

Kärnbränslecykelns slutsteg

Förglasat avfall från upparbetning

Material angående SKI:s
beredning av KBS' geologiska
kompletteringsrapport

**KÄRN -
BRÄNSLE -
SÄKERHET**

Kärnbränslecykelns slutsteg

Förglasat avfall från upparbetning

Material angående SKI:s
beredning av KBS' geologiska
kompletteringsrapport

**KÄRN-
BRÄNSLE-
SÄKERHET**

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

FÖRORD

Enligt "villkorslagen" erfordras särskilt tillstånd av regeringen för att få tillföra kärnbränsle till kärnreaktor. Ansökningar om detta har inlämnats för reaktorerna Ringhals 3 och Forsmark 1.

Regeringen beslöt 78-10-05 att viss kompletterande geologisk undersökning fordrades för att villkorslagens krav på helt säker slutlig förvaring kunde bedömas vara uppfyllda för dessa reaktorer.

Vid regeringens behandling av det kompletterande materialet uppdrogs åt statens kärnkraftinspektion, SKI, att bereda ärendet. Mycket av det material som härvid kom fram bedöms av KBS vara av sådant intresse för frågan om slutlig deponering av radioaktivt avfall att det fanns anledning att öka materialets tillgänglighet.

Handlingarna i frågan har därför sammanställts i denna volym, som i begränsad upplaga finns tillgänglig hos KBS.

INNEHÅLLSFÖRTECKNING

- Regeringens beslut att kräva kompletterande undersökningar. 78-10-05
- Regeringens uppdrag till SKI att bereda ärendet. 79-02-22
- Granskningsutlåtande av KBS-utredningen Kärnbränslecykelns slutsteg förglasat avfall från uppärbetning. Kompletterande geologiska undersökningar.
Utarbetat för Statens Kärnkraftinspektion av konsultgruppen för geologifrågor. 79-03-12

-
- Kommentarer till utlåtande av SKIs konsultgrupp för geologifrågor.
Projekt KBS 79-03-19
 - Bilaga 1 SKIs konsultgrupps granskningsutlåtande över de kompletterande geologiska undersökningarna på Sternö.
Sveriges Geologiska Undersökning
79-03-18
 - Bilaga 2 Synpunkter på "Granskningsutlåtande avseende KBS-utredningen, SKI 1979-03-12"
Roy Stanfors 79-03-16

Brev till SKI i ärendet.

- KBS kompletterande geologiska undersökningar i Sternöområdet.
Sven Hjelmqvist 79-02-18
- Synpunkter på granskningsutlåtande av SKIs konsultgrupp för geologifrågor avseende KBS-utredning "Kärnbränslecykelns slutsteg"
C-O Morfeldt 79-03-19

- Kan högaktivt avfall lagras "helt sikkert" i Sternö-området.
Scandpower 79-03-19
- Angående påstådd normal borrinsats vid projektering av bergrum med höga krav.
Fortifikationsförvaltningen 79-03-20
- Geologiska utfästelser och realiteter vad gäller slutförvaring av kärnbränsleavfall i berggrunden: Några kommentarer och synpunkter samt nya data.
Nils-Axel Mörner 79-03-21
- Några synpunkter på geologiskt granskningsutlåtande.
Torbjörn Hahn 79-03-21
- Kärnkraftinspektionens konsultgrupp för geologifrågor, med undantag av professor Sven Hjelmqvist, vill lämna följande synpunkter på KBS kommentarer till utlåtande av SKIs konsultgrupp för geologifrågor.
79-03-23
- Beträffande KBS kommentarer till utlåtande av SKIs konsultgrupp för geologifrågor.
Per Ole Nielsen 79-03-26
- KBS kompletterande geologiska undersökningar i Sternöområdet.
Anders Eriksson 79-03-26

- Statens Kärnkraftinspektion skrivelse till regeringen 79-03-27 "Uppdrag att bereda vissa ärenden enligt lagen (1977:140) om särskilt tillstånd att tillföra kärnreaktor kärnbränsle m m"

Bilaga 1 Reservation
Thomas B Johansson 79-03-27

Bilaga 2 Reservation
Karl Erik Olsson 79-03-30

Bilageförteckning

1978-10-05 2835/77, 141/78
1162/78, 1266/78
1589/78, 1753/78
1775/78, 1988/78
1994/78
Dossier 263, 2222

Statens vattenfallsverk
162 87 VÄLLINGBY

Ansökan enligt lagen (1977:140) om särskilt tillstånd
att tillföra kärnreaktor kärnbränsle, m.m.

1977-12-06

Statens vattenfallsverk har i skrivelse den 6 december 1977 ansökt om tillstånd enligt 2 § andra stycket i lagen (1977:140) om särskilt tillstånd att tillföra kärnreaktor kärnbränsle, m.m. (villkorlagen) att få tillföra reaktoranläggningen Ringhals block 3 (Ringhals 3) kärnbränsle.

Till stöd för sin ansökan har vattenfallsverket åberopat bl.a. följande handlingar:

- avtal träffat den 19 april 1977 mellan Svensk Kärnbränsleförsörjning AB (SKBF) och det franska företaget Compagnie Générale des Matériels Nucléaires (COGEMA) beträffande transport, lagring och upparbetning m.m. av använt kärnbränsle som uttas från Ringhals 3 efter avställning före 1980,
- avtal träffat den 21 april 1977 mellan SKBF, vattenfallsverket och Sydkraft AB, i vilket vattenfallsverkets rätt att utnyttja ovan angivna upparbetningsavtal preciseras liksom parternas rättigheter och skyldigheter i övrigt,

redovisning av den första etappen av ett arbete inom en särskild projektgrupp - projekt kärnbränslesäkerhet (KBS) - som behandlar slutlig förvaring av det vid upparbetningen erhållna högaktiva avfallet.

I skrivelse den 18 maj 1978 har vattenfallsverket begärt att även ett den 16 mars 1978 träffat avtal mellan SKBF och COGEMA angående transport, lagring och upparbetning m.m. av använt kärnbränsle som transporteras till Frankrike under åren 1981-1990, beaktas vid handläggningen av ansökningsen.

Vattenfallsverkets ansökan har remitterats för yttrande till 24 svenska instanser. Den av verket åberopade redovisningen av KBS har dessutom remitterats för yttrande till 23 utländska instanser.

Vattenfallsverket har inkommit med påminnelser. Verket har därvid ytterligare åberopat Forsmarks Kraftgrupp AB:s påminnelser den 12 juni 1978 i vad avser avtalet den 16 mars 1978 med COGEMA.

Enligt 2 § andra stycket 1 i villkorslagen får tillstånd till drifttagning av kärnreaktor meddelas endast om reaktorns innehavare har företett avtal, som på ett betryggande sätt tillgodoser behovet av upparbetning av använt kärnbränsle, och dessutom har visat, hur och var en helt säker slutlig förvaring av det vid upparbetningen erhållna högaktiva avfallet kan ske.

Det upparbetningsavtal som åberopas i ansökningsen står enligt regeringens bedömning i överensstämmelse med villkorslagens krav. Däremot har regeringen vid sin bedömning av förutsättningarna för en helt säker slutlig förvaring av det högaktiva avfallet funnit att viss kompletterande geologisk undersökning fordras för att lagens krav skall vara helt uppfyllida.

