

**SKBF**  
**KBS**

**TEKNISK**  
**RAPPORT**

**79-20**

**Hydraulisk konduktivitet bestämd  
i stor skala i ytliga partier av Blekinge  
kustgnejs**

Ulf Lindblom, Hagkonsult AB, Göteborg  
Torbjörn Hahn, Fortifikationsförvaltningen, Stockholm

Göteborg juni 1979

**SVENSK KÄRNBRÄNSLEFÖRSÖRJNING AB / PROJEKT KÄRNBRÄNSLESÄKERHET**

*POSTADRESS: Kärnbränslesäkerhet, Box 5864, 102 48 Stockholm, Telefon 08-67 95 40*

HYDRAULISK KONDUKTIVITET BESTÄMD I STOR SKALA  
I YTLIGA PARTIER AV BLEKINGE KUSTGNEJS

Ulf Lindblom, Hagconsult AB, Göteborg  
Torbjörn Hahn, Fortifikationsförvaltningen, Stockholm  
Göteborg i juni 1979

Denna rapport utgör redovisning av ett arbete som utförts på uppdrag av SKBF projekt KBS. Slutsatser och värderingar i rapporten är författarens och behöver inte nödvändigtvis sammanfalla med uppdragsgivarens.

I slutet av rapporten har bifogats en förteckning över av SKBF projekt KBS hittills publicerade tekniska rapporter i denna serie.

I samband med underhållsarbete i en berganläggning nära Karlshamn gavs våren 1979 ett unikt tillfälle att utföra noggranna vatteninläckningsmätningar. Anläggningen ligger i samma bergformation som de av SGU utförda borrhningarna på Sternö.

Dessa mätningar har resulterat i föreliggande rapport.

Dec-Jan 78-79 gjordes en mindre studie över vatteninläckningen i ett antal berganläggningar i Blekinge. Resultaten från dessa mätningar finns redovisade i bilaga 1.

## SUMMARY

The field study described in this report was undertaken in a granitic/gneissic rock mass belonging to the Blekinge kustgnejs series of the Fennoscandian Shield in Southern Sweden. Other KBS publications (like Report 79-05) have reported on the hydrologic properties of this rock mass.

This study incorporates a thorough monitoring of the full scale water inflow to a shallow tunnel system constructed in the rock, and a comparison of these results with conventional packer tests in drillholes.

The pressure situation in the rock mass above the cavern is measured by means of a newly developed precision system, which can record changes in groundwater pressures as small as 1 kPa. Pressure readings are taken in 2 sektionen in two of the three 25-40 m long drillholes – one vertical, one inclined  $36^{\circ}$  and one horizontal – utilizing long packers (2 m) of a new design. These packers permit no water leakage along the drillhole.

Water losses in 2 m sections along the drillholes were controlled, once the piezometric control was finished. Same packer equipment was utilized. A very sensitive monitoring system for water losses was developed, capable of recording hydraulic conductivities well below  $10^{-11}$  m/s.

Potential flow nets constructed under the assumption of a homogenous, isotropic rock permeability pointed at an average conductivity of  $7 \cdot 10^{-8}$  m/s for the rock as a whole.

The precision determinations of water losses were interpreted as isotropic permeabilities of a porous medium. In the vertical drillhole, an average hydraulic conductivity of  $1 \cdot 10^{-9}$  m/s was determined, in the inclined  $2 \cdot 10^{-9}$  m/s, whereas the horizontal hole

showed a hydraulic conductivity of  $5 \cdot 10^{-8}$  m/s, i.e. comparable to the full scale result. However, if the readings from the most fractured inner sections of this drillhole are omitted, then the average conductivity is  $1 \cdot 10^{-9}$  m/s.

Partly, the differences can be explained by the fact that fractures intersect the tunnel floor, roof and walls perpendicularly, which is not true for all of the drillholes.

One might also conclude, that in a shallow and relatively fractured rock masses, it could be necessary to take account for the influence of fractured zones when packer tests are utilized to predict gross hydraulic conductivities of the rock mass.

## INNEHALLSFÖRTECKNING

	Sid	
1	BAKGRUND	1
2	BESKRIVNING AV FÖRSÖKSPLATSEN	2
3	GEOLOGISK ÖVERSIKT	2
3.1	Berggrund	2
3.2	Regional hydrologi	3
4	INFLÖDE TILL ANLÄGGNINGEN	4
4.1	Tidigare läckdata	4
4.2	Nya undersökningar	4
5	STRÖMNINGSANALYS	4
6	TRYCK- OCH VATTENFÖRLUSTMÄTNINGAR	5
6.1	Piezometriska tryckmätningar	5
6.1.1	Metod och utrustning	5
6.1.2	Mätresultat	6
6.2	Vattenförlustmätning	7
6.2.1	Metod och utrustning	7
6.2.2	Mätresultat	7
7	JÄMFÖRELSE OCH SLUTSATSER	8
	FIGURER	1 - 12
	Tabell	1, Bil. 1-3, Bil. 4-13
	Tabell	2

BILAGA 1. Vatteninläckning i några försvarsanläggningar  
i Blekinge

## 1. Bakgrund

Den enda tänkbara spridningsprocessen för radioaktivt material från en slutförvaringsanläggning till biosfären är via grundvatten som strömmar i bergsprickor runt förvaringsplatsen. För en bedömning av riskerna med slutförvaring av radioaktivt avfall har därför konkreta erfarenheter av grundvattenströmning i bergmassor stor betydelse.

I denna rapport har geohydrologiska erfarenheter dragits från en relativt ytligt nedsprängd lagringsanläggning i den bergmassa, som angetts som tänkbar lokal för en svensk slutförvaringsanläggning. Det skall påpekas att de hydrauliska konduktiviteter som diskuteras i denna rapport är representativa för det ytliga berget - ej för det betydligt tätare berget på slutförvaringsnivån (500 m).

Avsikten med undersökningen har varit att bedöma den "verkliga", storskaliga konduktiviteten och jämföra denna med den hydrauliska konduktivitet som bestämts med noggranna vattenförlustmätningar i borrhål genom samma bergmassa.

I ett antal KBS-rapporter har olika permeabilitetstester, som alla mäter i små bergvolymmer, redovisats. I KBS Teknisk rapport nr 79-8 har dock storpermeabiliteten bestämts genom kontrollerad vatteninläckning och strömningsanalys i en anläggning. Samtidigt har jämförelse gjorts med vattenförlustmätning i borrhål. Det är av stort intresse att kontrollera de skallagar som eventuellt gäller.

I KBS rapporter över borrhåingarna på Sternö finns ett antal permeabilitetsmätningar utförda i borrhål. I samband med underhållsarbeten i en berganläggning i Blekinge gavs våren 1979 ett unikt tillfälle att göra kontrollerande vatteninläckningsmätningar jämte vattenförlustmätningar i borrhål.

En förutsättning för att man skulle utnyttja anläggningen för en

undersökning var att man hade ett för borrhningarna på Sternö representativt bergavsnitt. Genom studie av de nakna bergytorna i de tillgängliga tunnlarna samt studier av geologisk kartinformation kunde konstateras att anläggningen låg i ett för borrhningarna representativt avsnitt av kustgnejsen.

## 2. Beskrivning av försöksplatsen

I berget finns utsprängt bl a tunnlar med tvär- och längdsektion enligt Fig 1. resp. Fig 2. I ett plan ovanför tunnlarna finns orter av mindre dimension från vilka tre kärnborrhål borrades i berget mellan tunnlarna.

## 3. Geologisk översikt

### 3.1 Berggrund

För den allmänna beskrivningen av berggrunden hänvisas till KBS kompletterande geologiska studie i Sternö (KBS Rapport 79-05). Anläggningen som undersökts ligger i samma bergformation som de av SGU utförda borrhningarna. Den ligger dock närmare den NNE-SSW brant stående diabasgången. De aktuella tunnlarna ligger dock inte i kontakt med diabasen. Berggrunden, som kunnat studeras i väggar och tak, består av mycket sprickfattig kustgnejs som på några få ställen blir mer granitoid.

Under utsprängningen utfördes geologisk kartering. Denna visar att inga större krosszoner skär anläggningen. Endast halsarna och ena gaveln till tunnel 1 och 3, jfr Fig 3 och Fig 4., skärs av en mindre krosszon med lerfyllda sprickor. Någon större vattenföring har ej kunnat iakttagas i krosszonen.

Huvudsprickriktningen ligger i ca  $70^{\circ}$  mot längsaxeln i tunnlarna 1, 2 och 4 och skär längsaxeln i tunnel 3 i ca  $20^{\circ}$ . Ett något mindre uttalat spricksystem skär det föregående i nära rät vinkel. Bankningarna, d v s det horisontella eller flacka spricksystemet, är ej uttalat.



Med ledning av det ovanstående torde kunna konstateras att bergmassan är anisotrop avseende de hydrauliska egenskaperna. En strömningsanalys i en tvärsektion återspeglar förhållandena i den mest permeabla riktningen. Den hydrauliska konduktiviteten längs bergrummen kan vara betydligt lägre. Injekteringsarbetena under byggnadstiden var av liten omfattning och torde inte ha påverkat bergmassans vattenföring i någon nämnvärd grad.

Den kärnbörning som utfördes för vattenförlusttesterna visar det man kunnat iakttaga i tunnlarna. Kärnborrhålen borrades från övre ortssystemet i ett vertikallplan ungefär mitt i bergpelaren mellan tunnlarna 2 och 4. Ett hål borrades horisontellt 30 m (Bh 1), ett vertikalt 25 m (Bh 3) och ett 36<sup>0</sup> nedåt med längden 40 m (Bh 2). Vertikallplanet med kärnborrhålen framgår av Fig. 3 och 4. Borrkärnorna kartlades och en modifierad C-faktor, den s k Bolidenfaktorn, beräknades, jfr Tab. 1 med bilagor 1-13. Ur tabellen framgår att i skalan för sprickfrekvens: mycket hög – mycket låg, samtliga borrhålslängder låg i frekvensområdet låg eller mycket låg. Fotografier på kärnorna visas i bilagor 4-13. Bergkvaliteten överensstämmer med vad som redovisats i KBS rapporter om bergförhållandena på Sternö.

