

SKBF
KBS

TEKNISK
RAPPORT

79-09

**Utvärderingar av de hydrogeologiska
och berggrundsgeologiska förhållan-
dena på Sternö**

Kaj Ahlbom
Leif Carlsson
Gunnar Gidlund
C-E Klockars
Sören Scherman
Ulf Thoregren

Sveriges Geologiska Undersökning, Berggrundsbyrån,
februari 1979

SVENSK KÄRNBRÄNSLEFÖRSÖRJNING AB / PROJEKT KÄRNBRÄNSLESÄKERHET

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

UTVÄRDERING AV DE HYDROGEOLOGISKA OCH
BERGGRUNDSGEOLOGISKA FÖRHÅLLANDENA PÅ
STERNÖ

Kaj Ahlbom
Leif Carlsson
Gunnar Gidlund
C-E Klockars
Sören Scherman
Ulf Thoregren

SGU Berggrundsbyrån februari 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.

Projekt Kärnbränslesäkerhet

Utvärdering av de hydrogeologiska och berggrundsgeologiska förhållandena på Sternö.

Rapporten har utarbetats vid Sveriges geologiska undersökning, Berggrundsbyrån

av

Kaj Ahlbom
Leif Carlsson
Gunnar Gidlund
C-E Klockars
Sören Scherman
Ulf Thoregren

Förutom de personer som utarbetat utvärderingen har docent Otto Brotzen fungerat som vetenskaplig ledare och deltagit i rapportens utformning. Docent Gunnar Kautsky och 1. statsgeolog Ingmar Lundström har medverkat vid granskningen av rapporten.

UPPSALA februari 1979

ABSTRACT

The bedrock at Sternö is known from surface mapping and from five deep boreholes with core recovery. The results from these investigations can be summarized as follows;

1. The bedrock consists of three different rock types
 - a Coastal gneiss
 - b Gneissic granite
 - c Karlshamn granite
2. The investigated area is limited by northwest and northeast striking fracture zones in the northern part of Sternö and by a west-east striking fracture zone in the southern part. A dike of diabase appears in the eastern part of Sternö. A fracture zone parallel to the diabase is dividing the investigated area into two blocks.
3. The fracture frequency in the main part of the cores are low, 0 - 4 fractures/3 meter core length. Fractured zones are found mainly in boreholes Ka 3 (1.6 m), Ka 2 (1.25 m) and to a higher degree in Ka 4.
4. There is no specific difference in fracturing between different rock types.
5. The evaluation of the hydraulic conductivity at Sternö from measurements in four of the boreholes shows two volumes of bedrock, separated by a north-north-east striking fracture zone, which has a very low hydraulic conductivity ($< 10^{-11}$ m/s) below 300 meter.
6. The hydraulic conductivity in the fracture zones varies between 1×10^{-9} m/s to 1.5×10^{-6} m/s.

INNEHÅLLSFÖRTECKNING

	Sid
Sammanfattning	1
1. Inledning	2
1.1 Bakgrund	
1.2 Arbetets omfattning	
1.3 Undersökningsmetodik	
1.3.1 Geologisk undersökningsmetodik	
1.3.2 Hydrologisk undersökningsmetodik	
2. Resultat	5
2.1 Kärngranskning	
2.2 Permeabilitetsberäkningar	
2.2.1 Felkällor och giltighet	
2.2.2 Permeabilitetsvärden i olika borrhål	
2.3 Berggrundens effektiva porositet	
2.4 Samband mellan sprickfrekvens och permeabilitet	
2.5 Förekommande spricklinjer	
3. Sammanfattande bedömning	14
Referenser	16

SAMMANFATTNING

De geologiska förhållandena inom Sternö karakteriseras enligt följande:

- Två i avseende på sprickfrekvens och vattenförande egenskaper relativt homogena bergvolymmer vilka åtskiljs av en cirka 80 meter bred tensionszon i nordnordostlig riktning har urskiljts inom undersökningsområdet. Dessa bergvolymmer kännetecknas under 200 - 350 meters nivå av en låg sprickfrekvens och permeabiliteter understigande 10^{-11} m/s.
- Tensionszonens permeabilitet är uppmätt till 1×10^{-9} - $1,5 \times 10^{-6}$ m/s.
- Vid en hydraulisk gradient av 0,02, permeabilitet av 10^{-11} m/s samt en effektiv porositet av 10^{-4} förflyttar sig vattnet i den homogena bergmassan 25 meter på 400 år.

1. Inledning

1.1 Bakgrund

Sveriges geologiska undersökning (SGU) erhö11 1978-11-01 uppdrag från Projekt Kärnbränslesäkerhet (KBS) att utföra kompletterande geologiska undersökningar med anledning av regeringsbeslut 1978-10-05 rörande laddningsansökningar för Ringhals 3 och Forsmark 1.

De kompletterande undersökningarna skulle enligt detta beslut visa, att det i Sverige finns en tillräckligt stor bergformation på aktuellt djup och med de egenskaper som KBS säkerhetsanalys i övrigt förutsätter.

Enligt regeringens bedömning fordrades för detta ytterligare provborrningar och därav föranledda mätningar. Resultaten av de sålunda utförda kompletterande undersökningarna har hittills av SGU redovisats i två tekniska rapporter till KBS.

1.2 Arbetets omfattning

SGU:s borrhingsprogram omfattade 4 st borrhål vid Finnsjön, tre borrhål på Sternö, där även fördjupning av ett tidigare hål skulle utföras. I månadskiftet nov - dec 1978 beslutades även om ett ytterligare borrhål på Sternö. Totalt omfattade borrhingsprogrammet en borrhålslängd av ca 5200 m.

Följande arbeten har utförts:

- A - Kartläggning av upptagna borrhärnor
 - Kompletterande kartläggning av ytgeologin vid Finnsjön och på Sternö.
 - Markgeofysiska mätningar vid Finnsjön.
 - Krökningsmätningar i borrhålen.

- B - Borrhålsgeofysiska mätningar på Sternö i borrhålen Ka 4 och Ka 5. (På grund av starka elektriska läckströmmar från kraftverket kräver utvärderingen av undersökningen extra omsorg och beaktas ej vid denna rapportering).
- Permeabilitetsmätningar med dubbel- och enkelmanschetter i borrhålen Ka 1, Ka 2, Ka 3 (ej enkelmanschett) och Ka 5.

En planerad slutrapportering till KBS under februari 1979 har medfört att uppdraget till sin karaktär varit mycket tidspressat. Vissa permeabilitetsmätningar har ännu ej kunnat slutföras. Dessa kommer dock fortlöpande att redovisas till KBS.

Detaljerade beskrivningar av utfört arbete under punkten A ovan, finns redovisade i tekniska rapporten "Kompletterande berggrundsundersökningar inom Finnsjö- och Karlshamnsområdena".

Beskrivning av de hittills utförda permeabilitetsmätningarna på Sternö under punkt B ovan, är redovisade i tekniska rapporten "Kompletterande permeabilitetsmätningar i Karlshamnsområdet". Denna tekniska rapport kommer efterhand att kompletteras med en strömningsmodell för grundvattnet på Sternö samt ytterligare mätresultat från borrhål Ka 3.

Den sammanfattning SGU nu avger, hänför sig således enbart till hittills utförda arbeten på Sternö. SGU avser senare att inkomma med en liknande sammanfattning över utförda arbeten vid Finnsjön.

1.3 Undersökningsmetodik

1.3.1 Geologisk undersökningsmetodik

I avsikt att klargöra de geologiska förhållandena på Sternö har fem kärnborrhål borrats till vertikala djup mellan 505 m och 770 meter. Tillsammans med tidigare utförd kartläggning av berggrunden från markytan ger den nu genomförda kärngranskningen en bild av berggrundens sammansättning och uppbyggnad.

Sammanfattningsvis kan berggrunden, kartlagd från ytan och i borrhärnorna, uppdelas i tre olika huvudtyper:

- Kustgnejs
- Gnejsgranit
- Karlshamnsgranit

Mineralogiskt är dessa bergarter varandra närstående. Gränsen mellan olika bergartsled är diffus och inte av tektonisk karaktär. Kustgnejsen dominerar ytberget, vilket medför att bergarterna på en tänkt anläggningsnivå huvudsakligen uppbyggs av gnejsgranit och Karlshamnsgranit. Genom studier av mikroslip har konstaterats att den ostrukturerade Karlshamnsgraniten har en rak fogning mellan enskilda mineralkorn, vilket kan ge den en sämre hållfasthet jämfört med gnejsgraniten och kustgnejsen.