Villkorslagen uppställer inte något krav på att sökanden skall ange viss bestämd plats för slutförvaret. Lagen får emellertid i förevarande fall anses innebära att sökanden skall visa att det finns område eller områden i Sverige som har en sådan beskaffenhet att en slutförvaring kan ske i enlighet med de krav lagen ställer.

Den kompletterande geologiska undersökningen bör därför visa att det finns en tillräckligt stor bergsformation på aktuellt djup och med de egenskaper som KBS:s säkerhetsanalys i övrigt förutsätter. Regeringen vill i detta sammanhang erinra om att de krav som behöver ställas på bergsformationens volym och form beror dels på avfallsmängden, dels på vilken geometrisk konstruktion ett slutförvar ges. Den utformning av bergförvaret som KBS ursprungligen angett kan komma att modifieras med hänsyn till dessa krav.

Vad som sålunda fordras är enligt regeringens bedömning ytterligare provborrningar och därav föranledda mätningar i sådana bergsområden som enligt sökanden har de nyss angivna geologiska egenskaperna.

På grund av det anförda kan ansökningsen inte f.n. bifallas.

Regeringen lämnar ansökningsen utan bifall.

På regeringens vägnar

Olof Johansson

Gösta Lindh

Avskrift till

statens kärnkraftinspektion

Svensk Kärnbränsleförsörjning AB

kärnbränslesäkerhet

1979-02-22 393/79, 394/79

Statens kärnkraftinspektion
Box 27106
102 52 STOCKHOLM

Uppdrag att bereda vissa ärenden enligt lagen (1977:140)
om särskilt tillstånd att tillföra kärnreaktor kärnbränsle, m.m.
(Handlingarna i ärendet överlämnas)

Statens vattenfallsverk och Forsmarks Kraftgrupp AB har den 6 december 1977 respektive den 6 april 1978 ansökt om tillstånd enligt 2 § andra stycket lagen (1977:140) om särskilt tillstånd att tillföra kärnreaktor kärnbränsle, m.m. (villkorslagen) att få tillföra kärnreaktoranläggningarna Ringhals block 3 respektive Forsmark block 1 kärnbränsle. Till stöd för ansökningarna åberopade sökandena bl.a. en redovisning av den första etappen av ett arbete inom en särskild projektgrupp - projekt kärnbränslesäkerhet (KBS) - som behandlar slutlig förvaring av vid upparbetning erhållet högaktivt avfall. Regeringen fann i beslut den 5 oktober 1978 att viss kompletterande geologisk undersökning fordrades för att lagens krav om en helt säker slutlig förvaring av det högaktiva avfallet skulle vara helt uppfyllt.

Regeringen konstaterade att villkorslagen inte uppställer något krav på att sökandena skall ange viss bestämd plats för slutförvaret. Lagen ansågs emellertid i förevarande fall innebära att sökandena skulle visa att det finns område eller områden i Sverige som har en sådan beskaffenhet att en slutförvaring kan ske i enlighet med de krav lagen ställer.

Den kompletterande geologiska undersökningen borde därför enligt besluten visa att det finns en tillräckligt stor bergsformation på aktuellt djup och med de egenskaper som KBS:s säkerhetsanalys i övrigt förutsätter. Regeringen erinrade i detta sammanhang om att de krav som behöver ställas på bergsformationens volym och form beror dels på avfallsmängden, dels på vilken geometrisk konstruktion ett slutförvar ges. Den utformning av bergförvaret som KBS ursprungligen har angett kan enligt besluten komma att modifieras med hänsyn till dessa krav.

Vad som sålunda fordrades var enligt regeringens bedömning ytterligare provborrningar och därav föranledda mätningar i sådana bergsområden som enligt sökandena har de nyss angivna geologiska egenskaperna.

Statens vattenfallsverk och Forsmark Kraftgrupp AB har i skrivelser den 20 februari 1979 anfört att kompletterande geologiska mätningar har utförts samt begärt att få tillföra reaktoranläggningarna Ringhals block 3 och Forsmark block 1 kärnbränsle. Till stöd för denna begäran åberopar sökandena en rapport beträffande utförda kompletterande geologiska mätningar.

Regeringen uppdrar åt statens kärnkraftinspektion att bereda statens vattenfallsverks och Forsmark Kraftgrupp AB:s ansökningar om tillstånd att få tillföra reaktoranläggningarna Ringhals block 3 och Forsmark block 1 kärnbränsle. Av regeringens tidigare beslut framgår att ansökningarna har ansetts uppfylla lagens krav utom i ett avseende. Regeringen har således, i likhet med den bedömning inspektionen tidigare har gjort, ansett att förutsättningar för bifall förelåg bl.a. vad avsåg KBS:s allmänna uppläggning, metod för slutförvaring och tekniskt utförande av förvaret, geologiska förutsättningar och mätmetoder samt säkerhetsanalys. Regeringen bedömde emellertid att det fordrades ytterligare provborrningar och därav föranledda mätningar för att visa att det finns en tillräckligt stor bergsformation på aktuellt djup och med de egenskaper som KBS:s säkerhetsanalys i övrigt förutsätter. Inspektionens uppdrag skall således avse att mot denna bakgrund bedöma de nu sålunda kompletterade ansökningarna i nämnda hänseende.

Kärnkraftinspektionen har att med eget yttrande överlämna handlingarna i ärendet till regeringen senast den 30 mars 1979.

På regeringens vägnar

Carl Tham

Jan Björk

Bestyrkes i tjänsten

Ulla Rickfors

Avskrift till

statsrådsberedningen
statens vattenfallsverk
Forsmarks Kraftgrupp AB
Svensk kärnbränsleförsörjning AB
kärnbränslesäkerhet

GRANSKNINGSUTLÅTANDE

avseende KBS-utredningen

KÄRNBRÄNSLECYKELNS SLUTSTEG

FÖRGLASAT AVFALL FRÅN UPPARBETNING

**KOMPLETTERANDE GEOLOGISKA UNDER-
SÖKNINGAR**

Utarbetat för

STATENS KÄRNKRAFTINSPEKTION

av

KONSULTGRUPPEN FÖR GEOLOGIFRÅGOR

KONSULTGRUPPEN FÖR GEOLOGIFRÅGOR

har utgjorts av

tekn lic Sören Andersson	AIB
geolog Anders Eriksson	AIB
professor em Sven Hjelmqvist	Lund
statsgeolog Sigurd Huseby	Oslo
civ ing Per Ole Nielsen	Scandpower
professor Kalervo Rankama	Helsingfors
fil lic Arne Wesslén	VIAK
tekn lic Bengt Åberg	Stocksund

Konsultgruppen har till SKI 1979-03-12
avlämnat detta utlåtande om vilket gruppen
är enig med undantag för Sven Hjelmqvist,
som avgivit eget yttrande.