En jämförelse med andra anläggningar där motsvarande beräkningssätt använts visar att det undersökta berget är av mycket god kvalitet. Riktningen på kärnborrhålens vertikallplan i förhållande till dominerande spricksystem innebär att de erhållna vattenförlusterna kan bli större än för berget i stort om detta betraktas som ett isotropt material.

### 3.2 Regional hydrologi

Området ligger ej långt från havet. Inga högre belägna sjösystem finns i omedelbar närhet. Pejlingen i brunnar i nordöstliga delen av tvärsektionen bekräftar att grundvattennivåerna följer topografin. Detta har antagits i den beräkningsmodell som använts i rapport nr 79-10.

Sänkningstrattens ungefärliga variation framgår av Fig. 1

#### 4. Inflöde till anläggningen

##### 4.1 Tidigare läckdata

1978 gjordes mätningar av vatteninflöde i tre tunnlar, jfr Tab. 2. Inläckningen motsvarar endast 0,2 - 0,4 l per min och 1000 m<sup>2</sup> bergarea.

##### 4.2 Nya undersökningar

För att kunna precisionsbestämma inläckningen av grundvatten till försökstunnlarna konstruerades och tillverkades utpumpningsanordningar enligt Fig. 5. Dessa bestod i princip av två uppåt öppna plåt-cylindrar med en tjock stålplatta i botten som barlast. Cylindrarna horisonterades på bergrumsbotten. När vattenytan stigit till överkanten och börjat strömma in i cylindern, hölls denna läns med en pump placerad inne i cylindern. Den utpumpade mängden registrerades på en vattenmätare. Utslaget på mätaren motsvarar den totalt inläckande vattenmängden till respektive tunnel eftersom inga andra läckagevägar för vattnet förekom.

Inflödesmätningar genomfördes för tunnel 2 och 4, som under mätningarna var helt tillslutna och saknade ventilation. I Fig. 6 visas de registrerade vatteninflödena i tunnel 2 och 4 som funktion av tiden. Man konstaterar att den stationära inläckningen är 8,4 och 5,3 l/min för tunnel 2 respektive 4.

#### 5. Strömningsanalys

I Fig. 7 visas strömningsbilden i tvärsektionen A-A under antagande om isotrop permeabilitet. I den skala som valts i figuren motsvarar tryckdifferensen ca 5 potentialfall mellan vattenyta och tunnel, d v s det strömmande vattnets tryck sjunker med 5 tryckenheter vid strömningen från grundvattenytan till tunneln. Av utrymmesskäl kan endast ett par av dessa potentialfall ses i figuren.

Antalet strömrör till tunnel 2 och 4 är 6 st (ett strömrör gemensamt).

Grundvattenytans avsänkning mot berganläggningen motsvarar ett tryckfall på i medeltal 30 m vp.

De registrerade vattenflödena till tunnel 2 och 4 gemensamt är stationärt ca 13,7 l/min eller  $2,2 \cdot 10^{-4} \text{ m}^3/\text{s}$ .

Hade anläggningen varit långsträckt (L stort) skulle den hydrauliska konduktiviteten  $k$  kunnat beräknats ur

$$\frac{2,2 \cdot 10^{-4}}{L} = k \cdot \frac{n}{m} \cdot \Delta H, \text{ där}$$

$n$  är antalet strömrör (6),  $m$  antalet potentialfall (5) och  $\Delta H$  tryckfallet (30 m vp).

På grund av den relativt ringa längden hos tunnarna måste hänsyn tas till inströmning via gavlarna. Detta kan göras genom att reducera inströmningsvärdet med en faktor som i detta fall ligger omkring 0,7. Inströmningen blir då  $7 \cdot 10^{-8} \text{ m/s}$ .

## 6. Tryck- och vattenförlustmätningar

Dessa mätningar utfördes i de tre kärnborrhålen, vilkas läge, sprickmönster m m tidigare beskrivits i avsnitt 3. I horisontalhålet genomfördes endast vattenförlustmätningar.

Samma utrustning som beskrivits i KBS Teknisk rapport 79-8 användes vid dessa mätningar.

### 6.1 Piezometriska tryckmätningar

#### 6.1.1 Metod och utrustning

Vid mätning av den piezometriska tryckhöjden användes samma instrument som vid portryckmätning i jord och grundutrustningen

för vattenförlustmätning, se Fig. 8, kompletterades med ett munstycke anpassat till den vanliga portryckmätningstrustningen.

Noggrannheten vid piezometermätningen har vid kalibrer visat sig vara  $\pm 0,6$  % av utslaget, vilket i detta fall innebär ett fel av högst  $\pm 10$  cm vp, enligt Fig. 11.

För uppblåsning av tätningsmanschetterna användes tryckluft från tub, varvid manschettrycket hölls minst 500 kPa högre än rådande vattentryck i berget. För att expandera gummimanschetterna till  $\emptyset$  46 mm erfordrades ett tryck av 100-150 kPa varför tätningstrycket mot borrhålets väggar var minst 350 kPa högre än det i berget rådande trycket.

På grund av den klena arean hos tryckluftsledningen ( $\emptyset$  inv 1,6 mm =  $0,02 \text{ cm}^2$ ) anslogs 10 minuter för uppblåsning av tätningsmanschetterna mellan varje mätnivå. Vid skarvning av tryckluftledningen användes skarvhylsor och tennlödning, vilket visade sig ge en snabb och tillförlitlig skarv. 1"-rören skarvades med utvändig skarvmuff som tätsvetsades till röret i ena ändan och tätades med gängtape i den andra.

För att manövrera utrustningen i borrhålen användes ett manuellt kedjespel med 500 kg lyftförmåga.

### 6.1.2 Mätresultat

Resultaten av tryckmätningarna i Bh2 och Bh3 visas i Fig. 9 respektive 10. Man ser att avvikelserna från hydrostatiska förhållanden är mycket stora, särskilt i det vertikala hålet, beroende på att grundvattnet i bergpartiet mellan bergrummen till stor del är avsänkt.\* Vattentrycken bestämdes som asymptoten på tryckutjämningskurvan vid respektive mättillfälle, se Fig. 11. Som framgår av figuren kunde utjämningsstiderna ibland vara mycket långa. De bestämda vattentrycken har använts vid

---

\* ) De små grundvattentryck som uppmätts ovanför grundvattenytan i bergpartiet mellan tunnlarna, härrör troligen från fritt dränagevatten som strömmar på golvet i de ovanförliggande orterna.

tolkningen av vattenförlusterna till hydraulisk konduktivitet, jfr avsnitt 6.2.2.

## 6.2 Vattenförlustmätning

### 6.2.1 Metod och utrustning

Vid vattenförlustmätningen användes samma grundutrustning som beskrivits under kap. 6.1.1. För att eliminera eventuella tryckförluster ned till mätvåningen monterades ett plaströr med sänke i 1"-röret omedelbart ovanför mätspetsen. Genom att vattenfylla detta rör och ansluta det till en precisionsmanometer kunde trycket omedelbart ovanför mätspetsen kontrolleras. Tryckvattnet för vattenförlustmätningen erhöles från en uppsättning behållare av varierande diametrar, parallellkopplade till ett graderat vattenståndsrör. Trycket åstadkoms med hjälp av tryckluft, Fig. 12. Vid vattenförlustmätningen köpplades lämplig vattenbehållare in och tryckluft påfördes i behållaren.

Mätsektionens längd i borrhålet var genomgående 2 m.

Under försökets gång avlästes vattennivån i vattenståndsröret och trycket på precisionsmanometern mot tiden. Känsligheten på tryckmätningen var så stor att inverkan av vattenståndssänkning i behållarna kunde observeras på manometern. Noggrannheten var inom det aktuella mätområdet vid tryckmätningen  $\pm 20$  cm vp och vid volymmätningen ned till  $\pm 0,07$  cm<sup>3</sup>/min. Detta innebär att man vid 0,5 MPa övertryck kan registrera konduktiviteter lägre än  $10^{-11}$  m/s.

### 6.2.2 Mätresultat

Vattenförlusterna  $q$  har tolkats till hydraulisk konduktivitet  $k$  enligt sambandet

$$k = \frac{q}{\Delta p} \frac{1 + \ln \frac{L}{2r}}{2\pi \cdot L}$$

där  $\Delta p$  är skillnaden mellan pålagt tryck mellan manschetterna (0,3 MPa) och det rådande vattentrycket på nivån (jfr avsnitt 6.1.2) och  $L$  och  $r$  är höjden respektive radien på den trycksatta delen av borrhålet. Resultaten av vattenförlustmätningarna visas i Fig.9 och 10.

Medelkonduktiviteterna (aritmetiskt) för de tre borrhålen kan beräknas till

Borrhål	$k_m$ , m/s
1 horisontellt	$5 \cdot 10^{-8}$
2 snedhål $36^\circ$	$2 \cdot 10^{-9}$
3 vertikalt	$1 \cdot 10^{-9}$

Som framgår av Fig. 9, visade inre delen av det horisontella hålet betydligt större vattenförlust än hålet i övrigt.