Som framgår av sprickfrekvensdiagrammen på figurerna 2, 3, 4 och 5, uppvisar borrhärnorna på Sternö låg sprickfrekvens. I Ka 1 är frekvensen sprickor ej överstigande 6 sprickor/2 meter sektion förutom i en sektion vid borrhärslängden 140 meter. I de sista 200 metrarna i borrhärnan har inga naturliga sprickor registrerats. Detta får betraktas som anmärkningsvärt och tyder på att berget i slutet på denna borrhärna är av hög kvalitet.

I borrhär Ka 2 är sprickfrekvensen något högre. Talen ligger fortfarande lågt, mellan 0 - 10 sprickor/3 meter sektion. Fem krosszoner, mellan 5 - 51 cm mäktighet, höjer sprickfrekvensen i motsvarande sektioner. Borrhärnan i mellanliggande delar av detta hål uppvisar sprickfattigt berg.

Borrhärnan från Ka 3 är den kärna, av här presenterade borrhärnor, vilken visar den kraftigaste uppsprickningen. Borrhålet är ansatt så att det skär igenom en förmodad tensionszon orienterad i ungefär NNE-lig riktning över Sternö. Detta förhållande har registrerats i borrhärnan i form av ökad sprick- och krosszonsfrekvens. Dessa markerade sprickrika sektioner avbryts av berg, där flertalet sektioner ligger under 4 sprickor/3 m sektion

Förekommande större strukturer på Sternö och dess omgivning har utnyttjats för en översiktlig tolkning av områdets tektonik, se fig. 1.

1.3.2 Hydrologisk undersökningsmetodik

I fyra av kärnborrhålen på Sternö har vattenförlustmätningar med dubbelmanschettutrustning utförts. I tre av dessa borrhål har dessutom enkelmanschettmätningar genomförts.

Vid beräkningen av permeabiliteten, både vid enkel- och dubbelmanschettmätningarna, har Banks formel (Banks 1972) använts.

En strömningsmodell för grundvattnet på Sternö och dess omgivning har utarbetats parallellt med vattenförlustmätningarna för att öka kännedomen om de hydrologiska förhållandena. Denna modell erhåller därvid viktiga ingångsdata från bl a vattenförlustmätningarnas bild av permeabilitetens fördelning i borrhålen.

Vattenförlustmätningar ger endast en bild av permeabiliteten i borrhålets direkta närhet. Den uppmätta stora längden av de tätare sektionerna i borrhålens djupare delar, liksom fördelningen av vattengenomsläppliga och tätare zoner i hålen, ger dock mätningarna en giltighet för större volymer. Utvärderingen härav, tillsammans med den geologiska informationen för övrigt, ger därför en mer allmän bild av permeabiliteten inom undersökningsområdet.

2. Resultat

2.1 Kärngranskning

Berggrunden på Sternö och i borrhålen beskrivs i Teknisk rapport "Kompletterande berggrundsundersökningar i Finnsjö- och Karlshamnsområdena".

Undre delen av Ka 3, från 560 m (vertikalt djup 430 m) och nedåt är av hög kvalitet med huvudsakligen 0 sprickor/3 m sektion. Ka 5 ger liktydigt med Ka 1 och Ka 2 långa sektioner av bra berg med frekvens mellan 0 - 6 sprickor/3 m sektion.

Dessa studier av borrhärnorna ger följande slutsatser:

- Sprickfrekvenserna i huvudparten av borrhärnorna är låg (0 - 4 sprickor/3 m sektion) och sektionerna av krosszoner är begränsade till huvudsakligen Ka 3 (1,6 m av sammanlagt 780 meter kärnlängd) och Ka 2 (1,25 m av sammanlagt 580 meter kärnlängd).
- Inga påtagliga skillnader i uppsprickning mellan de olika beskrivna bergartstyperna har konstaterats.
- De granitiska bergarterna uppvisar en högre frekvens av mikro-sprickor jämfört med kustgnejsen, vilket kan tänkas försämra hållfastheten hos Karlshamns- och gnejsgraniten något.

2.2 Permeabilitetsberäkningar

2.2.1 Felkällor och giltighet.

I tekniska rapporten "Kompletterande permeabilitetsmätningar i Karlshamnsområdet" redovisas översiktligt de felkällor som föreligger vid permeabilitetsberäkningarna. Genomgående har den s k Banks formel utnyttjats. Teoretiska studier baserade på transienta strömningsförlopp vid radiell strömning i homogena formationer anger att denna formel ger något för höga permeabilitetsvärden vid permeabiliteter (k) $\leq 10^{-8}$ m/s och något för låga värden vid $k > 10^{-8}$ m/s. Felkällor som kan hänföras till förbiledning eller otäthet vid manschett på grund av ojämnheter etc i borrhålsväggarna, eller till teknisk utrustning, är dock avsevärt större än de teoretiska felkällorna. Sammantaget kan sägas att mätfel som läckage etc gör att permeabiliteter mindre än 10^{-8} m/s får anses vara konservativa.

De värden som beräknas från dubbelmanschett- och enkelmanschettmätningar utgör en sektionsspermeabilitet. Detta innebär att förekommande sprickor inom mätsektionen har högre permeabiliteter. Det är det hydrauliska sambandet mellan dessa sprickor som ger vattnet en möjlighet att röra sig i berggrunden under inverkan av vattentrycksskillnader. Permeabiliteten hos de förekommande sprickorna inom varje mätsektion kan teoretiskt beräknas om antalet sprickor är känt och om dessa antas ha samma hydrauliska egenskaper samt antas representera planparallella spalter.

Enkelmanschettmätningarna genomförs med större sektioner än dubbelmanschettmätningarna. Detta innebär att en lägre mätgräns för permeabiliteten är möjlig att uppnå, uträknad på hela sektionen. Vidare blir felkällorna mindre då eventuellt läckage slås ut på större sektionslängd. Vid enkelmanschettmätning minskas också förutsättningarna för att läckage skall uppträda. Permeabiliteten bestämd genom enkelmanschettmätningarna kan omräknas till den motsvarande högsta tänkbara permeabilitet för en 3 meters delsektion. Detta innebär att övriga delar av mätsektionen antas vara helt täta. Sådana beräkningar för 3 meters sektioner i borrhålens djupare delar ger permeabiliteter av samma eller lägre storleksordning som dubbelmanschettmätningarna.

Dubbelmanschettmätningarna ger å sin sida dels en mer detaljerad bild av var i borrhålet de mer permeabla zonerna är belägna, samt dels deras permeabilitet och den andel de utgör av den genomborrade bergvolymen.

2.2.2 Permeabilitetsvärden i olika borrhål

Resultaten av såväl enkel- som dubbelmanschettmätningarna har tidigare redovisats i SGU:s tekniska rapport ("Kompletterande permeabilitetsmätningar i Karlshamnsområdet"). En jämförelse mellan sektionspermeabiliteterna från dessa mätningar visar följande (djupangivelser avser längd utefter borrhålet):

Ka 1

I borrhålet förekommer under 200 m en permeabilitet av 2×10^{-12} m/s vid enkelmanschettmätningarna. Det innebär att avsnitt av ännu lägre permeabilitet kan förekomma under 200 m omväxlande med några avsnitt med högre permeabilitet. Frånvaron av såväl krosszoner som större sprickfrekvens talar för att större avsnitt med permeabiliteter överstigande 10^{-11} m/s under 200 m ej torde förekomma utan att en jämn låg permeabilitet är att räkna med. Detta innebär, vilket också omnämns senare under avsnitt 2.4 att permeabilitetsvariationer kan förekomma med ej urskiljas då dessa ligger under mätgränsen vid dubbelmanschettmätningar. Inom avsnittet över 200 m torde den högre sektionspermeabiliteten mellan 34 - 100 m i enkelmanschettmätningarna orsakas av de två höga permeabilitetszonerna registrerade vid dubbelmanschettmätningarna. Motsvarande förhållande gäller sektionen 150 - 200 m där dubbelmanschettmätningarna utvisar endast en sådan zon.

Ka 2

Sektionen 300 - 350 m visar vid såväl enkel- som dubbelmanschettmätningarna de högsta permeabiliteterna. Inom sektionen förekommer också två krosszoner och avsnitt med hög sprickfrekvens. Under 350 m är permeabiliteten låg ($\ll 10^{-11}$ m/s) vid enkelmanschettmätningarna medan dubbelmanschettmätningarna visar enstaka mätavsnitt av permeabiliteter över 10^{-9} m/s. Under 450 m sjunker

permeabiliteten vid enkelmanschettmätningarna till under 2×10^{-7} m/s. Detta innebär bl a att de inom detta avsnitt registrerade krosszonernas permeabilitet bör vara låg. De kan ej heller med större säkerhet återfinnas i permeabilitetsdiagrammet vid dubbelmanschettmätningarna.