INNEHÅLLSFÖRTECKNING

1. BAKGRUND
 - 1.1. Regeringens avslag 1978-10-05 på statens vattenfallsverks laddningsansökan
 - 1.2. SKI:s inrättande av konsultgrupp för geologifrågor
 - 1.3. Laddningsansökan 1979-02-20 från statens vattenfallsverk och Forsmark Kraftgrupp AB
 - 1.4. Regeringens uppdrag till SKI 1979-02-22
 - 1.5. SKI:s granskningsuppdrag till konsultgruppen för geologifrågor

2. UTGÅNGSPUNKTER FÖR GRANSKNINGEN
 - 2.1. Referenssystem
 - 2.2. Nationell och internationell remiss

3. UTVÄRDERING AV KBS KOMPLETTERANDE GEOLOGISKA UNDERSÖKNINGAR
 - 3.1. Berggrundsförhållanden och bergvolymer
 - 3.1.1. Kompletterande geologiska undersökningar
 - 3.1.2. Kompletterande kommentarer till de geologiska undersökningarna
 - 3.1.3. Sammanfattning av granskningen av utförda geologiska undersökningar rörande berggrundsförhållanden och bergvolymer
 - 3.2. Permeabilitetsförhållanden och grundvattenrörelser
 - 3.2.1. Permeabilitetsmätningar
 - 3.2.2. Grundvattenrörelser
 - 3.2.3. Sammanfattning av granskningen beträffande permeabilitetsförhållanden och grundvattenrörelser

- 3.3. Grundvattnets sammansättning
- 3.3.1. Vattenanalyser
- 3.3.2. Grundvattenkemins betydelse

4. KONSULTGRUPPENS SLUTSATSER

5. SÄRSKILT YTTRANDE AV SVEN HJELMQVIST

6. REFERENSLISTA

BILAGA A: Svar från kärnkraftinspektionens
rådgivande konsultgrupp för geologi-
frågor angående brev från SKI 1978-
12-22

BILAGA B: Referenssystem

BILAGA C: Synpunkter på undersökningsprogram,
provtagning och analysmetodik

1. BAKGRUND

1.1 Regeringens avslag 1978-10-05 på statens vattenfallsverks laddningsansökan

I skrivelse den 6 december 1977 ansökte statens vattenfallsverk om tillstånd enligt villkorslagen att få tillföra Ringhals block 3 kärnbränsle.

Regeringen avslog den 5 oktober 1978 vattenfallsverkets ansökan med följande motivering.

"Det upparbetningsavtal som åberopas i ansökningen står enligt regeringens bedömning i överensstämmelse med villkorslagens krav. Däremot har regeringen vid sin bedömning av förutsättningarna för en helt säker slutlig förvaring av det högaktiva avfallet funnit att viss kompletterande geologisk undersökning fordras för att lagens krav skall vara helt uppfyllda.

Villkorslagen uppställer inte något krav på att sökanden skall ange viss bestämd plats för slutförvaret. Lagen får emellertid i förevarande fall anses innebära att sökanden skall visa att det finns område eller områden i Sverige som har en sådan beskaffenhet att en slutförvaring kan ske i enlighet med de krav lagen ställer.

Den kompletterande geologiska undersökningen bör därför visa att det finns en tillräckligt stor bergsformation på aktuellt djup och med de egenskaper som KBS:s säkerhetsanalys i övrigt förutsätter. Regeringen vill i detta sammanhang erinra om att de krav som behöver ställas på bergsformationens volym och form beror dels på avfallsmängden, dels på vilken geometrisk konstruktion ett slutförvar ges. Den utformning av bergförvaret som KBS ursprungligen angett kan komma att modifieras med hänsyn till dessa krav.

Vad som sålunda fordras är enligt regeringens bedömning ytterligare provborrningar och därav föranledda mätningar i sådana bergsområden som enligt sökanden har de nyss angivna geologiska egenskaperna."

1.2 SKI:s inrättande av konsultgrupp för geologi-
frågor

Mot bakgrunden av regeringens krav på kompletterande geologiska undersökningar beslöt SKI i november 1978 att inrätta en rådgivande konsultgrupp för geologiska frågor i samband med beredningen av kraftföretagens kommande ansökan. Konsultgruppen gavs följande sammansättning:

tekn lic Sören Andersson	AIB
geolog Anders Eriksson	AIB
professor em Sven Hjelmqvist	Lund
statsgeolog Sigurd Huseby	Oslo
civ ing Per Ole Nielsen	Scandpower
professor Kalervo Rankama	Helsingfors
fil lic Arne Wesslén	VIAK
tekn lic Bengt Åberg	Stocksund

I avvaktan på kraftföretagens slutliga ansökan gav SKI konsultgruppen direktiv att

- ge råd till inspektionen i frågor som berör den vidare hanteringen av KBS:s kompletterande undersökningar,
- bedöma vad som skall granskas i den kompletterande ansökan,
- tillföra inspektionen den specialistkunskap som behövs för inspektionens hantering av den kompletterande ansökan,
- ge inspektionen råd vid besvarandet av eventuella frågor från KBS i samband med de kompletterande undersökningarna.

Arbetets inriktning har sedan ytterligare preciserats i SKI:s PM 1979-02-15 enligt vilken gruppens arbete under själva granskningen bedömts böra koncentreras till

- storlek på det bergparti som uppfyller de av KBS angivna egenskaperna,
- frekvens av sprickor och krosszoner, dess inverkan på transporttid och täthet hos berget,
- salthalt hos grundvatten,
- temperaturstegring vid förvar i flera nivåer,
- bergets täthet, permeabilitetsvärden,
- grundvattnets transporttid.

1.3 Laddningsansökan 1979-02-20 från statens vattenfallsverk och Forsmarks Kraftgrupp AB.

I skrivelse till regeringen den 20 februari 1979 har statens vattenfallsverk och Forsmarks Kraftgrupp AB begärt att få tillföra reaktoranläggningarna Ringhals block 3 och Forsmark block 1 kärnbränsle. Till stöd för denna begäran åberopar sökandena att kompletterande geologiska undersökningar har utförts och hänvisar till den nya rapporten "Kärnbränslecykelns slutsteg. Förglasat avfall från upparbetning. Kompletterande geologiska undersökningar."

1.4 Regeringens uppdrag till SKI 1979-02-22

Med anledning av ovan nämnda ansökan har regeringen i skrivelse den 22 februari 1979 givit SKI följande uppdrag:

"Regeringen uppdrar åt statens kärnkraftinspektion att bereda statens vattenfallsverks och Forsmarks Kraftgrupp AB:s ansökningar om tillstånd att få tillföra reaktoranläggningarna Ringhals block 3 och Forsmark block 1 kärnbränsle. Av regeringens tidigare beslut framgår att ansökningarna har ansetts uppfylla lagens krav utom i ett avseende.

Regeringen har således, i likhet med den bedömning inspektionen tidigare har gjort, ansett att förutsättningar för bifall förelåg bl a vad avsåg KBS:s allmänna uppläggning, metod för slutförvaring och tekniskt utförande av förvaret, geologiska förutsättningar och mätmetoder samt säkerhetsanalys. Regeringen bedömde emellertid att det fordrades ytterligare provborrningar och därav föranledda mätningar för att visa att det finns en tillräckligt stor bergsformation på aktuellt djup och med de egenskaper som KBS:s säkerhetsanalys i övrigt förutsätter. Inspektionens uppdrag skall således avse att mot denna bakgrund bedöma de nu sålunda kompletterade ansökningarna i nämnda hänseende.