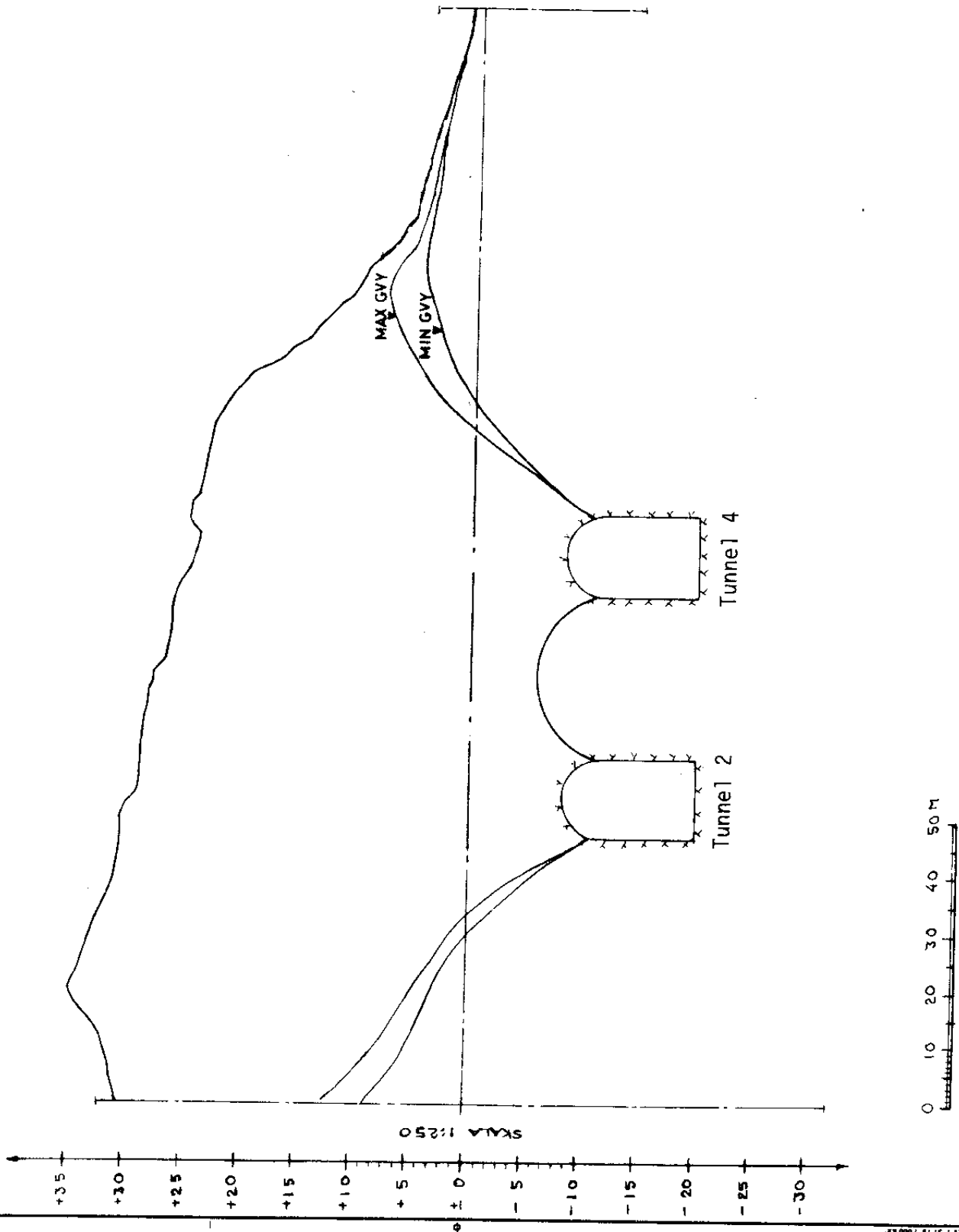
### 7. Jämförelse och slutsatser

En bedömning av den storskaliga hydrauliska konduktiviteten med hjälp av potentialströmningsnät och pumpdata visade värden kring  $7 \cdot 10^{-8}$  m/s.

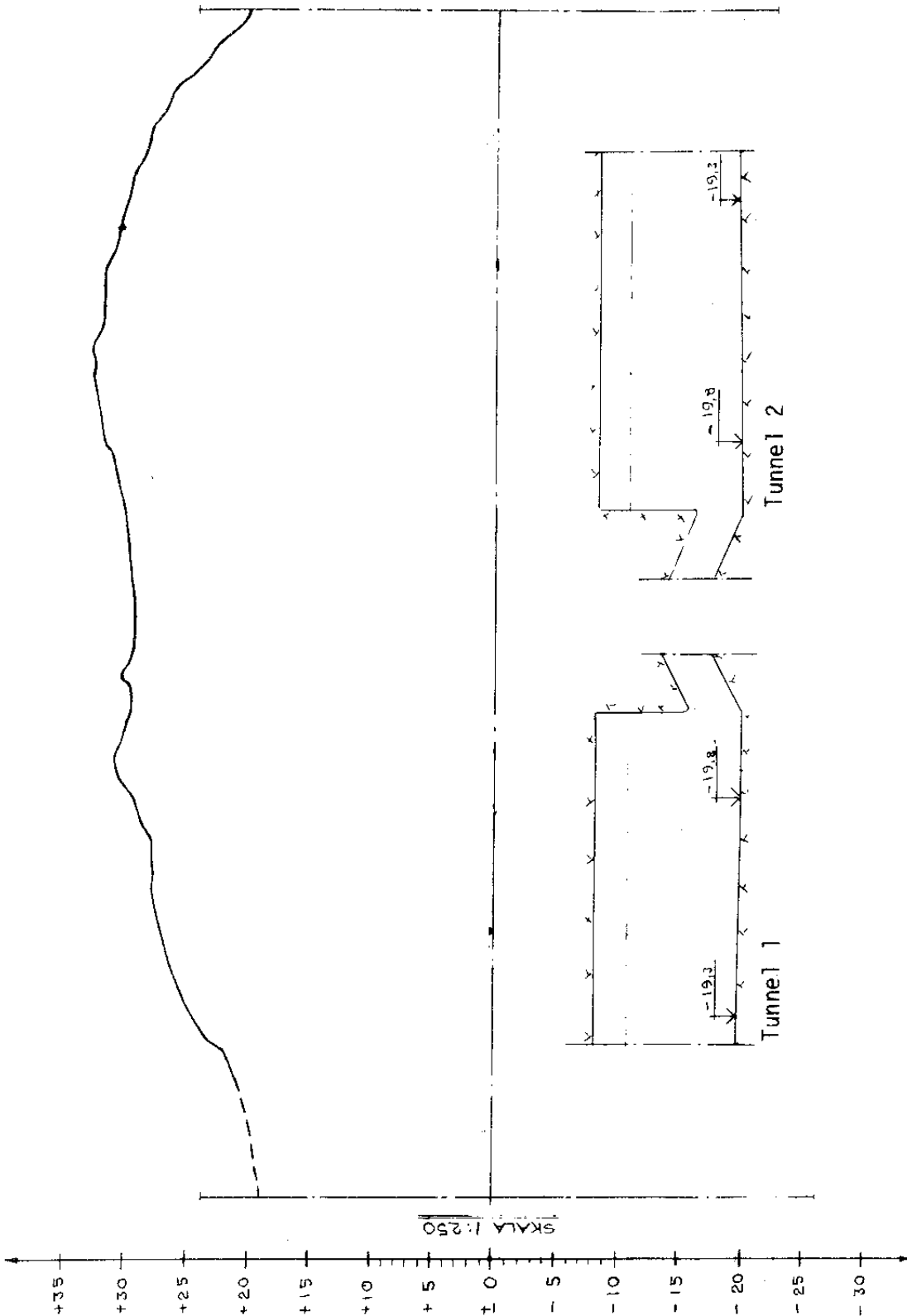
Vattenförlustmätningar i kärnborrhål gav vid tolkning till hydraulisk konduktivitet betydligt lägre värden, omkring  $10^{-9}$  m/s. En anledning till den låga vattenförlusten från borrhålen, relativt inläckningen till bergrummen, kan vara att de senare tvärrör över det vattenförande spricksystemet under nära rät vinkel, vilket inte gäller för alla borrhålen.

I det inre avsnittet av det horisontella borrhålet påträffades mera otätt berg. Medtas de tre vattenförlustobservationerna från detta parti, blir genomsnittskonduktiviteten för hålet  $5 \cdot 10^{-8}$  m/s, d v s i paritet med det storskaliga värdet för bergrummen. Detta visar på betydelsen av lokala zoner med högre genomsläpplighet när det gäller en hel bergmassas hydrauliska konduktivitet.

Som jämförelse kan nämnas att den storskaliga, isotropa permeabiliteten vid ett annat bergrum i samma bergformation bestämts till  $1 \cdot 10^{-8}$  m/s.