Ka 5

På grund av konstaterat apparatfel vid dubbelmanschettmätningarna i borrhålet är jämförelsen mellan enkel- och dubbelmanschettmätningarna vanskelig att göra i borrhålets undre delar. Vid enkelmanschettmätningar under 300 meter erhöles en medelpermeabilitet av 4×10^{-12} m/s. Ovan 300 meter erhöles betydligt högre permeabiliteter (se figur 9).

För Ka 3 saknas för närvarande data för en motsvarande jämförelse

Den lägre mätgränsen vid enkelmanschettmätningarna jämfört med dubbelmanschettmätningarna ger möjlighet att generellt indela den homogena bergmassan såsom den framkommer i borrhål Ka 1, Ka 2 och Ka 5 i en undre del med permeabilitet mindre än 10^{-11} m/s under 200 - 350 m vertikalt under markytan, samt: en övre del med permeabiliteter mellan cirka 10^{-9} - 2×10^{-8} m/s över nämnda nivåer.

Enkelmanschettmätningarna ger för de undre delarna av borrhål Ka 1, Ka 2 och Ka 5 de i figurerna 7, 8 och 9 redovisade längderna och permeabiliteterna. Antas hela denna permeabilitet vara koncentrerad till en 3 m:s sektion (2 m för Ka 1) ger detta en motsvarande permeabilitet av $5,8 \times 10^{-10}$ m/s för Ka 1, $3,7 \times 10^{-10}$ m/s för Ka 2 och Ka 5. Dessa värden ligger vid eller något över mätgränsen vid dubbelmanschettmätningarna. De permeabilitetsvärden som överstiger nämnda värden beräknade från dubbelmanschettmätningarna kan således sägas vara behäftade med mätfel, som påpekats i den tekniska rapporten. Exakta orsakerna kan ej anges, men vid de låga permeabiliteter som föreligger, orsakar varje litet vattenläckage stora fel vid permeabilitetsberäkningarna. Av denna anledning får de från enkelmanschettmätningarna angivna permeabiliteterna antas vara behäftade med mindre mätfel än vid dubbelmanschettmätningarna och således inom den homogena bergmassan med låg sprickfrekvens ge de mer tillfö-

litliga värdena på permeabiliteten.

Genomgående i diagrammen i fig. 7, 8 och 9 är permeabilitetens avtagande med djupet. Permeabiliteter mindre än 10^{-11} m/s erhålls i Ka 1, Ka 2 och Ka 5 under 200, 350 resp 300 m. Detta motsvarar 200, 340 resp 260 meter under markytan. Diagrammen visar också att de övre delarna av borrhålen Ka 1, Ka 2 och Ka 5 har genomsnittliga permeabiliteter utslaget på större sektion-längder av mellan 8×10^{-10} och 2×10^{-8} m/s.

Permeabiliteten för varje mätsektion beräknad från dubbelmanschet mätningar har legat till grund för den sektionering av borrhålen med avseende på permeabilitet som redovisas i fig. 2, 3, 4 och 5. I dessa diagram har sektioner avsatts inom vilka permeabiliteterna understiger ett visst angivet värde.

Borrhål Ka 1 uppvisar inom intervallet 0 - 400 m, långa sektioner av permeabiliteter understigande 10^{-9} m/s, längsta sektion är 135 m. I borrhål Ka 2 och Ka 3 är de längsta sektionerna 57 resp 83 m. Ka 5 uppvisar däremot endast två sektioner med permeabilitet understigande 10^{-9} m/s, 8 m resp 20 m långa. Här har, som tidigare omnämnts apparatfel konstaterats.

I tabell 1 anges procent av permeabilitetsmätta borrhål med sektioner med permeabilitet understigande vissa givna värden, vid beräkningar från dubbelmanschettmätningar.

Tabell 1 Procent av borrhåslängd inom olika sektioner med permeabiliteter understigande angivna värden. Gäller för dubbelmanschetter.

Borrhål	Sektion i m under markytan	% av sektioner med permeabilitet understigande	
		10^{-9} m/s	10^{-8} m/s
Ka 1	21 - 350	95	99
	350 - 450	69	100
	450 - 778	65	100
Ka 2	240 - 350	36	87
	350 - 450	90	100
	450 - 550	100	
Ka 3	180 - 350	76	90
	350 - 450	100	
	450 - 580	100	
Ka 5 ^x	220 - 350	25	98
	350 - 450	3	100
	450 - 498		100

^x I detta borrhål har konstaterats ett läckage hos mätutrustningen.

2.3 Berggrundens effektiva porositet

För att bedöma strömningstider för grundvattnet erfordras utöver information om berggrundens permeabilitet och rådande hydrauliska gradienter också kännedom om bergets effektiva porositet. En sammanställning av tillgängliga bestämmningar redovisas i tabell 2

Tabell 2

Värden på effektiva porositeter enligt skilda mätningar.

Spärförsök i fält	Effektiv porositet	Permeabilitet m/s
Studsvik B 8 - B 7	$1,7 \times 10^{-3}$	10^{-5}
B 8 - B 2	$1,5 \times 10^{-3}$	10^{-5}
(Landström, Klockars, 1977, samt Landström et al 1978)		
Gåvastbo (Klockars 1979)	7×10^{-4}	$1 - 3 \times 10^{-1}$
Savannah River (Webster, Proctor, Marine 1970)	8×10^{-4}	2×10^{-6}
Stripa (Lundström, Stille 1978)	$1,2 \times 10^{-4}$	4×10^{-11}

Laboratoriebestämningar på "täta" bergartsprov

Brace, Orange 1968	$10^{-2} - 10^{-3}$	-
Heimli 1974	$10^{-2} - 10^{-3}$	$10^{-10} - 10^{-1}$
Jessop, Robertson, Lewis 1976	$10^{-2} - 10^{-3}$	-
Jessop 1977, 6 prov från Forsmark	$4 - 1 \times 10^{-3}$	-

Elektriska fältbestämningar

KBS borrhål Kräkemåla, Finnsjön (Magnusson, Duran 1978 samt KBS slutförvaring av använt kärnbränsle teknisk del II, kap 3, geologi).	5×10^{-3}	$10^{-6} - 10^{-10}$
--	--------------------	----------------------

Av där anförda värden bör största vikt ges åt de fem första, eftersom dessa hänför sig till transportberäkningar vid spår-försök som motsvarar frågeställningarna vid ett bergförvar. Några sådana spår-försök har hittills inte utförts vid Sternö. Föreliggande data anger ett intervall mellan 10^{-3} och 10^{-4} , med en även teoretiskt motiverad tendens till sjunkande värden vid lägre permeabilitet i sprickigt berg. En ytterligare lägre porositet vid låga permeabiliteter kan därför vara tänkbar.

2.4 Samband mellan sprickfrekvens och permeabilitet

En ökad permeabilitet bör motsvaras av en ökad sprickfrekvens, se exempelvis fig. 10. I borrhål Ka 3 kan den ökade permeabiliteten inom borrhålsavsnittet 250 - 320 m korreleras med en hög sprickfrekvens och krosszoner, se fig. 4. Ett motsvarande samband kan däremot inte entydigt utläsas ur diagrammen i fig. 2, 3, 4 och 5. Avsaknad av en sådan korrelation i övriga delar av borrhålet Ka 3 och de andra borrhålens djupare delar kan bl a förklaras av att mätgränsen vid dubbelmanschettmätningarna är högre än den permeabilitetsvariation som de olika förekommande sprickfrekvenserna kan orsaka.

2.5 Förekommande spricklinjer

Utöver de spricklinjer som tidigare behandlats i rapporten "Kompletterande berggrundsundersökningar inom Finnsjö- och Karlshamnsområdena", har i samband med det fortsatta arbetet en topografiskt antydd, mindre spricklinje diskuterats. Den förmodade spricklinjen har nordostlig riktning och går igenom den i fig. 1 markerade punkten C. Borrhålet Ka 5 bör ha penetrerat denna zon. I nämnda borrhål finns vid 273 meter vissa indikationer (en 4 m bred zon med något större uppsprickning), som kan tänkas motsvara den förmodade spricklinjen. Permeabilitetsförhöjningen i sprickzonen är av samma storleksordning som de normala variationerna av permeabiliteten ovan 300 meter i berggrunden. Zonens begränsade utsträckning och permeabilitet visar att den förmodade spricklinjen saknar betydelse för helhetsbilden.