Kärnkraftinspektionen har att med eget yttrande överlämna handlingarna i ärendet till regeringen senast den 30 mars 1979."

1.5 SKI:s granskningsuppdrag till konsultgruppen för geologifrågor.

Med anledning av regeringsbeslutet den 22 februari 1979 gav SKI konsultgruppen i uppdrag att granska det av kraftföretagen åberopade undersökningsmaterialet. Granskningen skulle vara slutförd och avrapporterad till SKI den 9 mars 1979.

2. UTGÅNGSPUNKTER FÖR GRANSKNINGEN

2.1 Referenssystem

Konsultgruppen har anmodats bedöma en undersökning av ett antal faktorer med inbördes komplicerade beroendeförhållanden. Redan under gruppens arbete med SKI:s frågelista (PM 1978-12-22, bilaga 1 till SKI/K-141, se Bilaga A) framstod det som nödvändigt att diskutera ett referenssystem gentemot vilket förelagda KBS-resultat kan värderas.

Konsultgruppen har dock inte sett det som sin uppgift att förteckna alla de olika krav och specifikationer som bör uppfyllas för lämpligt förvaringsområde, men har funnit det önskvärt att ha en någorlunda precis föreställning om vilka generella lokaliseringskriterier som bör uppfyllas.

Referenssystemet återges skisserat i sina huvuddrag i Bilaga B.

Konsultgruppen är medveten om att en rad av dessa kriterier har värderats i Sverige i olika sammanhang - för AKA, PRAV, KBS etc - men saknar en prioriterad sammanställning som utesluter oacceptabla och påvisar acceptabla förvaringsområden.

2.2 Nationell och internationell remiss

Som ett led i arbetet med referenssystem har konsultgruppen gått igenom de nationella och internationella bedömningar som inhämtats vid remiss-

behandlingen av KBS föregående ansökan. Gruppen vill erinra om att dessa värderingar har givit en mycket omfattande samling av råd och riktlinjer för fortsatta undersökningar.

Konsultgruppen konstaterar att det i Stripa har bedrivits ett avsevärt utvecklingsarbete med hänsyn till in situ-undersökningar. Bortsett från en viss komplettering av metoderna för permeabilitetsbestämning har KBS icke funnit tillräcklig tid till mer omfattande metodiska och procedurmässiga förbättringar vid genomförandet av de kompletterande undersökningarna i Karlshamnsområdet.

3. UTVÄRDERING AV KBS KOMPLETTERANDE GEOLOGISKA
UNDERSÖKNINGAR

3.1 Berggrundsförhållanden och bergvolymer

3.1.1 Kompletterande geologiska undersökningar

Undersökningarnas omfattning beskrivs i KBS VI,
3.1.

KBS VI
sid 8

"Beskaffenheten hos ytberget påverkar endast i ringa grad slutförvarets säkerhet. Det har därför icke ansetts väsentligt att här redovisa permeabilitetsbestämningar för borrhålens översta 250 m."

Detta är icke i överensstämmelse med geologisk vetenskap och erfarenhet. Enligt vedertagen uppfattning bland geologer är det endast 0 - 30 m under markytan som räknas som ytberg, dvs det berg som påverkats eller påverkas av klimateffekter. Många av de kross- och sprickzoner som påträffas i borrhålen mellan markytan och 250 m fortsätter ned till 500 m djup. Det är därför i hög grad väsentligt att redovisa permeabilitetsmätningar också mellan markytan och 250 m.

Geologgruppen anser att en geologisk undersökning icke kan bortse från den information som de översta 250 m i berggrunden ger, om förhållandena på 500 m nivå skall belysas.

Undersökningsprogram för Karlshamnsområdet KBS VI
3.2.

KBS VI
sid 8

"De observationer som tidigare gjorts i Karlshamn i ett djupt borrhål och i angränsande berggrum har visat att berggrunden där genom den allmänt ringa sprickförekomsten erbjuder goda förutsättningar för ett slutförvar för högaktivt avfall. Undersökningarna vid Karlshamnsverket har därför kompletterats med fyra nya borrhål."

Detta resonemang har varken nu eller tidigare verifierats av KBS. De tre sista oljelagringsrummen som byggdes och som sades vara speciellt täta, injekterades mot inläckande vatten för ca 800.000 kr. De har en volym av ca 400 000 m³ och injekteringens omfattning får därför anses vara förhållandevis hög i jämförelse med liknande anläggningar i gnejsberggrund. Den fortsatta vatteninläckningen av 60 000 m³/år kan anses vara normal, men hög med tanke på de omfattande injekteringsarbetena.

Det synes gruppen som om placeringen av de nya borrhålen och inriktningen av dessa är svagt geologiskt motiverad, och att syftet med dem därför ej heller alltid kunnat uppnås.

Bestämmande för hålens placering har varit följande

KBS VI
sid 8

"Ka_1, det först borrhålet, har fördjupats för att öka kännedomen om bergets beskaffenhet på stora djup."

Resultat

Borrhålet, som tidigare gått i kustgnejs ned till 500,70 m gick omedelbart in i gnejsgranit och efter 584,70 m till hålets botten 802 m går det i Karlshamnsgranit. KBS tidigare ansökan byggde på att kustgnejsen var en tät och sprickfattig bergart, och att Sternö, som bestod av denna bergart, därför skulle ha speciellt goda egenskaper. SKI har i sitt tidigare remissvar sagt, att ett enda borrhål var otillräckligt för denna bedömning. Sternös geologiska uppbyggnad har visat sig vara betydligt mer komplex än vad KBS II, sid 60, trott sig veta.

KBS VI
sid 9

"Ka_2 har riktats söderut med tanke på en förmodad öst-västlig svaghetszon vid övergången till Sternöhalvöns södra del."

Resultat

Borrhålet kan ej med denna ansättning träffa denna krosszon, om denna icke har en sidostupning åt N, vilket icke finns skäl att antaga. Står zonen vertikalt nås den först på ett djup av 900 m och ca 1 000 m borrlängd. Borrhålet borrades icke heller vinkelrätt mot denna zon, vilket hade varit riktgare enligt geologisk erfarenhet. Stupar krosszonen i stället 75 grader åt söder kommer hålet att gå parallellt med zonen och därför aldrig träffa denna.

KBS VI
sid 9

"Ka_3 har riktats österut för undersökning av områdets östra delar."

Resultat

Borrhålet är ansatt väster om den krosszon, som i nästan N-S-lig riktning delar N Sternön i två delar, dock icke vinkelrätt mot denna zon. Borrhålet borde ha ansatts längre åt väster, på så sätt att krosszonen påborrats på större djup. Mellan 90 och 100 m genomborras en tidigare icke observerad krosszon.

KBS VI
sid 9

"Ka_4 i norra delen av Sternö är borrarat i direkt anslutning till en sprickzon i Munkahusviken för att utröna effekten på sidoberget."