FIGUR 1. TVÄRSEKTION AV ANLÄGGNINGEN

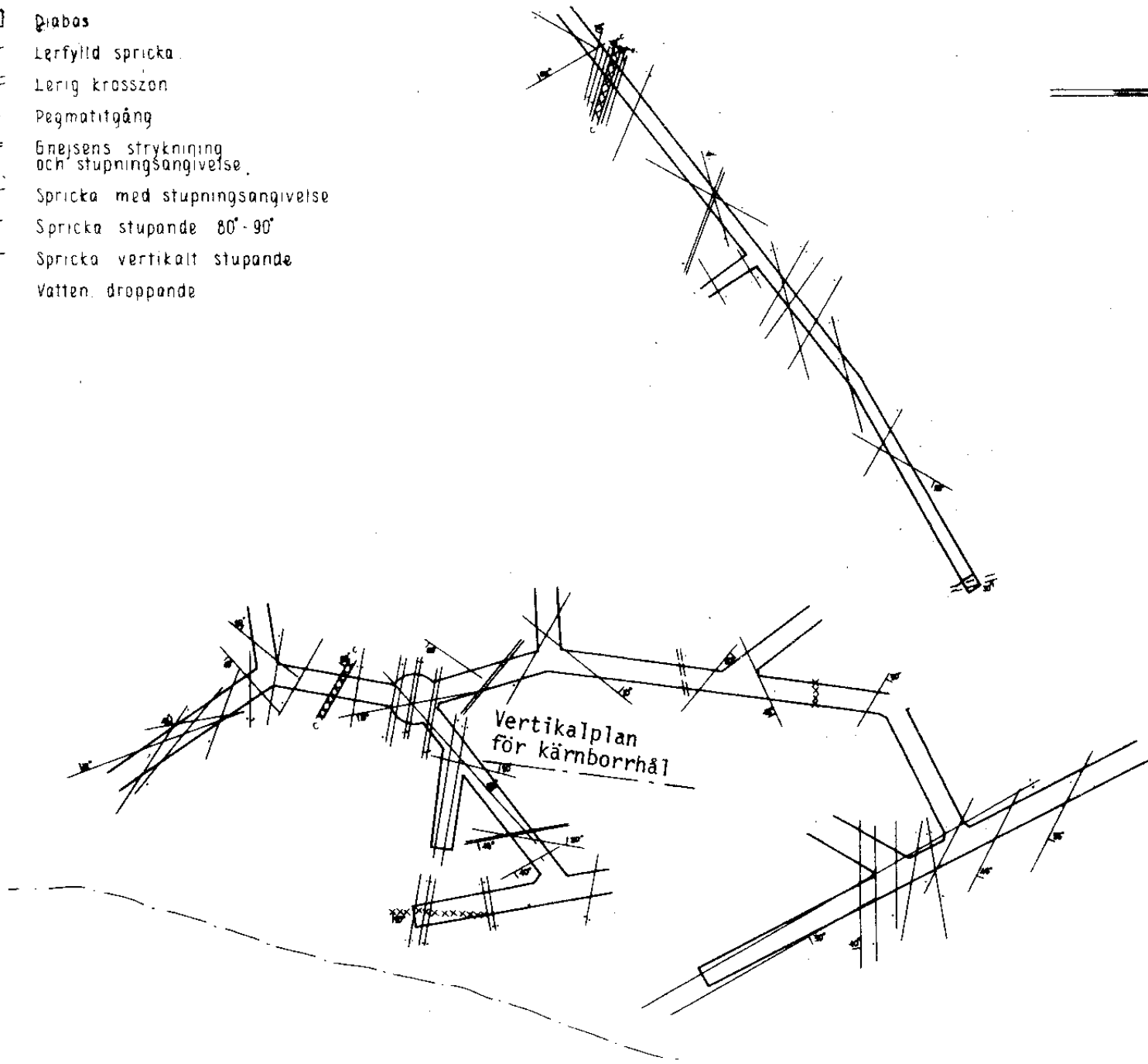


FIGUR 2. LÄNGSSEKTION AV ANLÄGGNINGEN















TECKENFÖRKLÄRING

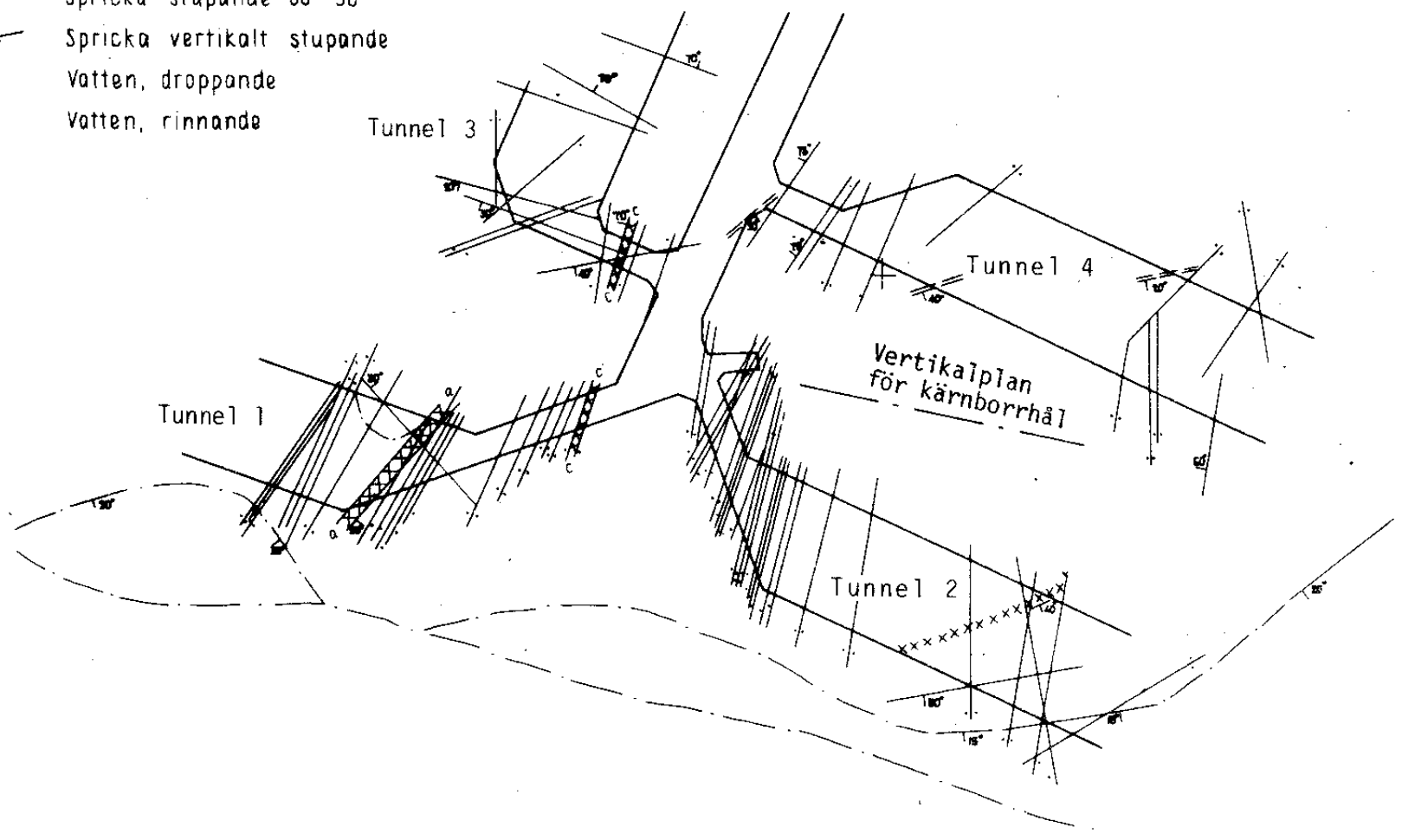
-  Granit
-  Gnejs
-  Diabas
-  Lerfylld spricka
-  Lerig krosszon
-  Pegmatitgång
-  Gnejsens strykning och stupningsangivelse
-  Spricka med stupningsangivelse
-  Spricka stupande 80°-90°
-  Spricka vertikalt stupande
-  Vatten droppande



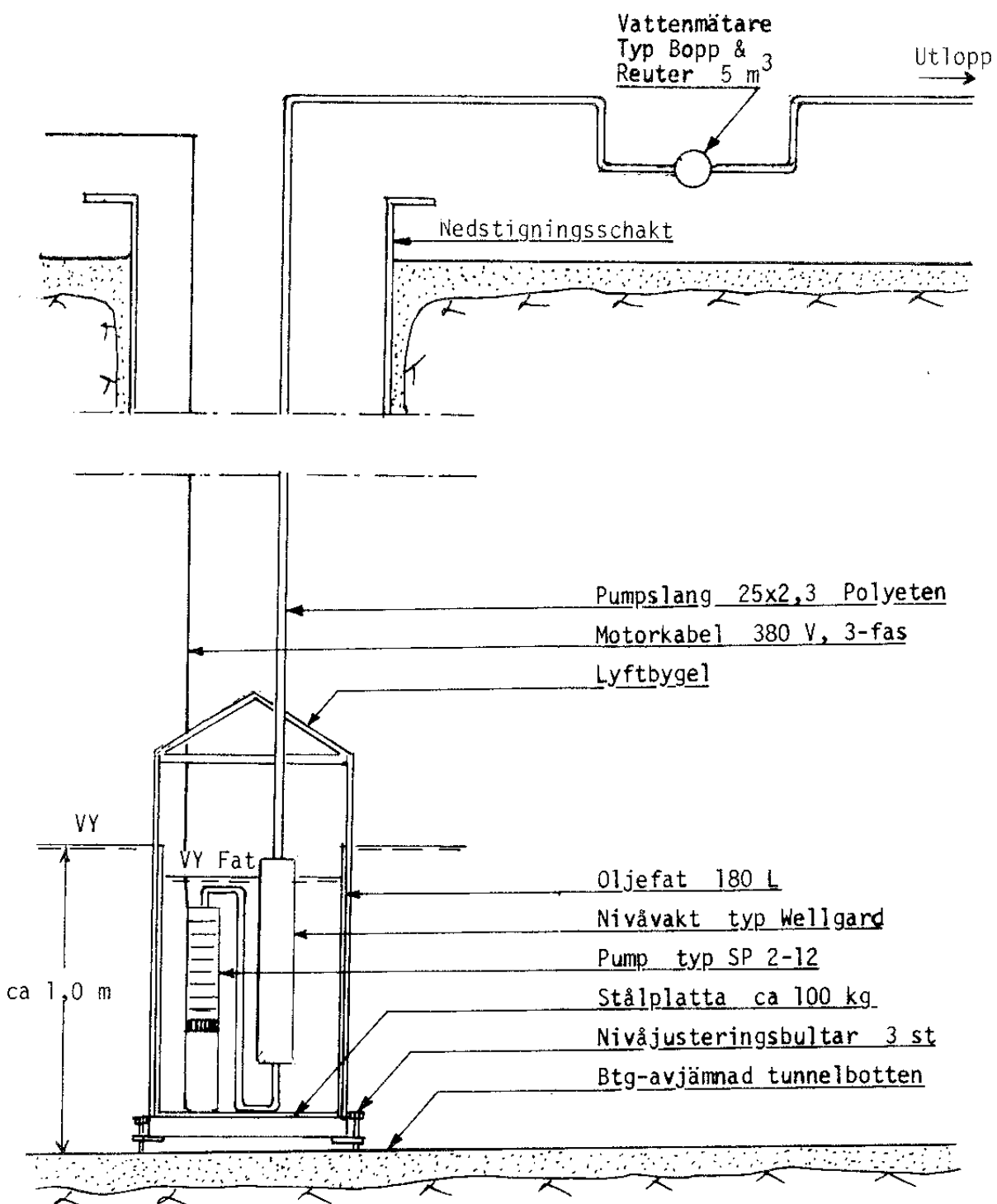
FIGUR 3. GEOLOGISK KARTERING  
ÖVRE PLAN

TECKENFÖRKLARING

-  Granit
-  Gnejs
-  Diabas
-  Lerfyllad spricka
-  Lerig krosszon
-  Pegmatitgång
-  Gnejsens strykning och stupningsangivelse
-  Spricka med stupningsangivelse
-  Spricka stupande 80°-90°
-  Spricka vertikalt stupande
-  Vatten, droppande
-  Vatten, rinnande