3. Sammanfattande bedömning

De kompletterande undersökningarna på Sternö har tidigare redovisats i tekniska rapporter avseende de berggrundsgeologiska och hydrogeologiska arbetena. Nedan ges en sammanfattning och bedömning av de erhållna resultaten.

Huvudbergarterna inom områdena A och B består av kustgnejs, gnejsgranit och karlshamnsgranit.

Det undersökta området begränsas av spricklinjer i NW- och NE-lig riktning samt av en E-W-lig spricklinje i områdets södra del. En diabasgång uppträder i områdets östra del se fig. 1. En parallellzon till diabasgången delar det undersökta området i två ungefär lika stora block. Bredden av denna förmodade tensionszon är svår att exakt fastställa. Observationer av borrkärnor tyder på att zonen är uppdelad på ett antal mindre krosszoner (5 - 55 cm bredd) åtskilda av längre sektioner av helt berg. Bredden av detta störda område bedöms på grundval av ytobservationer och vid kärngranskning i borrhål Ka 3 till omkring 80 m vid 300 m vertikalt djup. Denna zon bedöms även nå ned till föreslaget förvaringsdjup.

Bergpartierna A och B mellan de nämnda spricklinjerna, se fig 1 får bedömas vara relativt homogena från sprickfrekvens- och vattenföringssynpunkt, då såväl flygbildstolkning som geologisk kartläggning av markytan ej avslöjat några ihållande spricklinjer. Diabasriktningen och med den parallellt stående spricklinjer är branta och av tensionskaraktär (Larsson et al 1977). Detta innebär att sprickorna inom zonen är öppna och vattenförande. Sprickzoner i NE-lig riktning är enligt Larsson et al av skjuvkaraktär. Sprickzonen i Munkahusviken har denna riktning och bedöms stå brant. Samma förhållande gäller för de NW-liga sprickzonerna. Jämfört med tensionssprickorna är vattenföringen erfarenhetsmässigt mindre i de förmodade skjuvsprickorna (Larsson 1972).

Sprickzonen i E-W-lig riktning, som avdelar Sternös södra och norra delar har okänd stupning. Dess vattenförande egenskaper är också okända.

I de bergpartier A och B, som bedömts vara relativt homogena från sprickfrekvens- och vattenföringssynpunkt, samt begränsade av de ovan nämnda spricklinjerna, har registrerats en jämn låg sprickighet av 0 - 4 sprickor per 3 m:s sektion. De olika borrhålens lutning och riktning har sökt täcka upp tänkbara sprickgruppers orientering och den angivna sprickigheten kan därför anses representativ för bergmassan.

Sprickighet och permeabilitet för bergmassan i bergparti A har erhållits från två borrhål. I bergparti B finns information huvudsakligen från undre delen av borrhål Ka 3 (360 - 765 m). Dessutom finns viss data från bergparti B:s perifera delar (Ka 2, 340 - 575 m). Bergpartiets sprickighet och vattenförande egenskaper inom de östligaste delarna, speciellt vad avser diabasens eventuella påverkan saknas. Det kan dock antas att diabasens inverkan på sidoberget är begränsad.

De vattenförande egenskaperna hos tensionszonen i områdets centrala delar är kända från mätningar i borrhål Ka 3. Tensionszonens permeabilitet är uppmätt till mellan 1×10^{-9} och $1,5 \times 10^{-6}$ m/s. De sprickzoner som utgör områdets begränsning har inte undersökts.

Bergmassan inom de homogena delarna uppvisar vid enkelmanschettmätningar en permeabilitet under 200 - 350 meters nivå av 10^{-11} m/s eller lägre. Ovanför nämnda nivåer varierar permeabiliteten mellan 10^{-9} och 2×10^{-8} m/s.

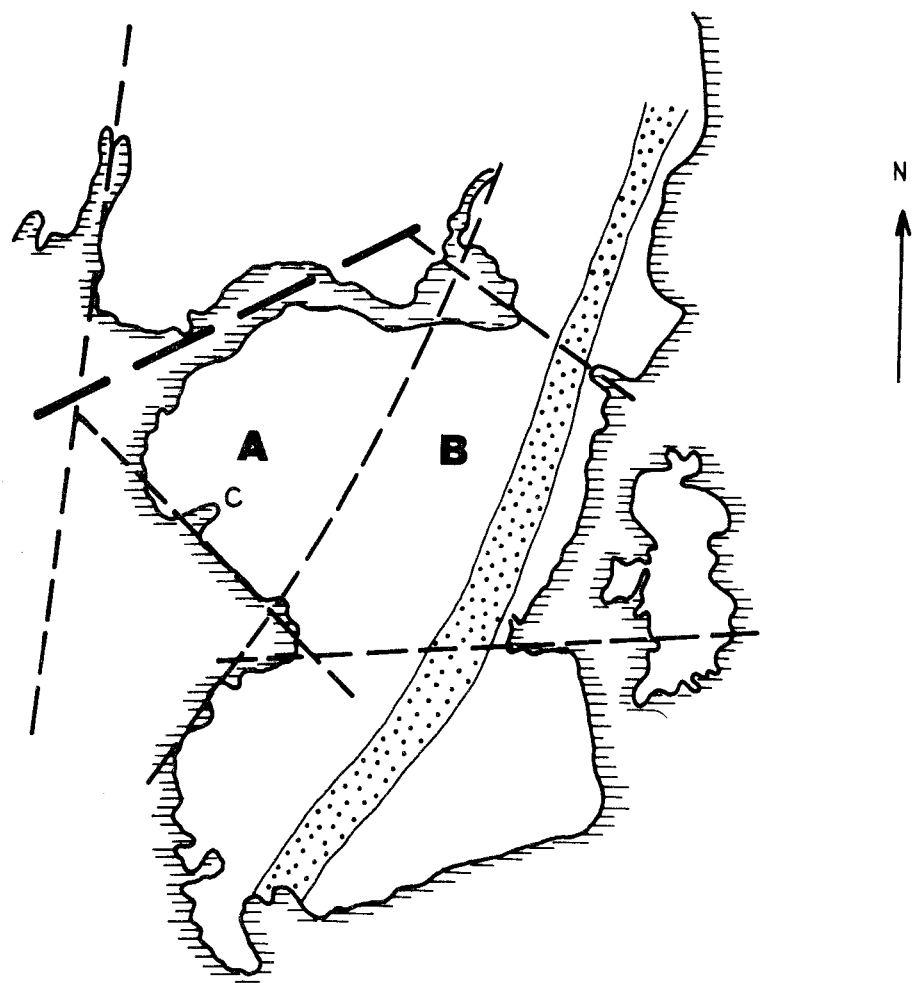
Med stöd av anförda data kan slutligen grundvattnets strömningstid bedömas. Exempelvis erhålles för homogent berg på aktuellt förvaringsdjup med permeabiliteten 10^{-11} m/s och en effektiv porositet av 10^{-4} och vid en hydraulisk gradient av 0,02 att det krävs en strömningsträcka av 25 m för att uppnå en strömningstid av 400 år. Lägre porositetsvärden förlänger den beräknade sträckan och lägre permeabilitetsvärden skulle förkorta densamma.

REFERENSER

- Banks, 1972. Proceedings from ISRM:s Symposium of Percolation Through Fissured Rock. Stuttgart.
- Brace, Orange, 1968. Electrical resistivity changes in saturated rocks during fracture and frictional sliding. Journ. Geoph. Res. 73, p 1433 - 1445.
- Heimli, 1974. Bergartens porositet, permeabilitet, fuktutvidgels og kapilaritet. Geological Institute of Engineerin Geology Norwegian Institute of Technology, Trondhe
- Jessop, 1977. Skrivet meddelande till KBS, Reg. No 42.08, 77-11-17.
- Jessop, Robertsson, Lewis, 1976. A brief summary of thermal conductivity of crystalline rocks. Can. Dept. of Energy, Mines and Resources Rep. 76 - 4.
- Klockars, 1979. Opublicerade data från spårämnesförsök i Finnsjön
- Landström, Klockars, 1977. Lägesrapport vecka 38 av pågående spår försök i Studsvik (etapp C).
- Landström, Klockars, Holmberg, Westerberg, 1978. In situ experiments on nuclide migration on fractured crystalline rocks. KBS Teknisk rapport nr 110.
- Larsson, 1972. Ground water in granite rocks and tectonic models. Nordic hydrology 3, p 111 - 129.
- Larsson, Lundgren, Wiklander, 1977. Blekinge kustgnejs. Geologi och hydrologi. KBS Teknisk rapport nr 25.
- Lundström, Stille, 1978. Large scale permeability test of the granite in the Stripa mine and thermal conductivity test. KBS Teknisk rapport nr 2, 1978.

