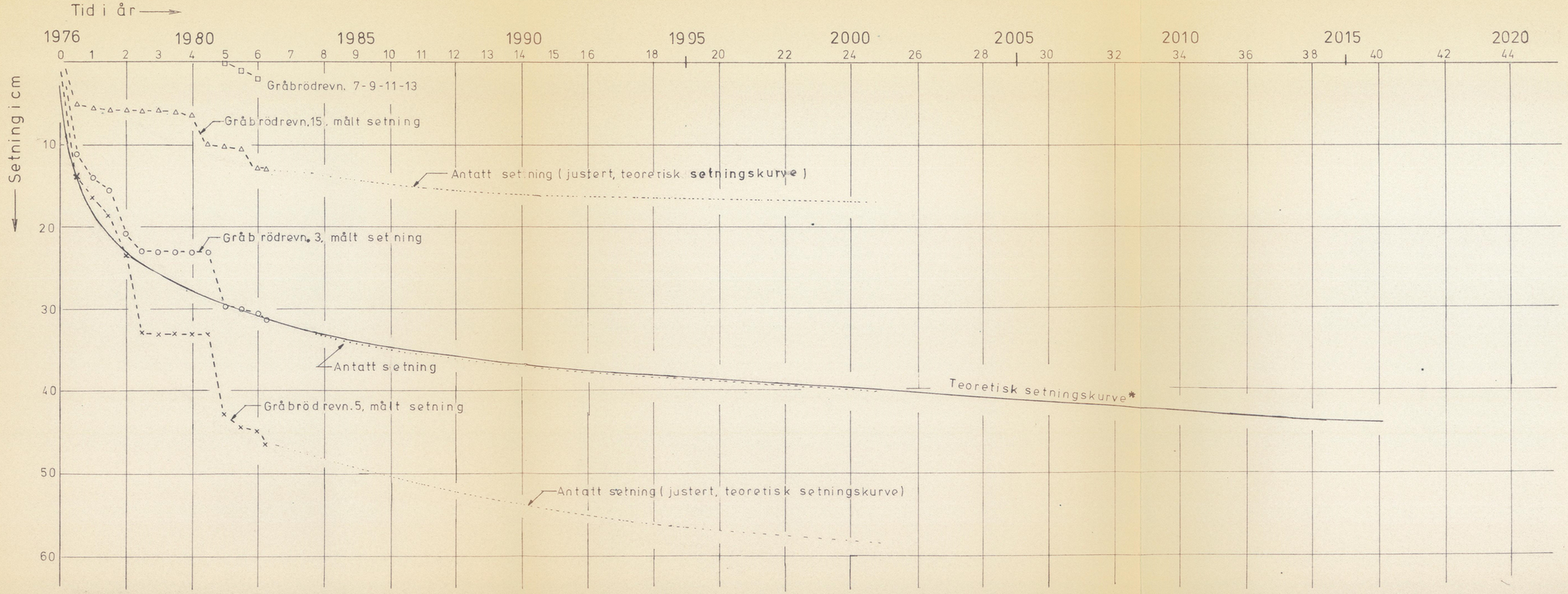
Målestokk 1:100

R-1065

Bilag 126

Dato Feb. 82

Kart ref.