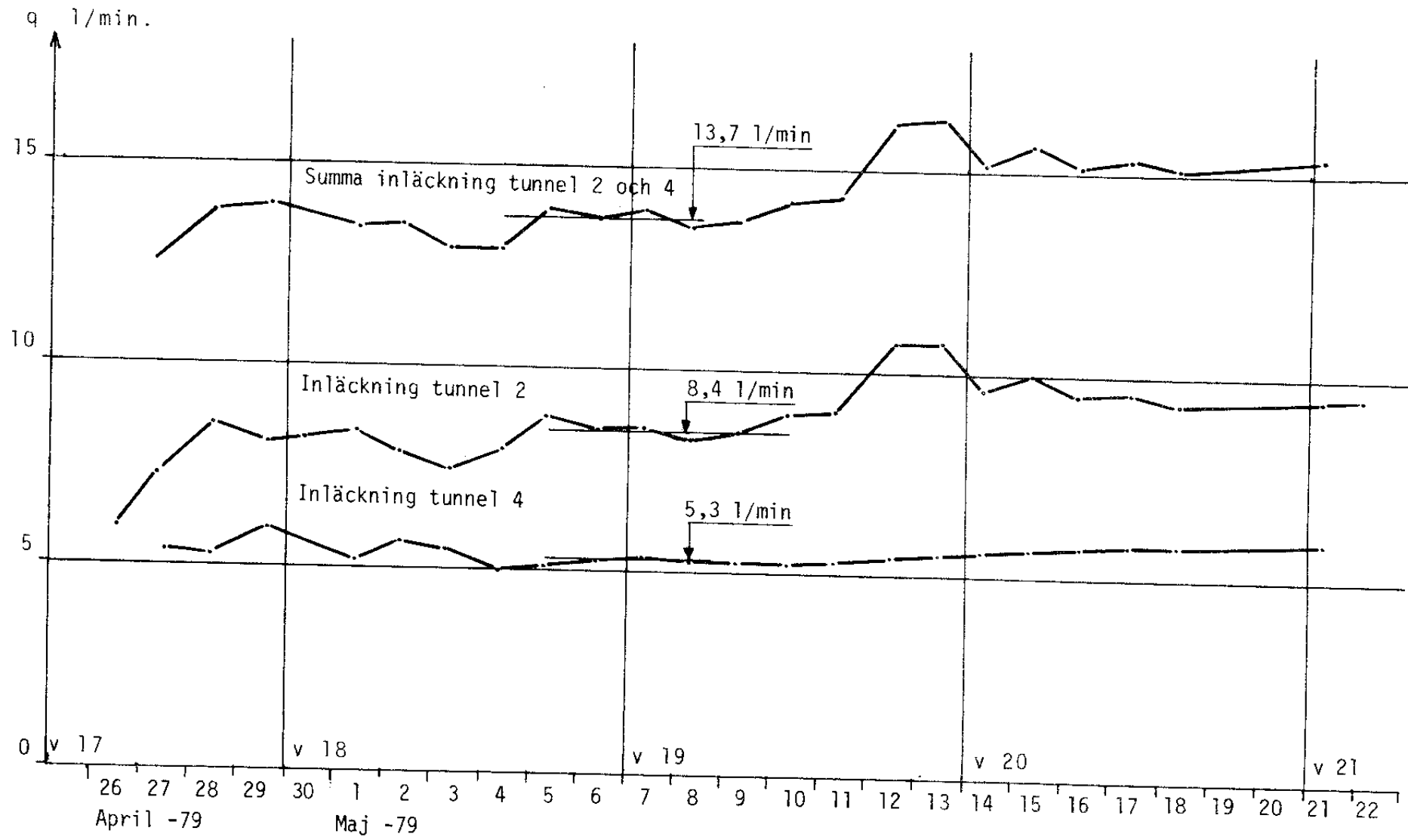


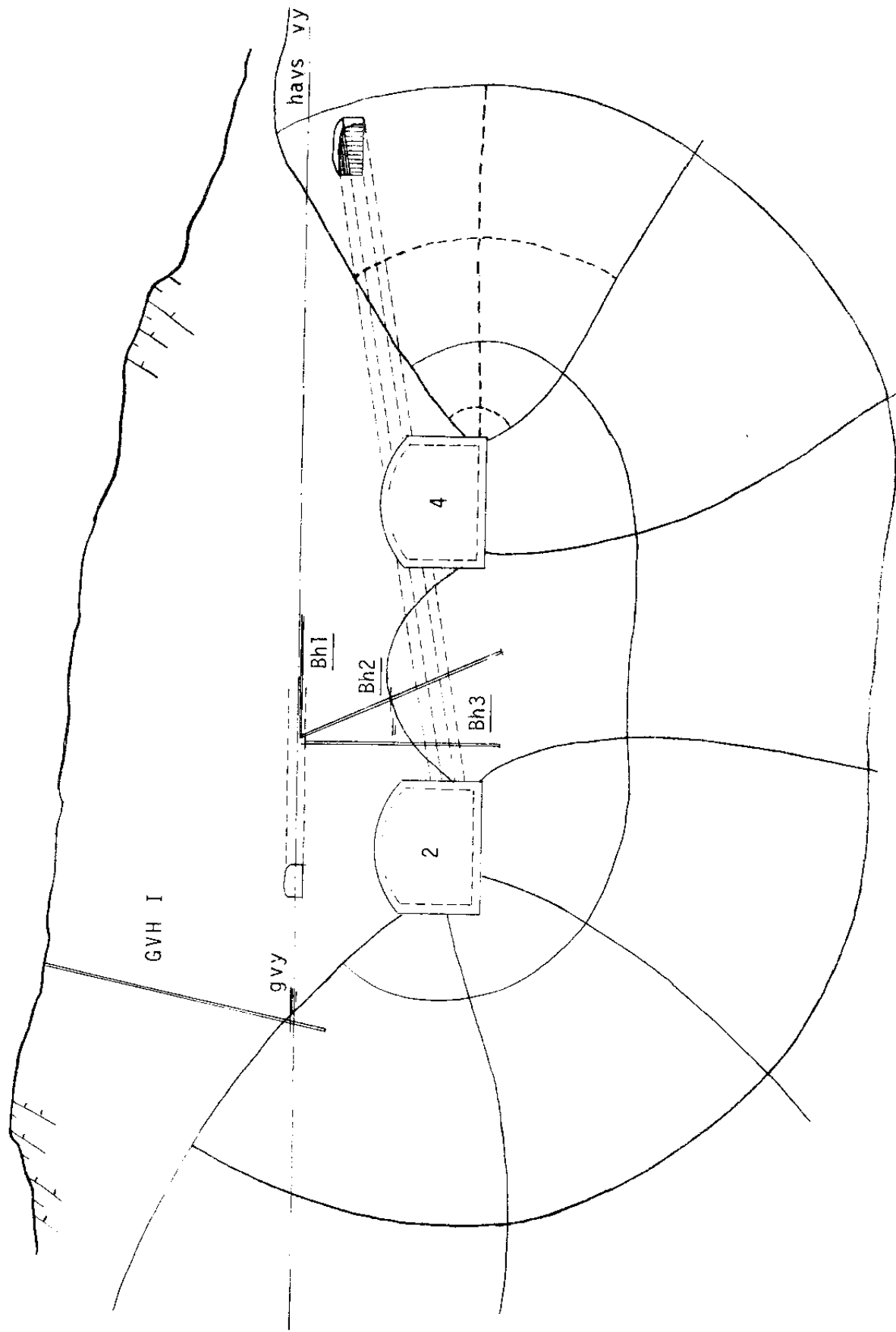
FIGUR 4. GEOLOGISK KARTERING  
UNDRE PLAN



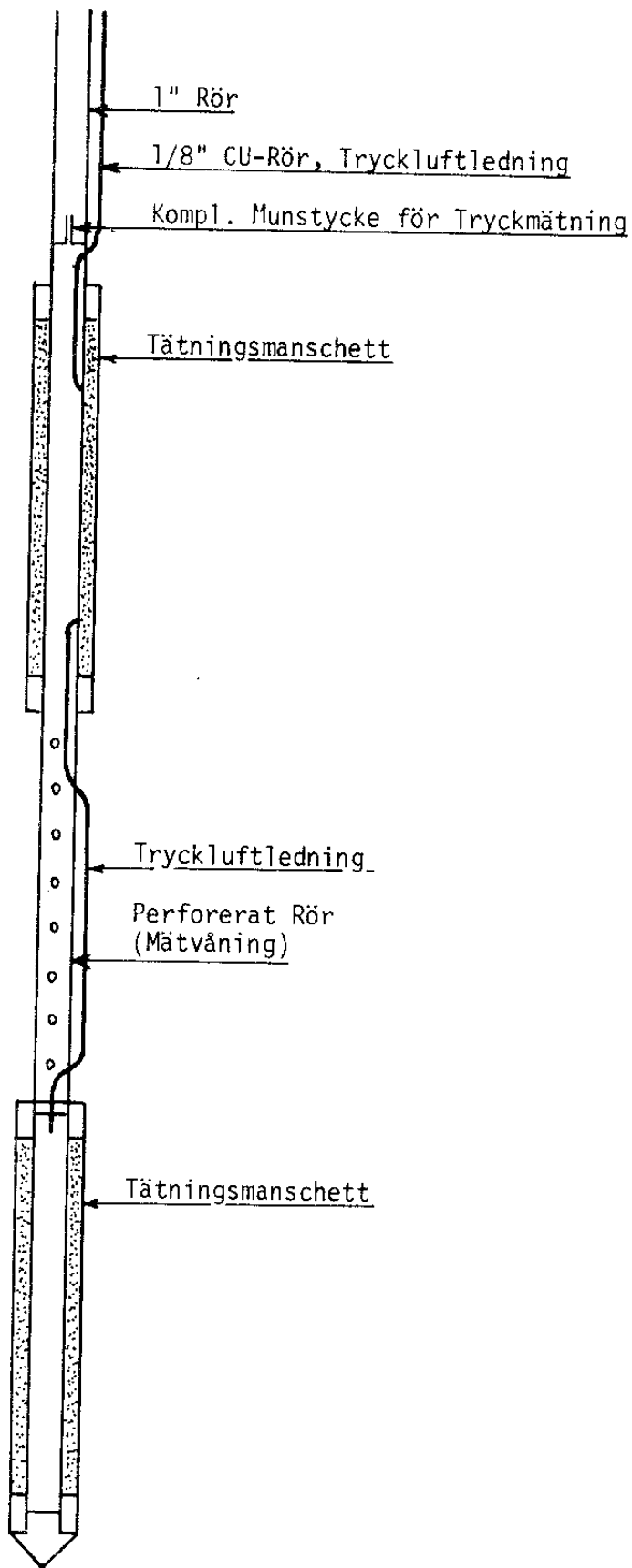
FIGUR 5. PRINCIPSKISS: Utpumpning av inläckande vatten från bergtunnlar