Magnusson, Duran, 1978. Geofysisk borrhålsmätning, KBS Teknisk rapport nr 61.

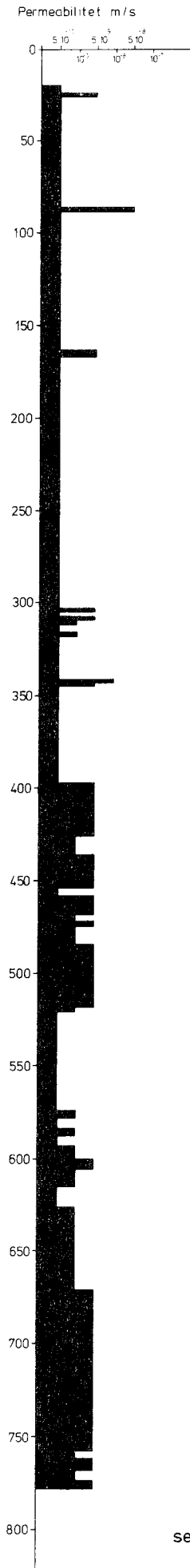
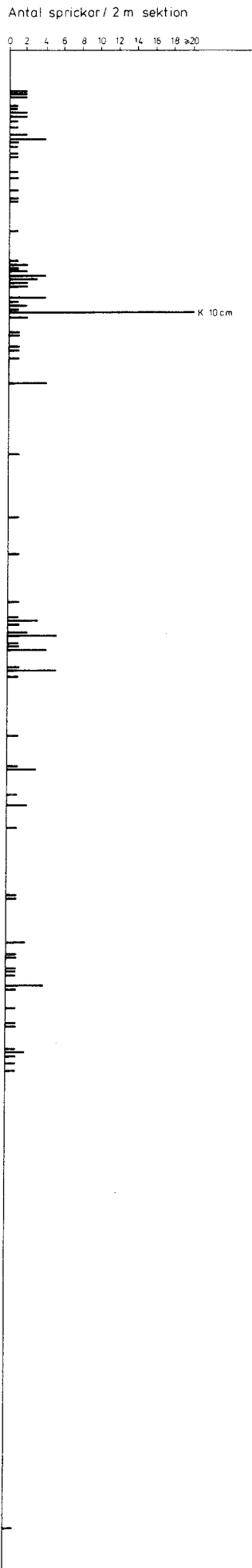
Webster, Proctor, Marine, 1970. Two-well tracer test in fractured crystalline rock. US Geol. Survey Water Supply paper 1544 - 1.



0 1 km
 Skala 1:30 000

- — — Belagd spricklinje
- - - Förmodad spricklinje
- ▣ Diabas

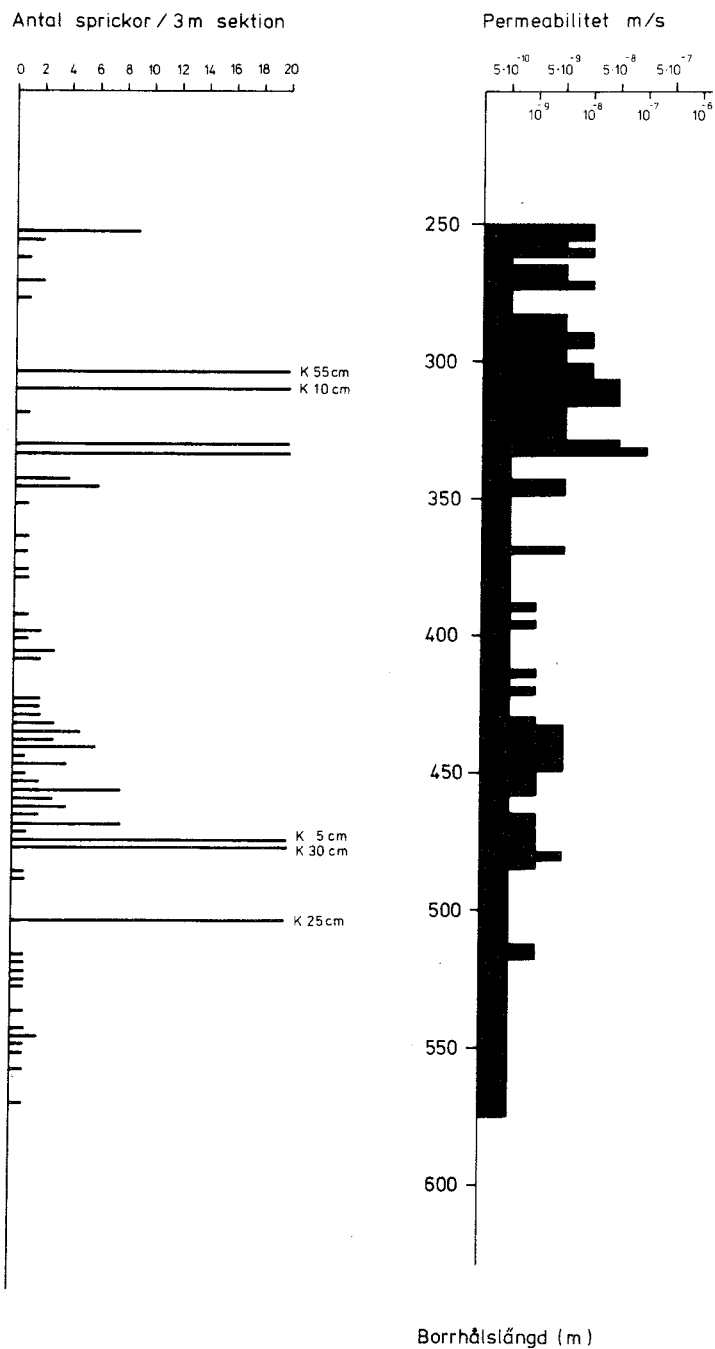
Figur 1. Översiktlig sprickkarta över Sternö utvisande bergpartierna A och B



KARLSHAMN
 Borrhål Ka 1
 Klassindelning av
 sektionerpermeabilitet. Sprickfrekvens

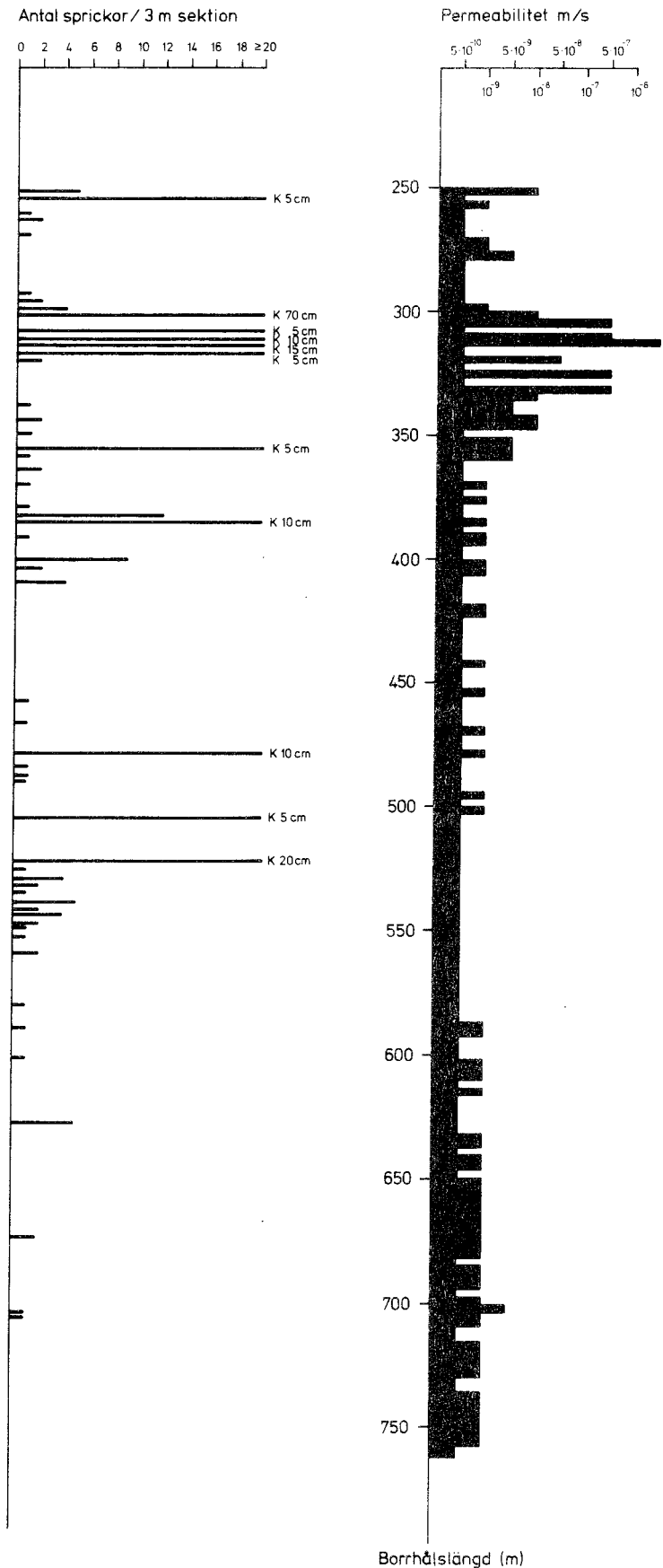
Sveriges geologiska undersökning
 Berggrundsbyrån
 1979