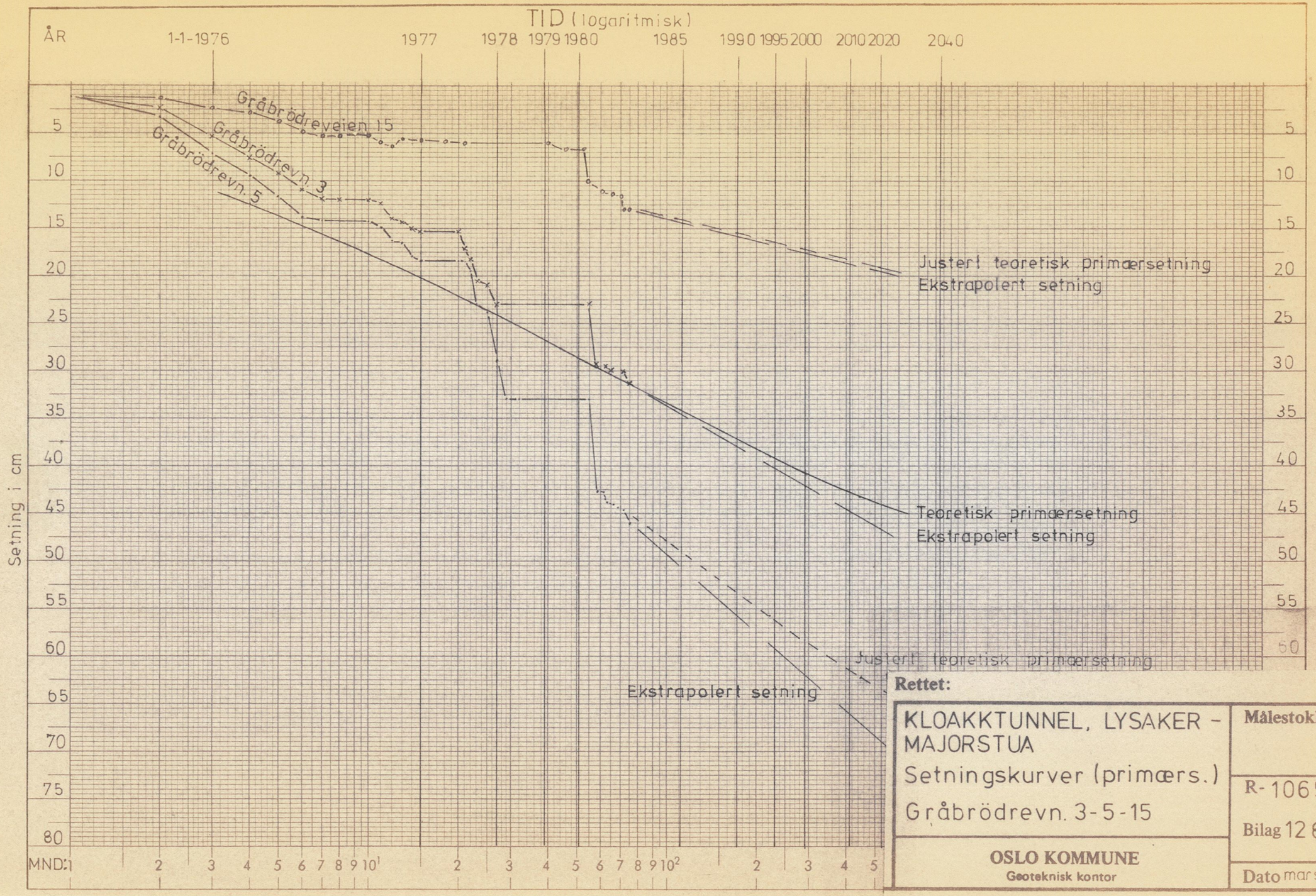


* De teoretiske setningene er beregnet på grunnlag av spenningsdiagrammet på bilag 126 hvor den setningsgivende delen av leirlaget er anslått til 15 m. Videre er det forutsatt at leiren blir fullstendig drenert med poretrykk u=o. Det er benyttet modultall m=18 som angitt i rapport R-1065-20.
For primærsetningenes tidsforløp er det benyttet en konsolideringskoeffisient Cv=6 cm2/år og en tøyningsfordeling etter tilfelle C. (Janbu).

Rettet:

KLOAKKTUNNEL LYSAKER - MAJORSTUA Setningskurver Gråbrødrevn. 3-5-15	Målestokk R-1065 Bilag 127
OSLO KOMMUNE Geoteknisk kontor	Datomars 82

Kart ref.



Rettet:

KLOAKKTUNNEL, LYSAKER – MAJORSTUA Setningskurver (primærs.) Gråbrødrevn. 3-5-15	Målestokk
	R-1065 Bilag 128
OSLO KOMMUNE Geoteknisk kontor	Dato mars 82

Kart ref.

Adresse	Maksimal setning mm	Maksimal differense-setning mm	Maksimal helning o/oo	maks. setning jan 81-jan 82 mm	Utjevnet setning siste år mm	Anmerkninger
Ullernch. 59	55	6	0,4	7	7	oktober-oktober
" 63						Sm = 10 mm
" 65						" " 6 mm
Th. Kitt.v. 7						" " 5
" " 14-16	(32) a)	15 b)	1,7 b)		6	Anm. nedenfor
Gråbrødrevn. 3	315	115	8	15	15-20	
" 5	462	92	5	23	30-35	
" "				32		Setningsplate
" 7-9				15		
" 9				13		Setningsplate
" 11-13				13		
" 15	130	20	1,5	18	12-15	
" 30				ca 2		
St. Georgsv. 6	10	2	0,3			Avd. juli 1977
" 20	49	15	1,6	17	5-10	
" 22	27	22	3	2	3-5	

a) Målinger startet først i august 1977. Usikkert fastmerke.
b) Bygget over grunnmur ble rettet opp i 1978.

HOVEDKLOAKKTUNNEL Oversikt over målte setninger i Gråbrødrevn. og omegn	Målestokk R-1065 Bilag 129
OSLO KOMMUNE Geoteknisk kontor	Dato mai 82

Kart ref