Resultat

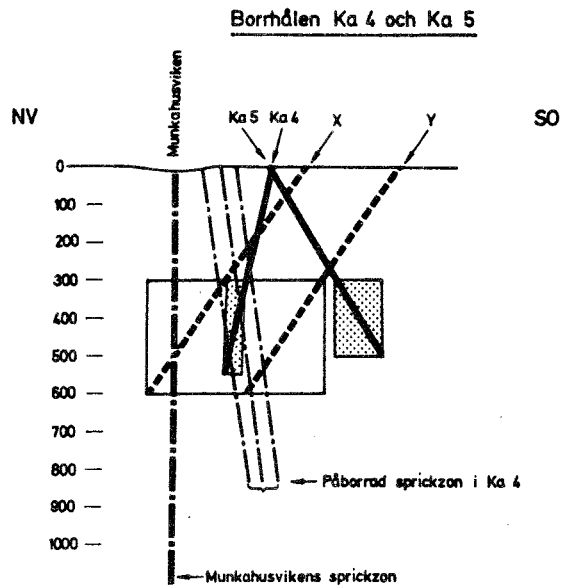
Borrhålet kan ej med denna ansättning nå detta syfte. Det är icke ansatt vinkelrätt mot rörelse-zonen och det borrar i för brant vinkel. Först på 1 050 m djup skulle hålet nå fram till huvud-zonen om denna stått vertikalt. Brant stående sprickzoner får en överdriven bredd när de på-borras med branta hål och borrhningen försvåras i onödan. Krökningsmätningen visar också att hålet blir brantare efter 300 m djup, vilket beror på att hålet styrs av branta sprickzoner.

KBS VI
sid 9

"Ka_5 är placerat nära Ka 4 riktat söderut från sprickzonen. Denna utsättning är avsedd att belysa förhållandena vid gränsen mellan sprickzonen och mer ostörd berggrund."

Resultat

Enligt beprövad geologisk erfarenhet kan borrhålet med denna ansättning aldrig nå sitt syfte. Det kan aldrig uppfylla sitt syftemål eftersom det borrar från krosszonen och ej mot denna (se fig. 3.1.1).



DE STRECKADE LINJERNA X OCH Y VISAR HUR BORRNINGEN BORDE HA UTFÖRTS FÖR ATT TÄCKA SA STOR DEL SOM MÖJLIGT AV OMRÅDET SO OM SPRICKZONEN MELLAN 300 OCH 600 M DJUP. REKTANGLARNA MED RASTER VISAR VAD SOM BLEV UNDERSÖKT OCH DEN VITA REKTANGELN VAD SOM SKULLE BLIVIT MED RÄTT ANSÄTTNING.

Figur 3.1.1

Kärngranskning (KBS VI 3.3.1)

Kärngranskningen har visat att KBS tidigare antaganden om kustgnejsens utbredning varit felaktiga.

Från KBS II, sid 60, citeras följande.

KBS II
sid 60

"Med dagens kunskapsnivå är av de undersökta områdena Bläkinge kustgnejsområde från geologisk synpunkt mest attraktivt för ett slutförvar.

De tre undersökningsområdena ger en tydlig prioriteringsordning - Blekingegnejs, för-gnejsad granit i Finnsjöområdet och odefor-merad stockformig granit i Kråkemålaområdet. Detta bekräftar tidigare erfarenheter av dessa bergartstypers vattenföring och struktur. Mot denna bakgrund kan också andra gnejsområden vara av intresse."

De utförda borrningarna har visat att Sternö-området endast till vissa delar består av Blekingegnejs. För övrigt uppträder gnejsgranit och Karlshamnsgranit i borrhålen. Hur dessa tre huvudbergarter fördelar sig på t ex 500 m djup vet man dock icke, och icke heller deras kontaktförhållanden i alla delar. I KBS VI, 3.3.1, står

KBS VI
sid 9

"Bergartskontakten är dock icke av tektonisk karaktär utan bergarterna synes gripa in i varandra."

Någon fullständig utredning om kontaktförhållan- dena mellan de olika bergarterna finns icke och slutsatsen kan därför icke anses vara underbyggd. I borrhålet Ka 4 är gränsen mellan gnejsen och gnejsgraniten en bred krosszon och kan därför vara tektoniskt betingad. Så tycks icke vara fal- let i t ex borrhålet Ka 5.

Vidare sägs i samma stycke

KBS VI
sid 9

"Slutsatsen av de sammantagna borrhålsunder- sökningarna på Sternö kan sammanfattas som nedan:

- Förutom borrhål Ka 4 uppvisar kärnorna en låg sprickfrekvens.
- Bergarterna domineras av kustgnejs (huvud- sakligen i ytan), gnejsgranit och granit. Ingen skillnad i dessa bergarters makro- uppsprickning har registrerats.

KBS VI
sid 10

- Sprickfyllnader, huvudsakligen i form av kalcit, underordnat förekommer gips. Klorit uppträder som beläggning på sprickyterna.

De spricklinjer, som konstaterats, eller kan förmodas förekomma inom området, visas på fig 4."

Påståendet att "Bergarterna domineras av kustgnejs" är felaktigt eftersom endast 25 % av de nya borrhningarna visar kustgnejs.

"De spricklinjer, som konstaterats eller kan förekomma inom området visas på fig 4."

Detta är icke riktigt. Den sprickzon som delar förvaret har en felaktig beteckning på fig 4 och fig 9 i KBS VI eftersom den är påborrad och därför väl känd och skall därför betecknas som en "belagd spricklinje".

En 80 m bred sprickzon (SGU febr 1979) bör icke kallas en spricklinje utan sprickzon enligt gängse nomenklatur. Den skall omges av en skyddszon i fig 9.

Dessutom saknas flera viktiga kända och förmodade sprickzoner.

Icke någon av sprickzonerna har åsatts något stupningstecken, trots att KBS borde veta hur de belagda sprickzonerna stupar.

Figur 9 visar sprickzonernas läge i markytan (dagutgående) samt "område användbart för förvarings-tunnlar." Detta betyder att både marknivån och 500 m nivån redovisas i samma plan och bilden blir därför missvisande.

Det är icke sannolikt och även mot geologisk erfarenhet att antaga att alla dessa sprickzoner skulle stupa exakt vertikalt. Detta visar också borrhålet Ka 4 som genomborrar Munkahusvikens kross- och sprickzon (se fig 3.1.5) och här kan stupningen bestämmas till ca 65 grader SO. För större exakthet krävs fler borrhål, som kommer att träffa krosszonen på olika nivåer. Kartskalan är för liten och den geologiska kartan har för få detaljer för att man skall kunna utreda hur t ex mittsprickzonen stupar.

Borrhål Ka 3 är i fig 9 ritat längre än vad det är.