FIGUR 6. LÄCKAGEMÄTNINGAR I BERGTUNNEL 2 OCH 4

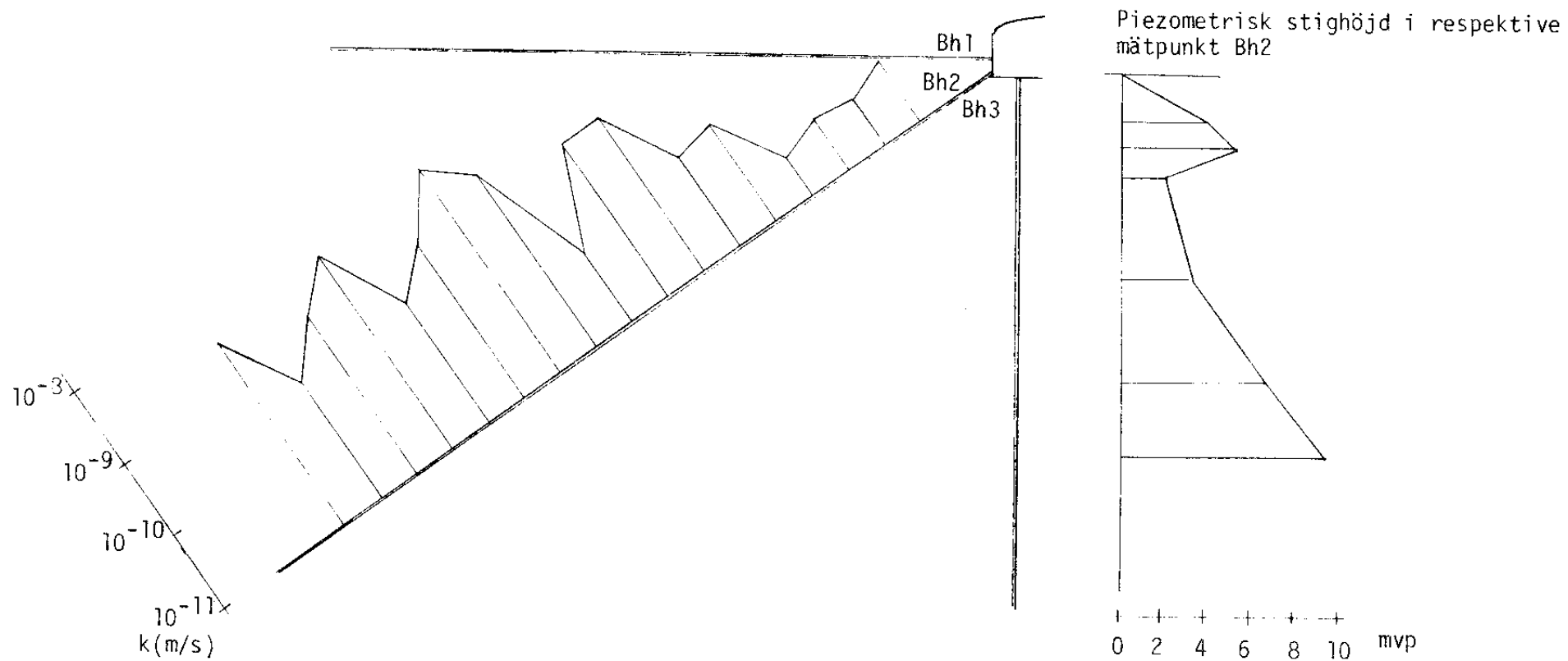




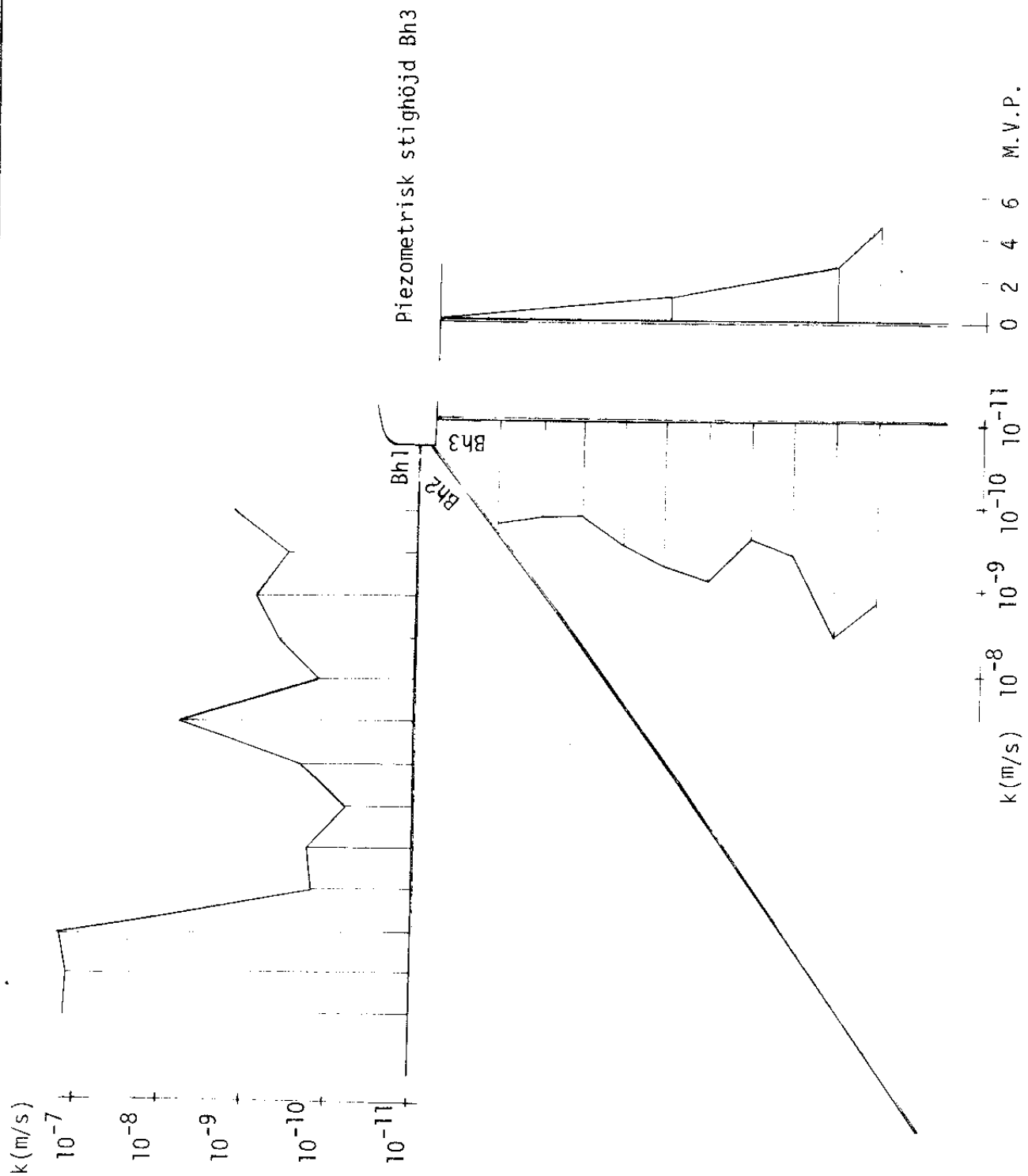
FIGUR 7. TVÄRSEKTION. POTENTIALSTRÖMNINGSNÄT VID ISOTROP PERMEABILITET



FIGUR 8. UTRUSTNING FÖR TRYCK- OCH VATTENFÖRLUSTMÄTNING

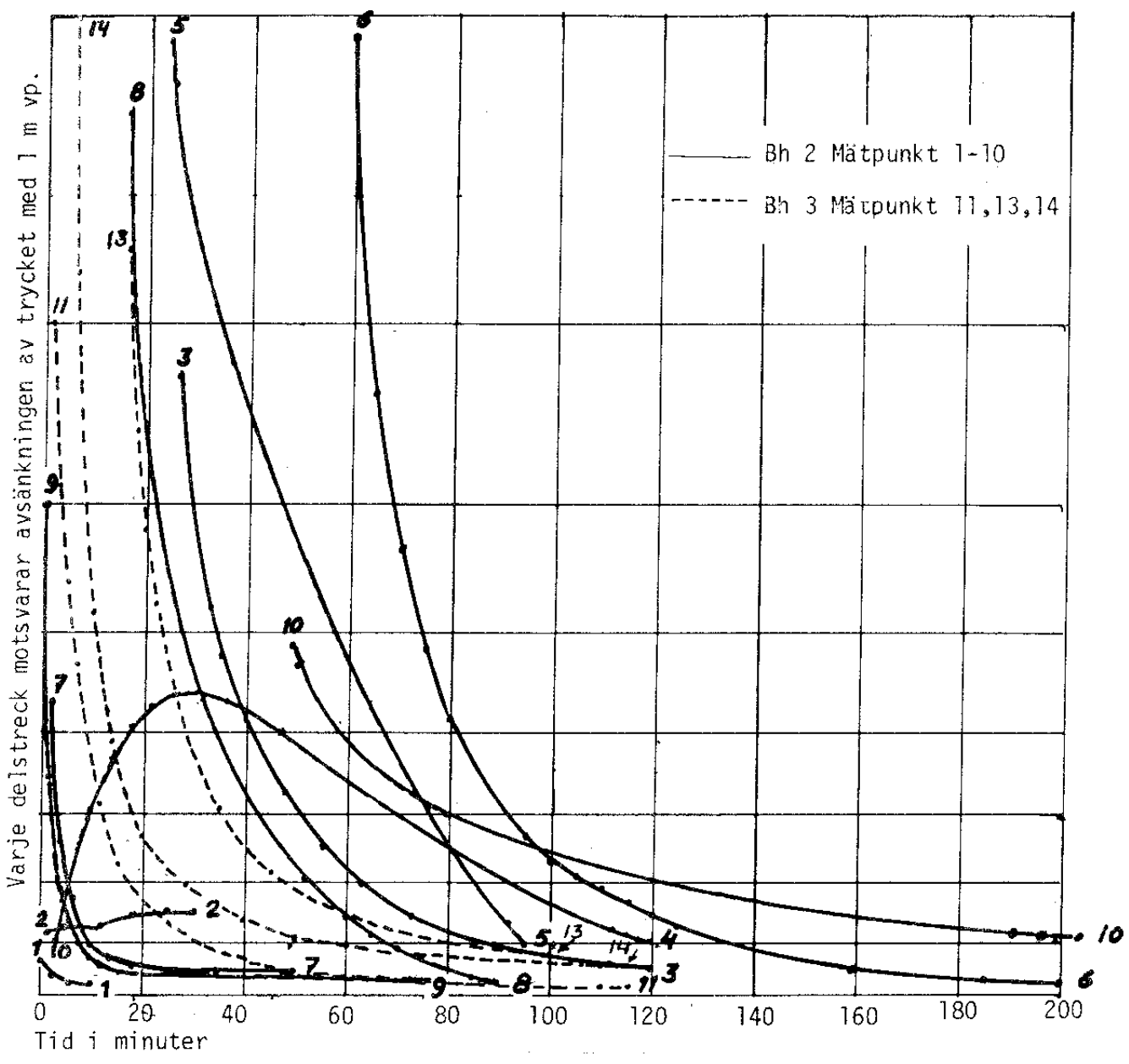
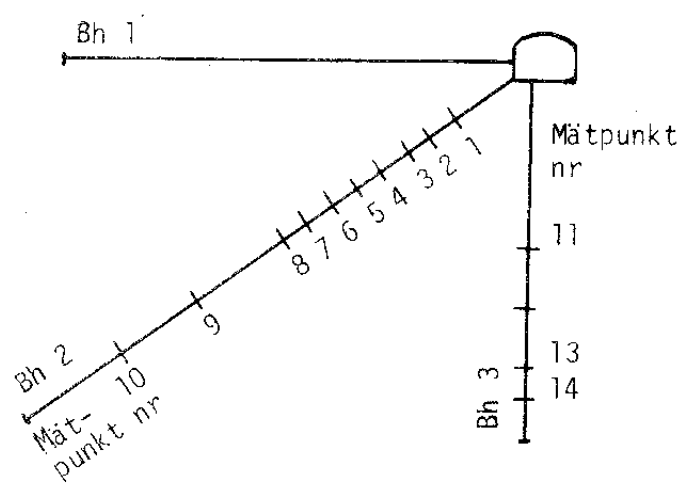