Fig 2



KARLSHAMN
 Borrhål Ka 2
 Klassindelning av
 sektionerpermeabilitet. Sprickfrekvens

Fig 3



KARLSHAMN
 Borrhål Ka 3
 Klassindelning av
 sektionsspermeabilitet. Sprickfrekvens

Sveriges geologiska undersökning
 Berggrundsbyrån
 1979

Fig 4

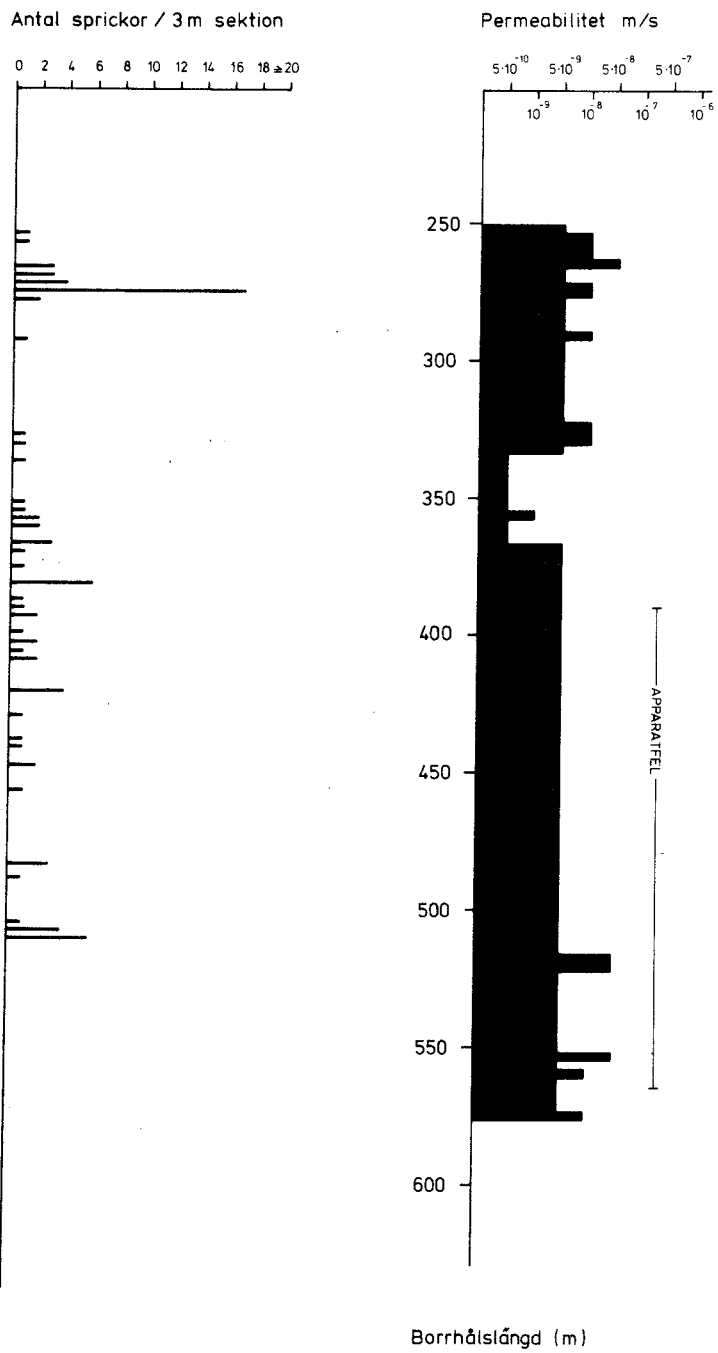
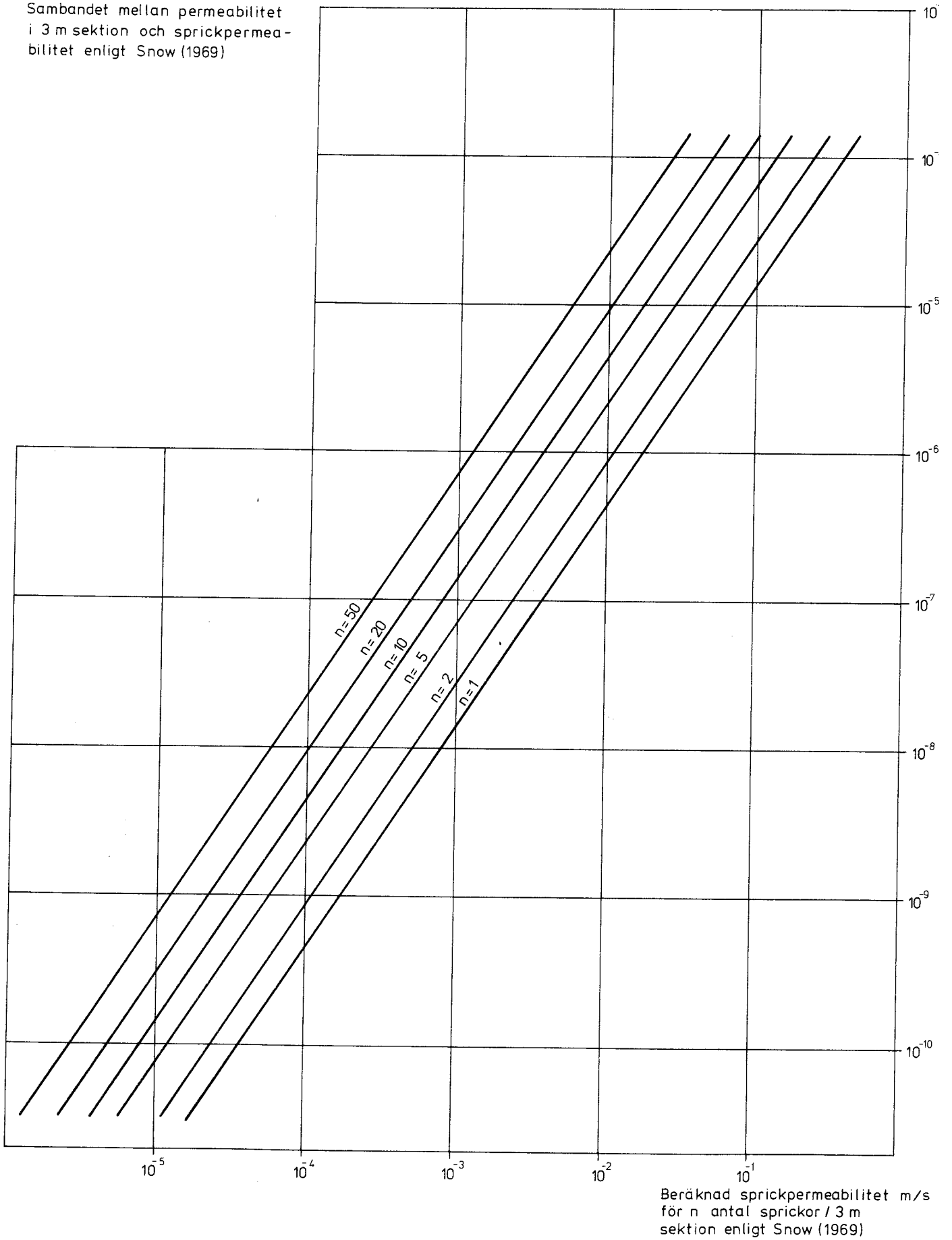