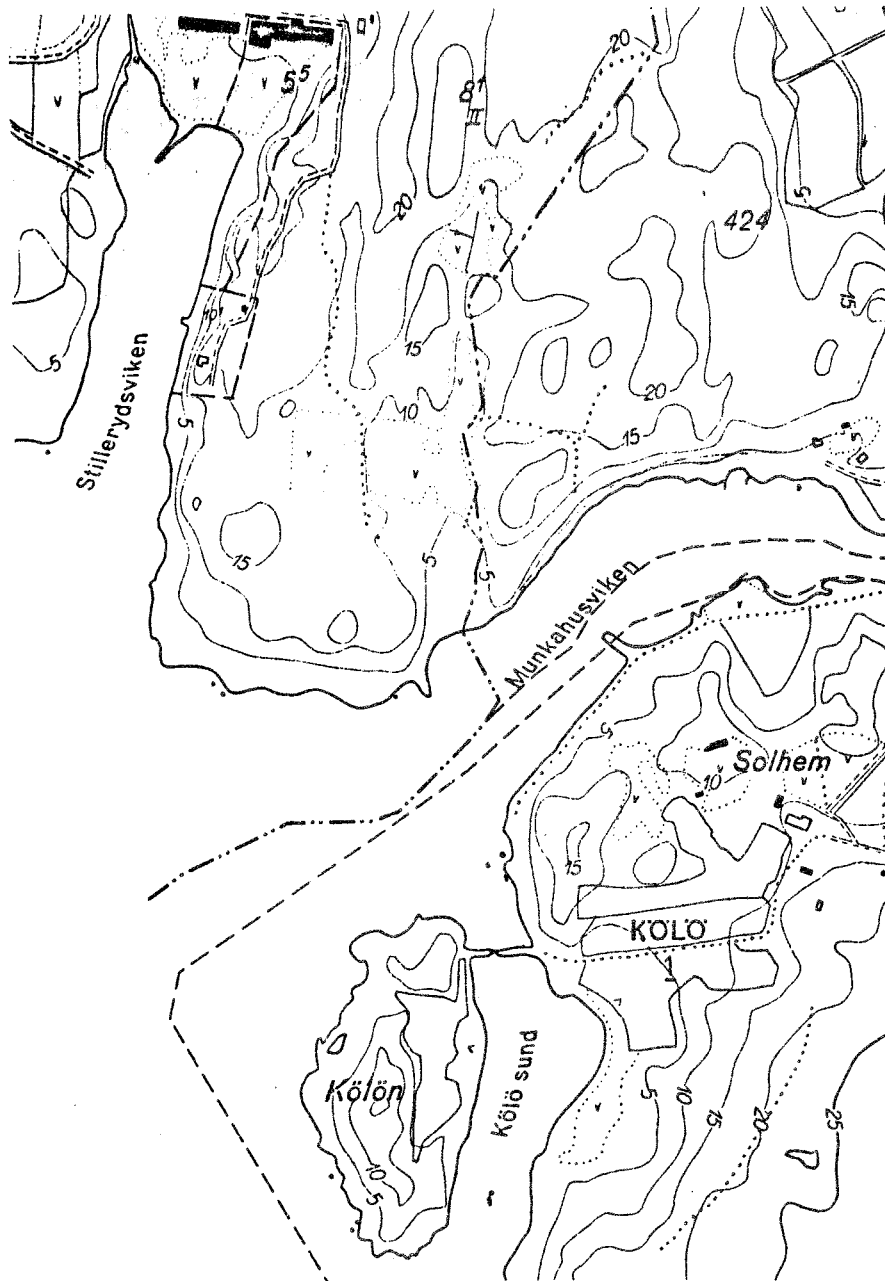


Fig 3.1:2 Del av ekonomisk karta 3E5h
(fotograferingsår 1961) Skala 1:10000

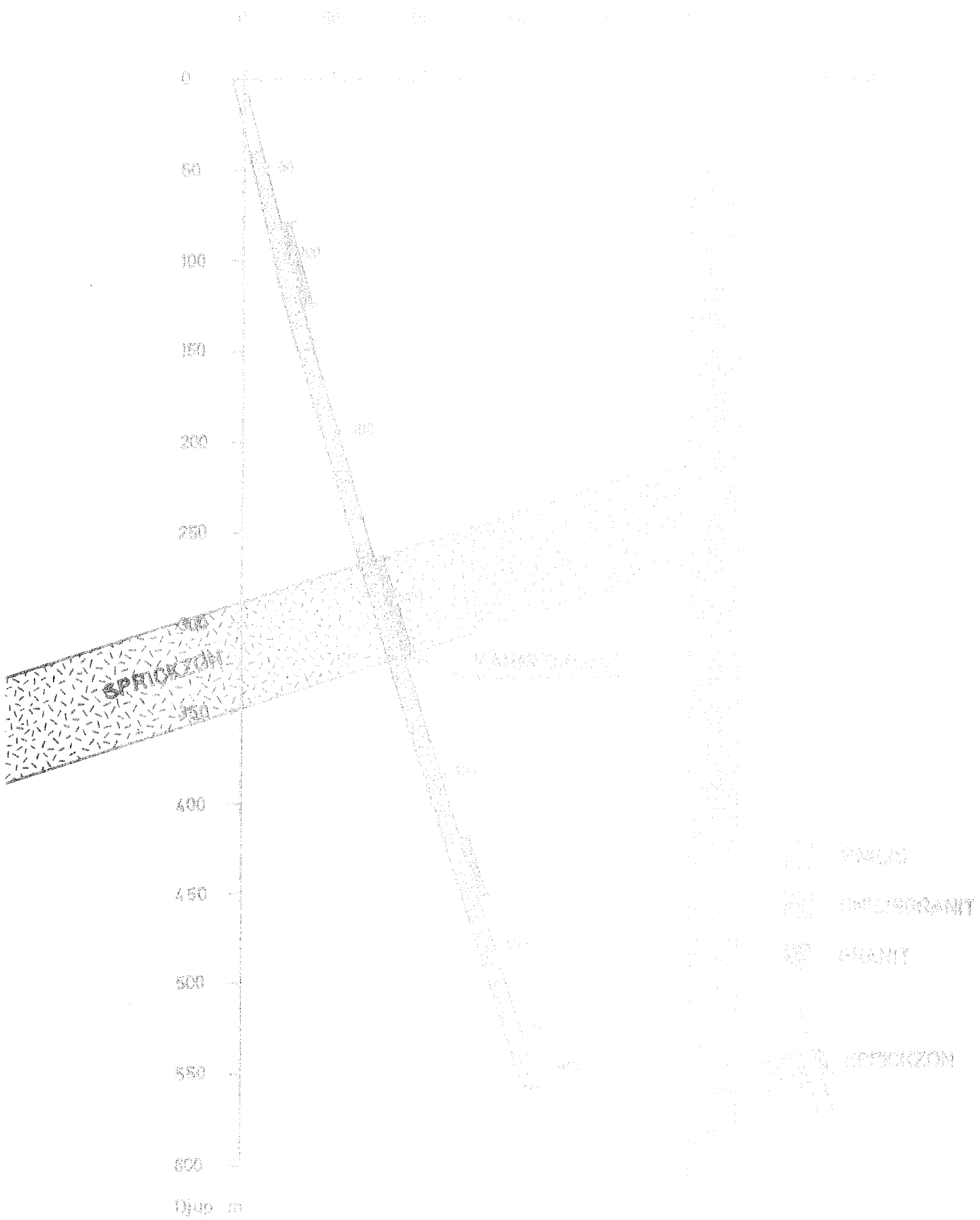


Fig. 1.1.13

(continued)