FIGUR 9. RESULTAT AV PIEZOMETRISKA TRYCKMÄTNINGAR  
OCH VATTENFÖRLUSTBESTÄMNINGAR Bh2.

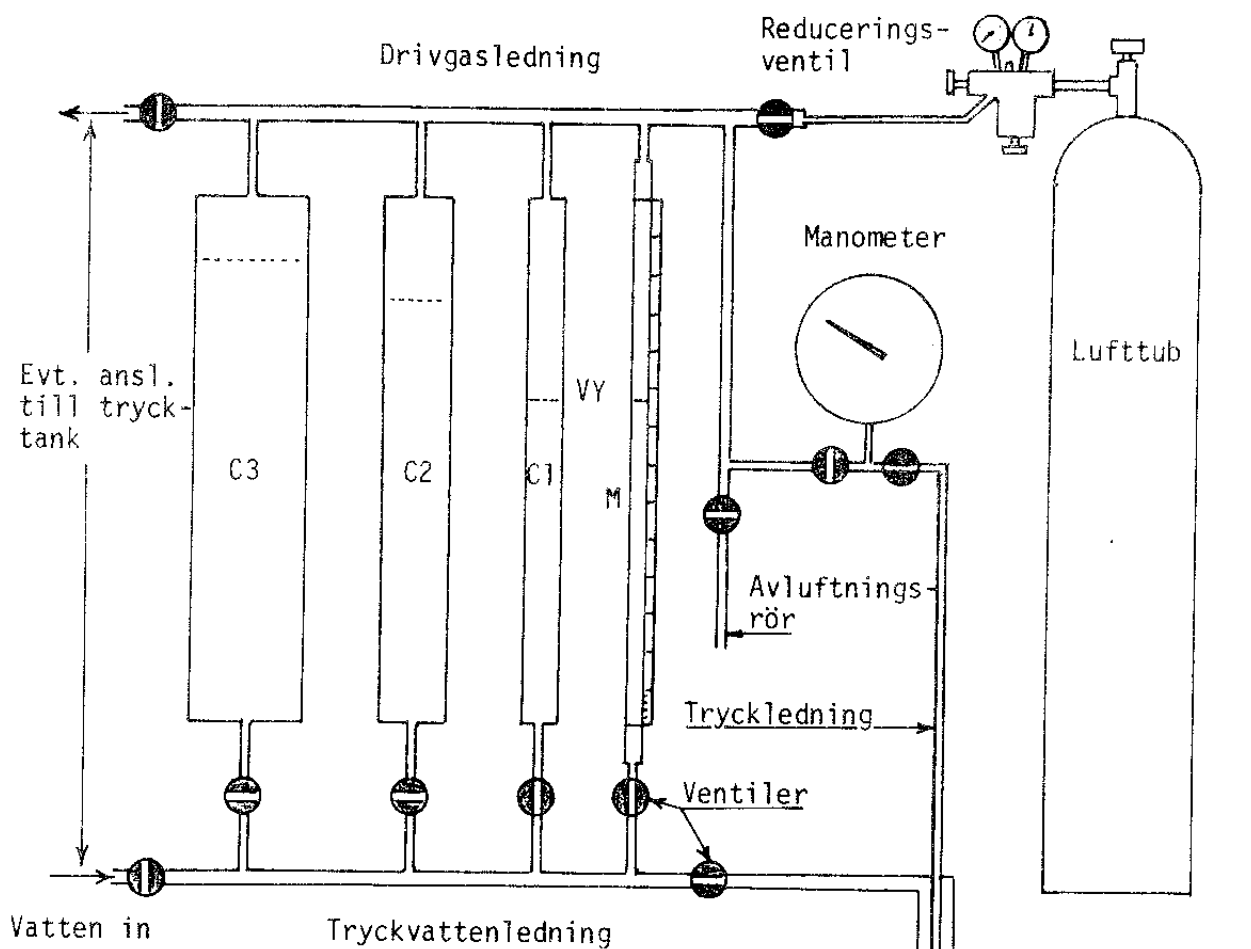


FIGUR 10. RESULTAT AV PIEZOMETRISKA TRYCKMÄTNINGAR Bh3  
 OCH VATTENFÖRLUSTBESTÄMNINGAR Bh1 OCH Bh3.





FIGUR 11. TIDSFÖRLOPP AV TRYCKUTJÄMNINGEN VID DE OLIKA MÄTPUNKTERNA.



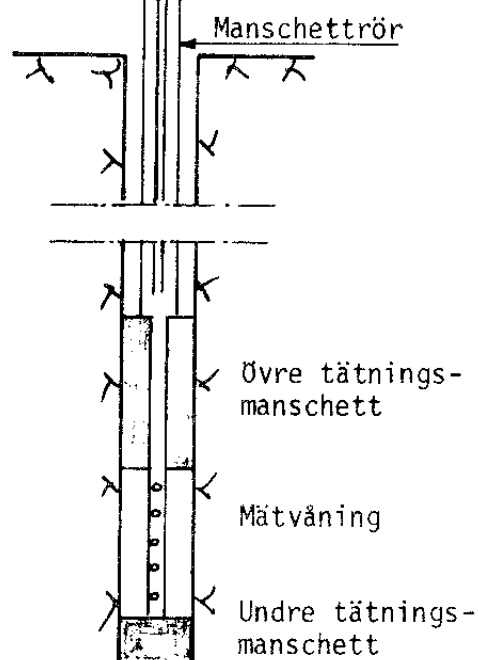
M = Mätvär med mm-skala

C1-C3 Cylindrar med valda areor som vid vatteninpressning parallellkopplas med mätröret. Vattenytans sjunkning avläses på mm-skalan och volymen bestäms.

Manometern mäter dels drivgastrycket  $p$  på luftsidan dels det effektiva vattentrycket  $p_{eff} = p - f$  ( $f$ =friktionsförlusten) omedelbart ovanför den övre manschetten.

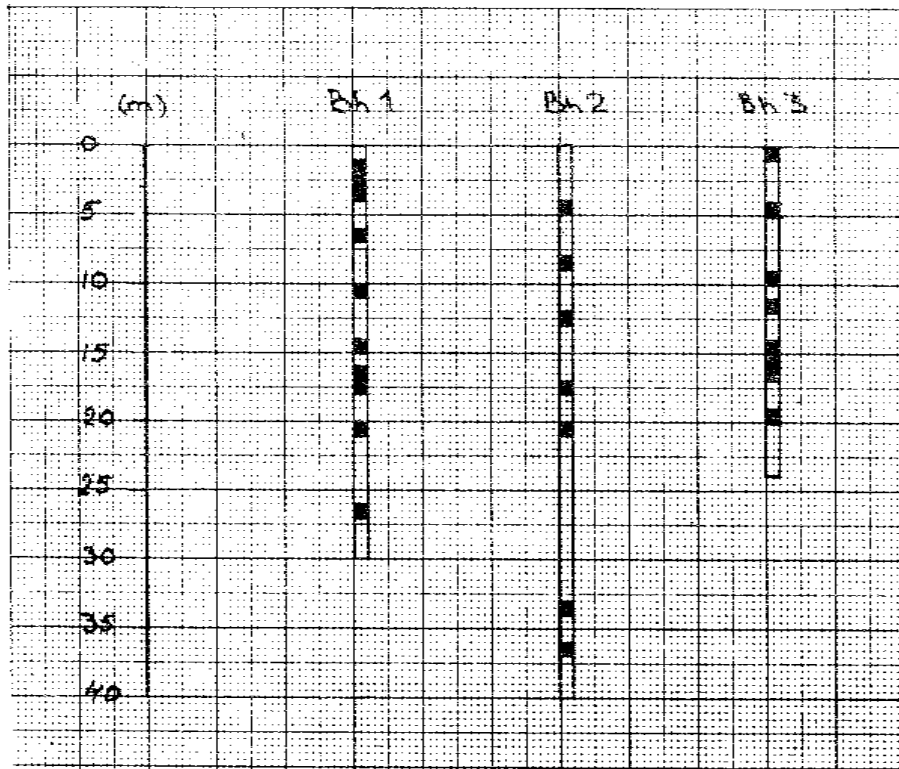
I figuren visas vattenförlustmätning med C1 och M (C2 och C3 stängda) och med manometern i läge  $p_{eff}$ .

Med enbart M kan vattenförluster  $< 0.0001$  l/min bestämmas.



FIGUR 12. PRINCIPSKISS: Anordning för mätning av små vattenförluster i borrhål.  
System Hagconsult

TABELL 1.