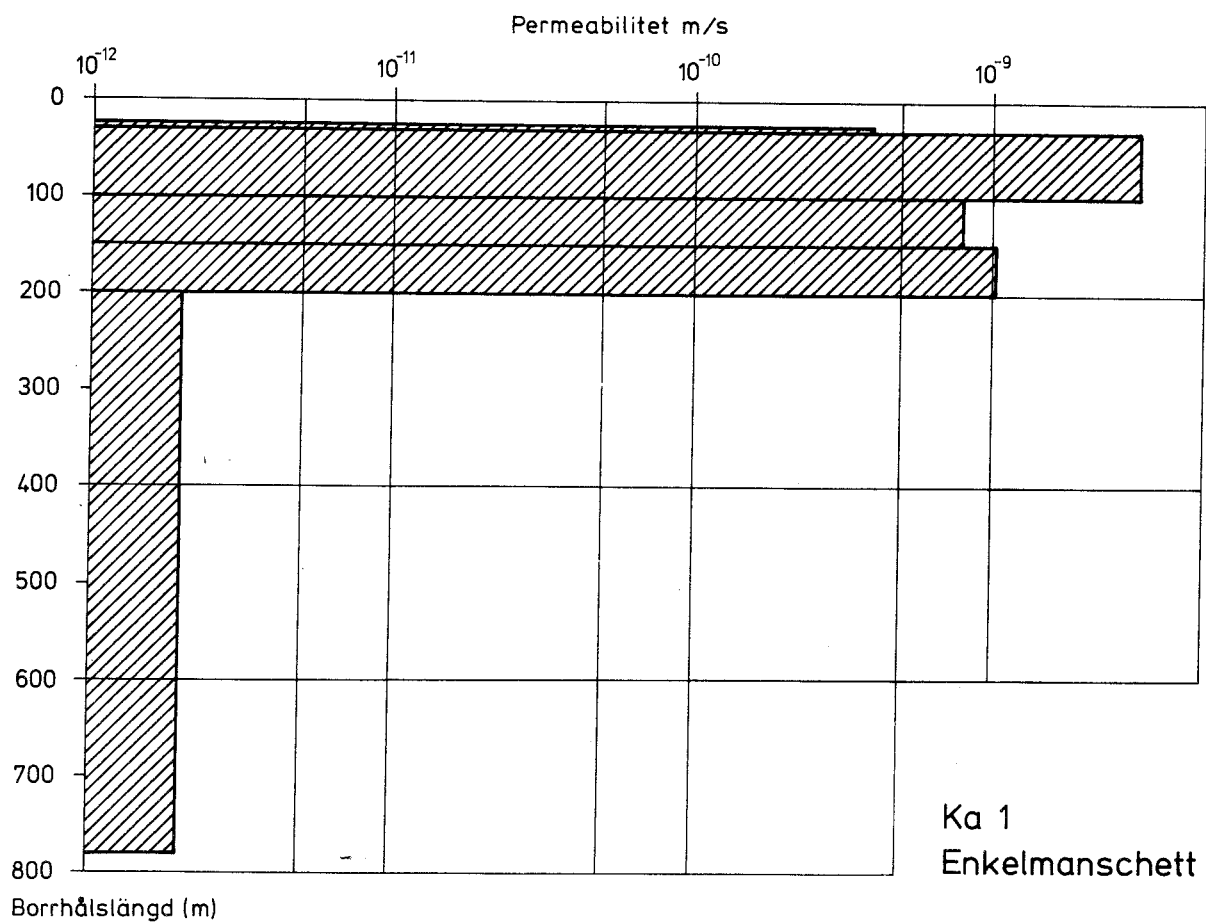
Fig 5

KARLSHAMN
 Borrhål Ka 5
 Klassindelning av
 sektionerpermeabilitet. Sprickfrekvens

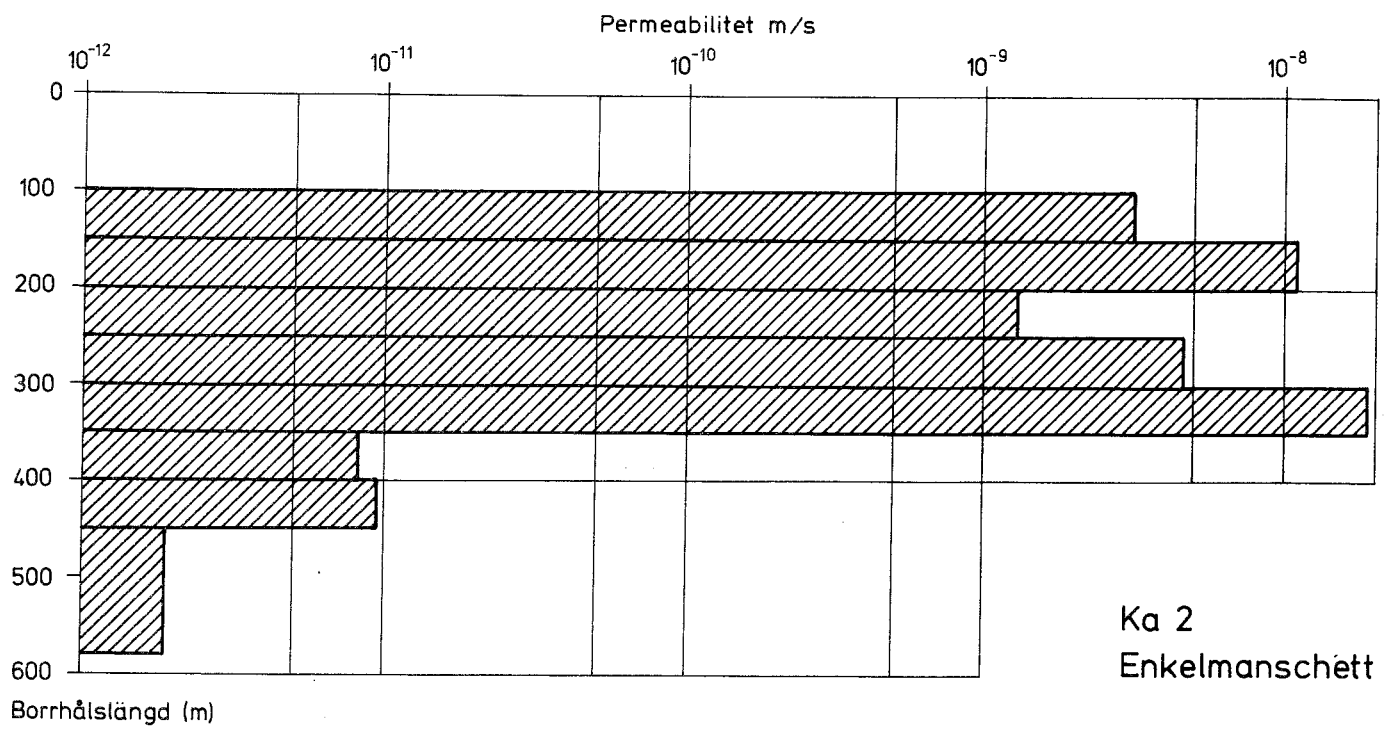
Sambandet mellan permeabilitet i 3 m sektion och sprickpermeabilitet enligt Snow (1969)



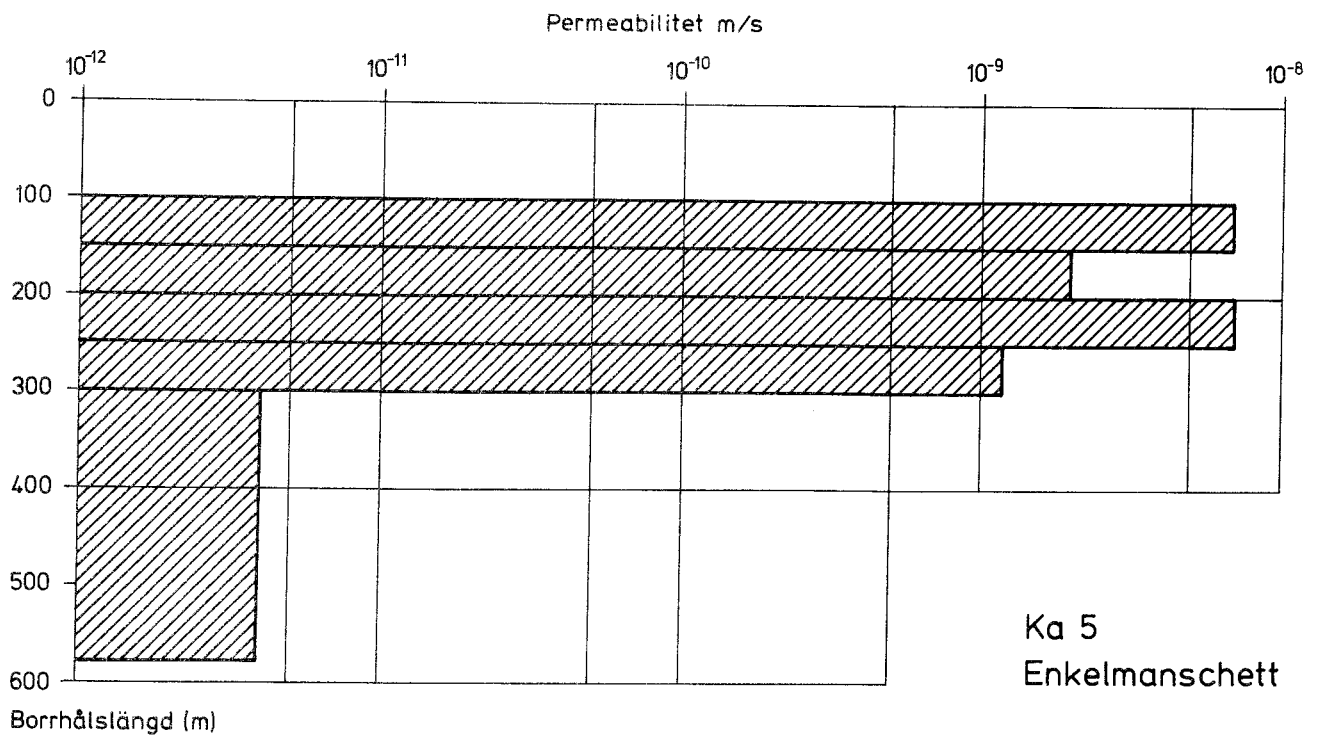
Figur 6 Sambandet mellan permeabilitet i 3 m sektioner och sprickpermeabilitet enligt Snow (1969)