Kärnbetsfaktor	Sprickfrekvens
0.00 - 0.10	Mycket hög
0.10 - 0.20	Hög
0.20 - 0.35	Medel
0.35 - 0.50	Låg
> 0.50	Mycket låg

Beteckningar i borrhål

- = Låg sprickfrekvens
- = Mycket låg sprickfrekvens

Bestämning av kärnbetsfaktor har utförts enligt Bolidenmetoden.

Antalet hela bitar med längden exakt 5 cm, som kunnat erhållas ur den betraktade kärnlängden (1 m), har räknats och korrigerats enligt följande tabell.

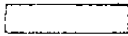

TABELL

Statistiskt samband mellan antal 5 cm bitar och C-faktor (kärnbetsfaktor  $\approx$  Kirunafaktor) enligt Bolidenmetoden.

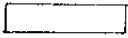

n	c
0	0
1	0.02
2	0.05
3	0.08
4	0.11
5	0.14
6	0.17
7	0.20
8	0.23
9	0.26
10	0.29
11	0.32
12	0.35
14	0.41
15	0.45
16	0.48
17	0.52
18	0.57

Bestämning av kärnbetsfaktor

	Borrhålsdjup (m)	n	c	Sprickfrekvens
	0 - 1	18	> 0.50	Mycket låg
	1 - 2	15	0.45	Låg
	2 - 3	16	0.48	"
	3 - 4	16	0.48	"
	4 - 5	18	> 0.50	Mycket låg
	5 - 6	18	> 0.50	" "
	6 - 7	16	0.48	Låg
	7 - 8	19	> 0.63	Mycket låg
	8 - 9	18	> 0.50	" "
	9 - 10	18	> 0.50	" "
	10 - 11	16	0.48	Låg
	11 - 12	17	> 0.50	Mycket låg
	12 - 13	20	> 0.50	" "
	13 - 14	19	> 0.50	" "
	14 - 15	13	0.38	Låg
	15 - 16	18	> 0.50	Mycket låg
	16 - 17	16	0.48	Låg
	17 - 18	15	0.45	"
	18 - 19	18	> 0.50	Mycket låg
	19 - 20	17	> 0.50	" "
	20 - 21	16	0.48	Låg
	21 - 22	19	> 0.50	Mycket låg
	22 - 23	17	> 0.50	" "
	23 - 24	17	> 0.50	" "
	24 - 25	18	> 0.50	" "
	25 - 26	19	> 0.50	" "
	26 - 27	14	0.41	Låg
	27 - 28	20	> 0.50	Mycket låg
	28 - 29	18	> 0.50	" "
	29 - 30	17	> 0.50	" "

 = Mycket låg  
 = Låg

	Borrhålsdjup (m)	n	c	Sprickfrekvens
	0 - 1	19	> 0.50	Mycket låg
	1 - 2	17	> 0.50	" "
	2 - 3	18	> 0.50	" "
	3 - 4	17	> 0.50	" "
	4 - 5	16	0.48	Låg
	5 - 6	18	> 0.50	Mycket låg
	6 - 7	19	> 0.50	" "
	7 - 8	17	> 0.50	" "
	8 - 9	16	0.48	Låg
	9 - 10	19	> 0.50	Mycket låg
	10 - 11	17	> 0.50	" "
	11 - 12	18	> 0.50	" "
	12 - 13	16	0.48	Låg
	13 - 14	19	> 0.50	Mycket låg
	14 - 15	17	> 0.50	" "
	15 - 16	17	> 0.50	" "
	16 - 17	19	> 0.50	" "
	17 - 18	16	0.48	Låg
	18 - 19	18	> 0.50	Mycket låg
	19 - 20	19	> 0.50	" "
	20 - 21	16	0.48	Låg
	21 - 22	19	> 0.50	Mycket låg
	22 - 23	19	> 0.50	" "
	23 - 24	18	> 0.50	" "
	24 - 25	18	> 0.50	" "
	25 - 26	18	> 0.50	" "
	26 - 27	18	> 0.50	" "
	27 - 28	18	> 0.50	" "
	28 - 29	18	> 0.50	" "
	29 - 30	17	> 0.50	" "
	30 - 31	18	> 0.50	" "
	31 - 32	18	> 0.50	" "
	32 - 33	18	> 0.50	" "
	33 - 34	14	0.41	Låg
	34 - 35	18	> 0.50	Mycket låg
	35 - 36	17	> 0.50	" "
	36 - 37	16	0.48	Låg
	37 - 38	19	> 0.50	Mycket låg
	38 - 39	20	> 0.50	" "
	39 - 40			

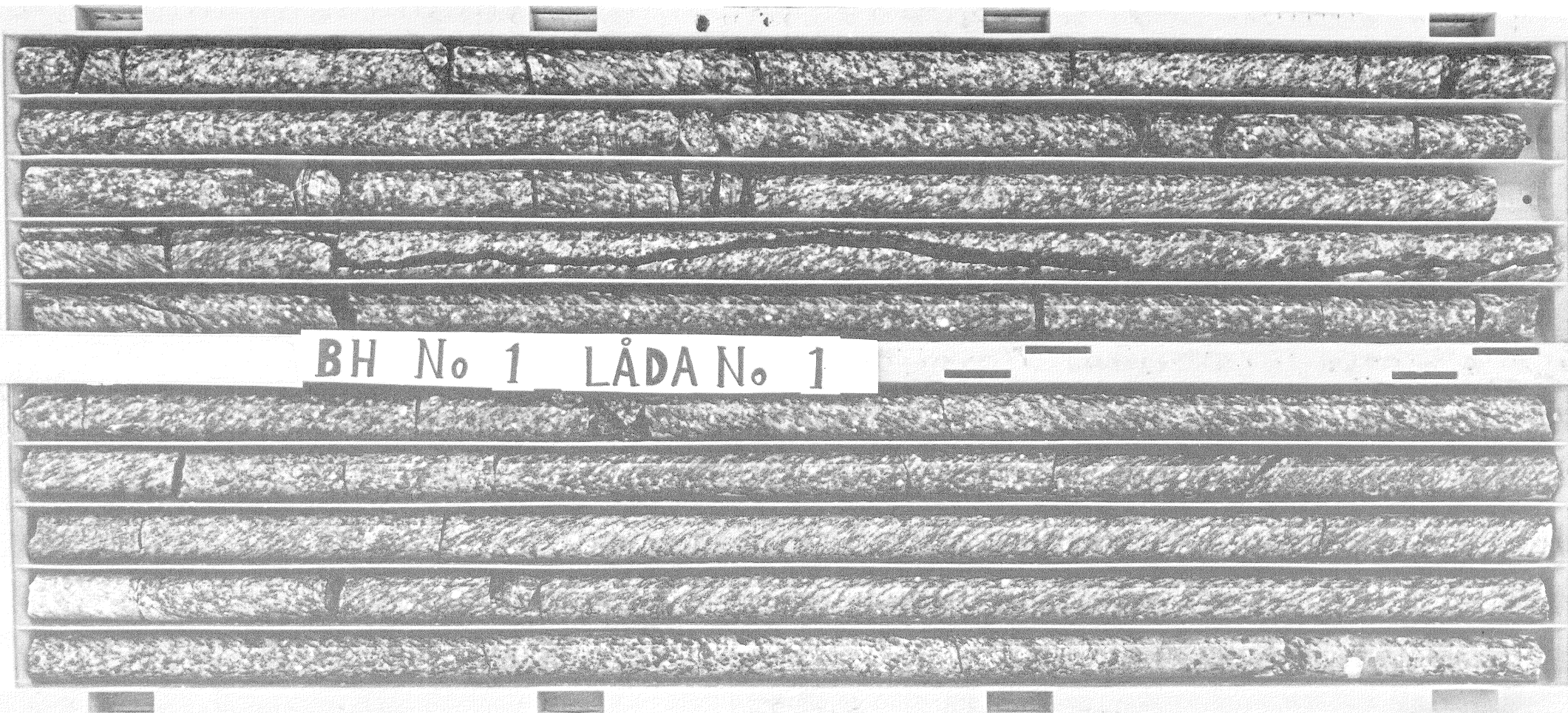
 = Mycket låg  
 = Låg

	Borrhålsdjup (m)	n	c	Sprickfrekvens
■	0 - 1	15	0.45	Låg
	1 - 2	19	> 0.50	Mycket låg
	2 - 3	18	> 0.50	" "
	3 - 4	17	> 0.50	" "
■	4 - 5	14	0.41	Låg
	5 - 6	18	> 0.50	Mycket låg
	6 - 7	17	> 0.50	" "
	7 - 8	17	> 0.50	" "
	8 - 9	19	> 0.50	" "
■	9 - 10	15	0.45	Låg
	10 - 11	17	> 0.50	Mycket låg
■	11 - 12	16	0.48	Låg
	12 - 13	18	> 0.50	Mycket låg
	13 - 14	17	> 0.50	" "
■	14 - 15	16	0.48	Låg
■	15 - 16	15	0.45	"
	16 - 17	15	0.45	"
	17 - 18	18	> 0.50	Mycket låg
	18 - 19	18	> 0.50	" "
■	19 - 20	16	0.48	Låg
	20 - 21	19	> 0.50	Mycket låg
	21 - 22	18	> 0.50	" "
	22 - 23	17	> 0.50	" "
	23 - 23.75	14	> 0.50	" "

□ = Mycket låg  
 ■ = Låg

TABELL 2.

Anläggning	Bergart	Tektonik	Bergtäckning (m)	Utformning	Vatteninläckning		
					l/m tim	l/m <sup>2</sup> tim	l/m <sup>3</sup> tim
	gnejs						
			~ 30	tunnel 1	8.10 <sup>-1</sup>	2.10 <sup>-2</sup>	6.10 <sup>-3</sup>
			~ 30	" 2	ej mätt	ej mätt	ej mätt
			~ 30	" 3	5.10 <sup>-1</sup>	10 <sup>-2</sup>	3.10 <sup>-3</sup>
			~ 30	" 4	7.5.10 <sup>-1</sup>	10 <sup>-1</sup>	5.10 <sup>-2</sup>



BILAGA 4 (13), TAB. 1





BH No 1 LÅDA No 2

BILAGA 5 (13), TAB 1



BILAGA 6 (13), TAB. 1



BILAGA 7 (13), TAB. 1



BH No 2 LÅDA No 2