Figur 7 Permeabilitetens variation med djupet erhållna från enkelmanschettmätningar i Ka 1



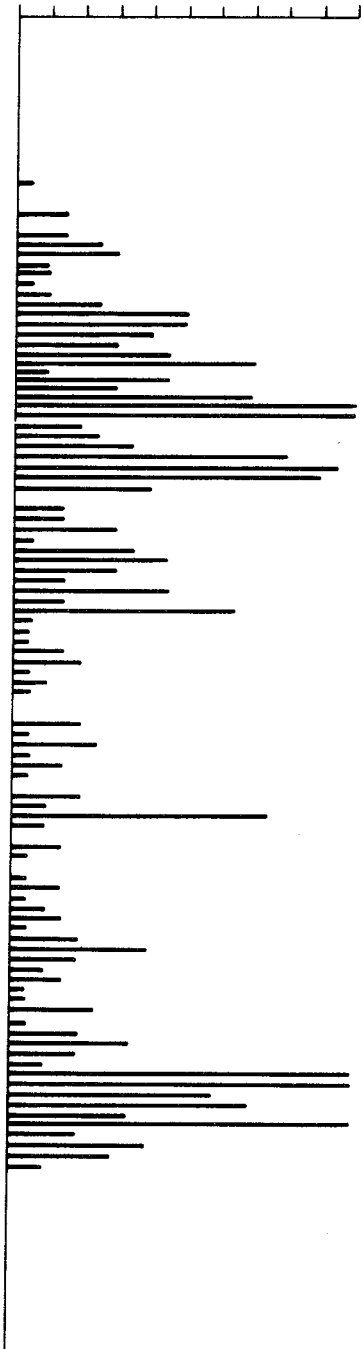
Figur 8 Permeabilitetens variation med djupet erhållna från enkelmanschettmätningar i Ka 2



Figur 9 Permeabilitetens variation med djupet erhållna från enkelmanschettmätningar i Ka 5

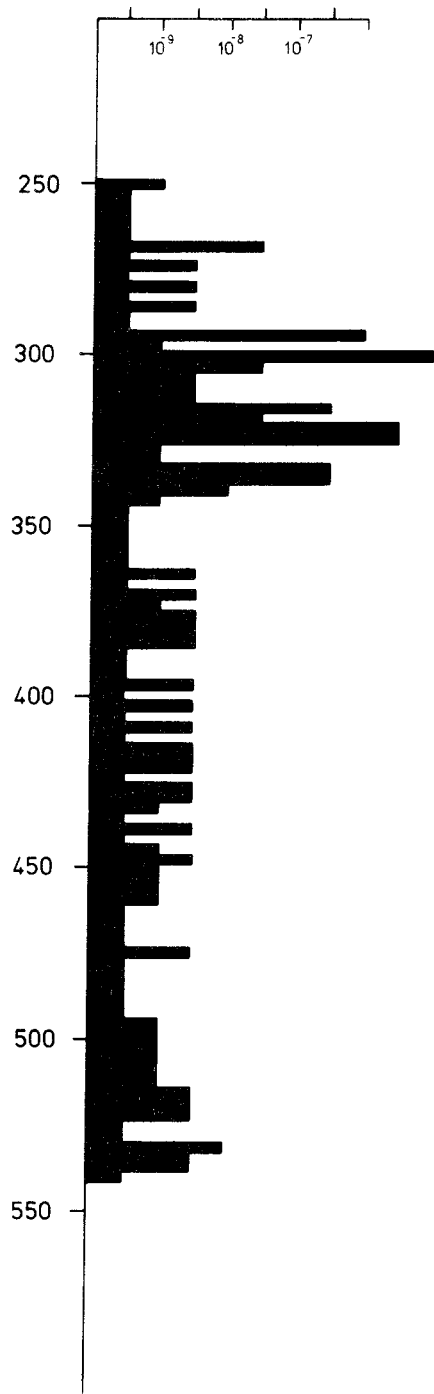
Antal sprickor / 3 m sektion

0 2 4 6 8 10 12 14 16 18 ≥20



Permeabilitet m/s

$5 \cdot 10^{-10}$ $5 \cdot 10^{-9}$ $5 \cdot 10^{-8}$ $5 \cdot 10^{-7}$



Borrhålslängd (m)

FINNSJÖN

Borrhål Fi 7

Klassindelning av
sektionspermeabilitet. Sprickfrekvens

Sveriges geologiska undersökning
Berggrundsbyrån
1979

Fig 10 Exempel på god korrelation mellan permeabilitet och sprickfrekvens

FÖRTECKNING ÖVER SKBF PROJEKT KBS TEKNISKA RAPPORTER

- 79-01 Clay particle redistribution and piping phenomena in bentonite/
quartz buffer material due to high hydraulic gradients
Roland Pusch
University of Luleå 1979-01-10
- 79-02 Försöksområdet vid Finnsjön
Beskrivning till berggrunds- och jordartskartor
Karl-Erik Almén
Lennart Ekman
Andrzej Olkiewicz
Sveriges Geologiska Undersökning november 1978
- 79-03 Bergmekanisk bedömning av temperaturlastning vid slutförvaring
av radioaktivt avfall i berg
Ove Stephansson
Bengt Leijon
Högskolan i Luleå 1979-01-10
- 79-04 Temperatur- och spänningsberäkning för slutförvar
Taivo Tarandi
VBB Vattenbyggnadsbyrån, Stockholm februari 1979
- 79-05 Kompletterande berggrundsundersökningar inom Finnsjö- och
Karlshamnsområdena
Andrzej Olkiewicz
Sören Scherman
Karl-Axel Kornfält
Sveriges Geologiska Undersökning 1979-02-02
- 79-06 Kompletterande permeabilitetsmätningar i Karlshamnsområdet
Gunnar Gidlund
Kenth Hansson
Ulf Thoregren
Sveriges Geologiska Undersökning februari 1979
- 79-07 Kemi hos berggrundvatten i Blekinge
Gunnar Jacks
Institutionen för Kulturteknik, KTH, februari 1979
- 79-08 Beräkningar av grundvattenrörelser inom Sternöområdet i Blekinge
John Stokes
Institutionen för Kulturteknik, KTH, februari 1979
Preliminär utgåva

- 79-09 Utvärdering av de hydrogeologiska och berggrundsgeologiska
 förhållandena på Sternö
 Kaj Ahlbom
 Leif Carlsson
 Gunnar Gidlund
 C-E Klockars
 Sören Scherman
 Ulf Thoregren
 Sveriges Geologiska Undersökning, Berggrundsbyrån,
 februari 1979
- 79-10 Modellberäkningar av grundvattenförhållandena på Sternö
 Carl-Lennart Axelsson
 Leif Carlsson
 Sveriges Geologiska Undersökning mars 1979
- 79-11 Tolkning av permeabilitet i en befintlig berganläggning
 Ulf Lindblom
 Alf Norlén
 Jesús Granero
 Kent Adolfsson
 Hagconsult AB februari 1979
- 79-12 Geofysisk borrhålsmätning
 Kurt-Åke Magnusson
 Oscar Duran
 Sveriges Geologiska Undersökning februari 1979