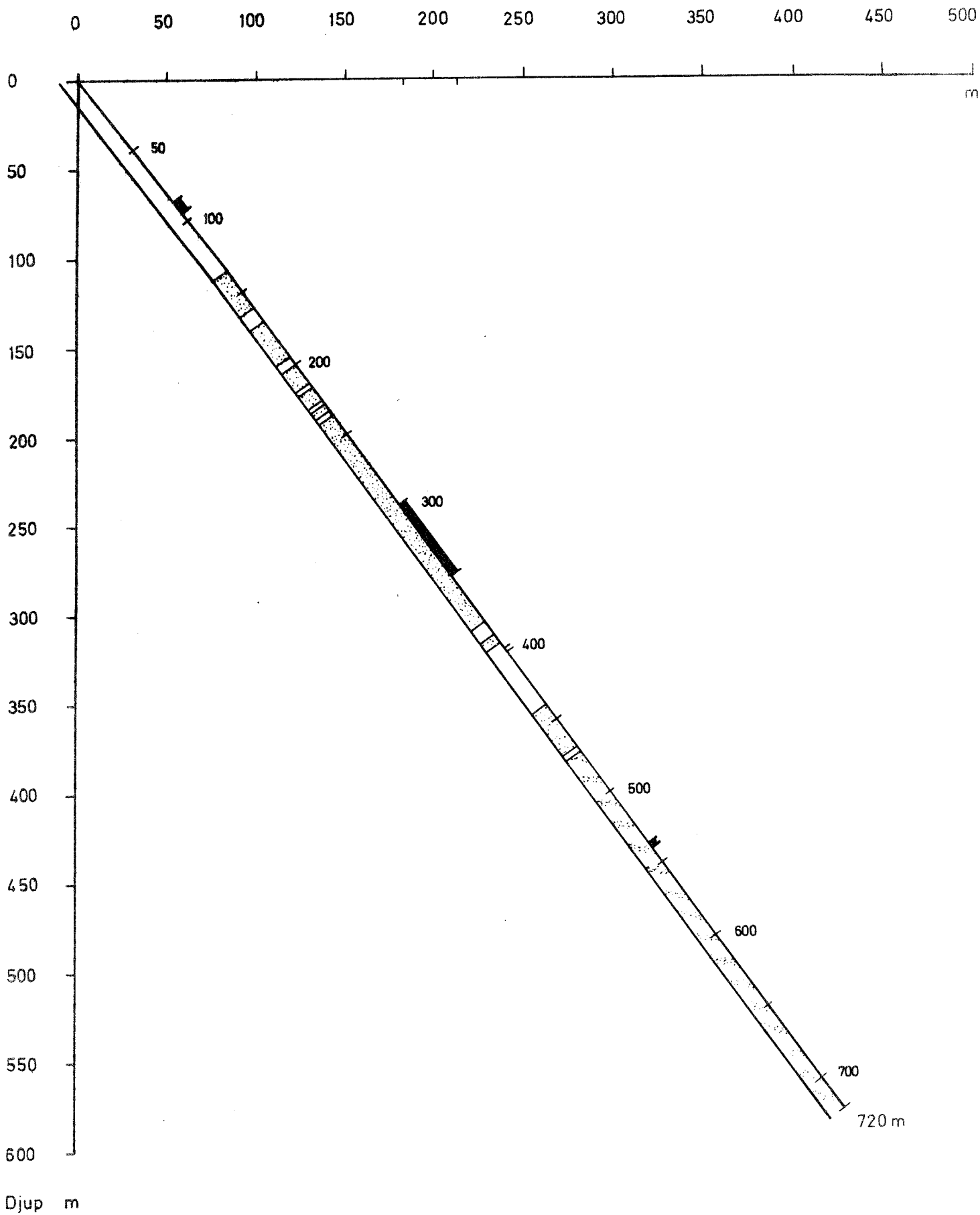


Fig 3.1:4

Ka 3

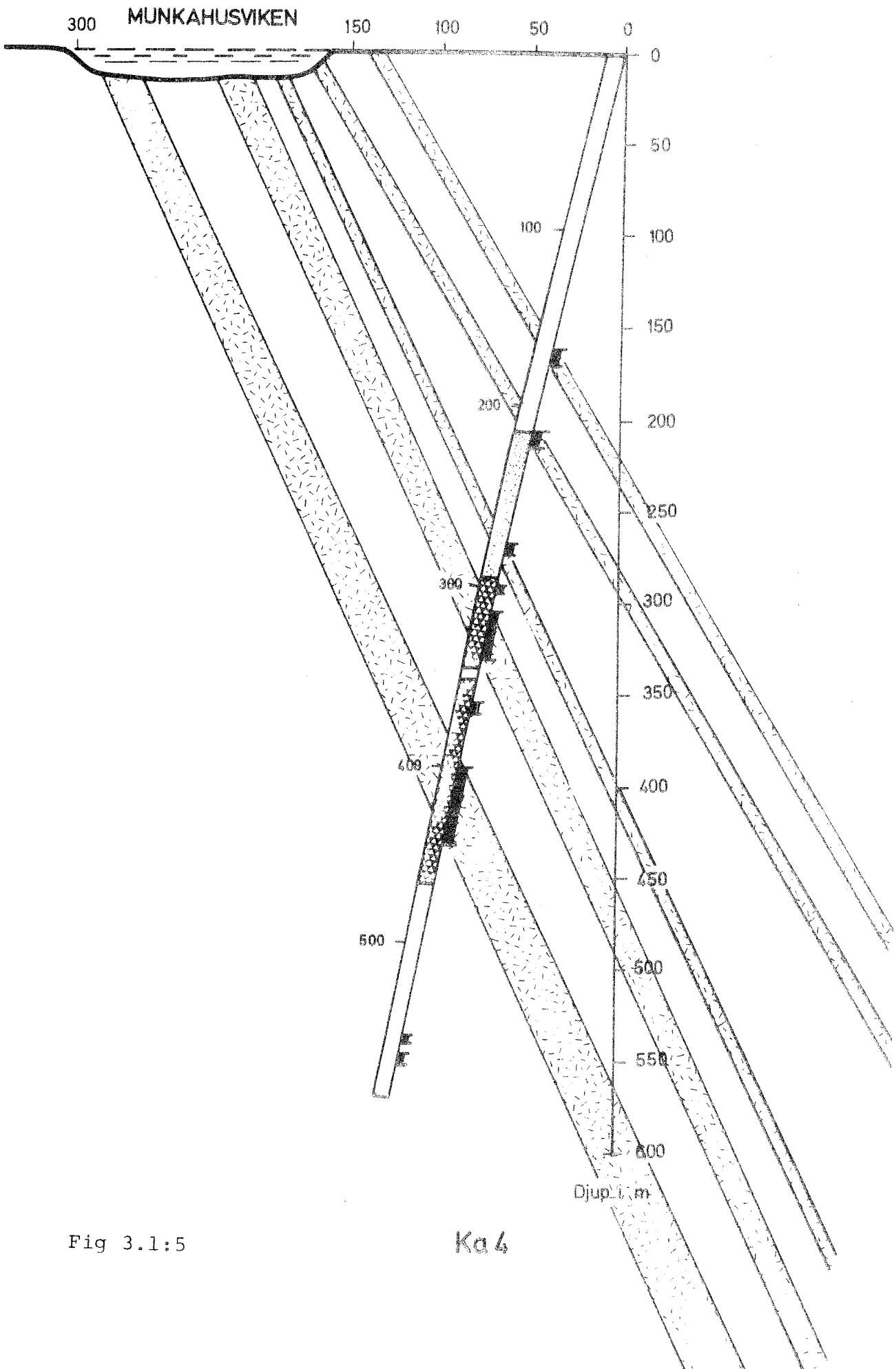


Fig 3.1:5

Ka 4

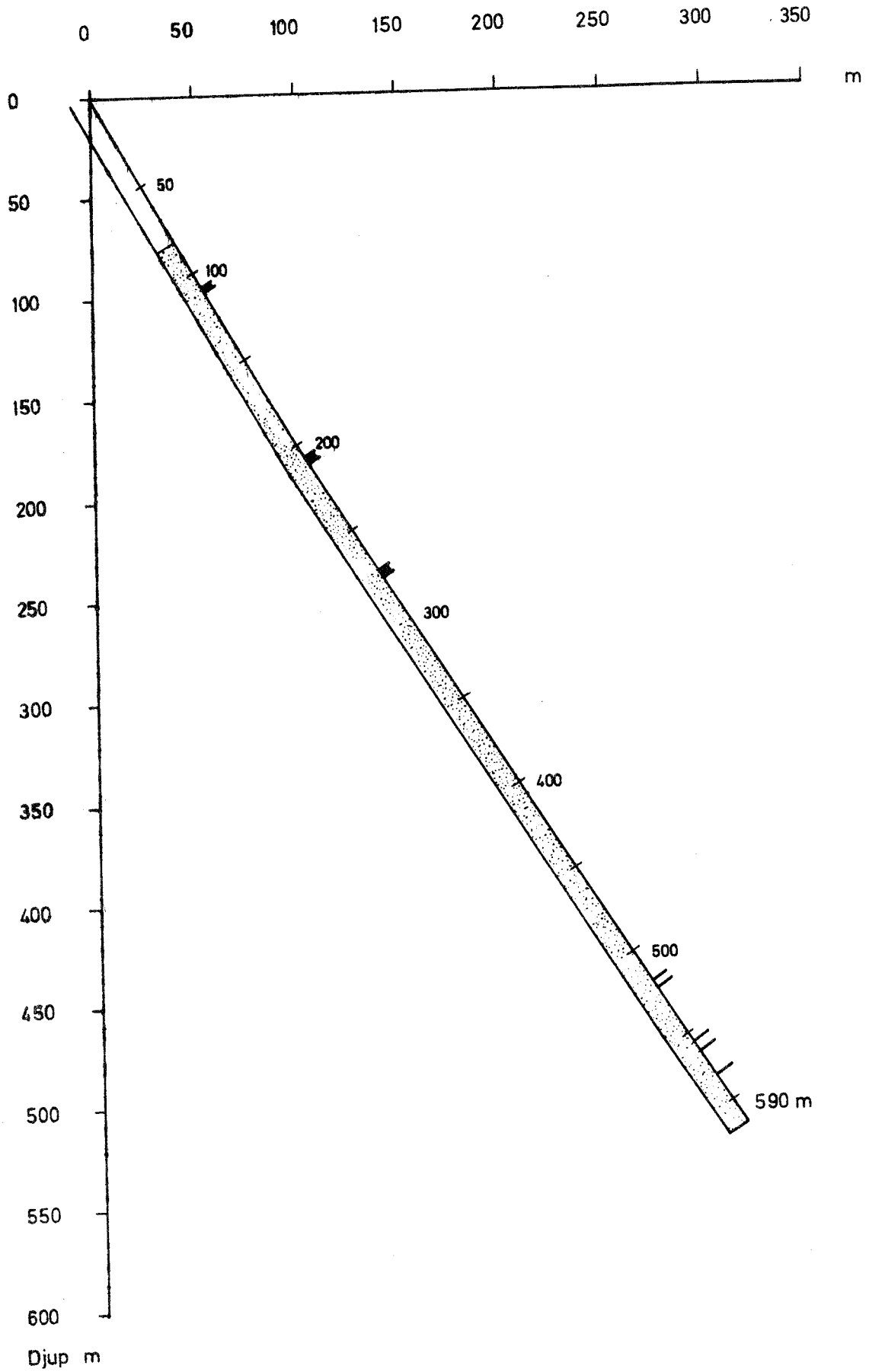


Fig 3.1:6

Ka 5

Sprick- och krosszoner samt djupströkyon

I KBS II, sid 5, står att läsa om den geologiska undersökningens resultat, bl a

KBS II
sid 5

"Arbetet avser bl a att klarlägga att berggrunden utgörs av en löplig och enhetlig bergart som har tillräcklig utbredning även på flera hundra meters djup. Detta är av betydelse, då sådant förhållanden kan befaras i gränsen mellan olika bergarter. Förkomsten av sprick- och krosszoner, som kan påverka förvarets utformning eller dess säkerhet, måste också belysas."

Gruppen anser icke att KBS uppfyllt dessa krav.
(I det följande hänvisas till sprickzonernas numrering enligt fig 1.1.2.)

KBS har icke redovisat alla kända kross- och sprickzoner inom förvarets bergmassa. Dels sådana som tydligt finns i borrhålen och dels sådana som finns rapporterade i tidigare geologiska undersökningar. KBS har icke heller redovisat det mycket viktiga faktum att området väster om oljekraftverket tidigare varit en ö, Kölöu, se fig 1.1.2, avskild från Sternön med en djup depression i berggrunden.

Den breda sprickzonen (1) genom hela förvaret redovisas som en "förmodad spricklinje" trots att den är väl dokumenterad i borrhålet K3 K. I SGU febr 1979 redovisas den enligt följande

"Bredden av detta störda område bedöms på grundval av ytbeaktningar och tidstängningsmätning i borrhål K3 till omkring 80 m vid 300 m vertikalt djup. Denna zon bedöms ännu nå ned till föreslaget förvaringsdjup."

Det är sannolikt att de huvudsakliga delarna av Munkarhusviken betingas av en N-V-lig krosszon, vilket

ej har redovisats. Denna betecknas nr 7 på kartan fig 3.1:9.

I en utredning som utförts av Kjessler & Mannerstråle AB, "Karlshamns Hamn utredning oljelagring" 1976-10-08, skriver docent Ingmar Larsson:

"I det numera utfyllda sundet mellan den förutvarande ön Kölö och Sternöhalvön går en depression i berggrunden i nord-sydlig riktning. Den fortsätter på norra sidan av Munkahusviken som en dalgång."

Denna sprickzon betecknas nr 8.

I SGU:s "Utvärdering av de hydrogeologiska och berggrundsgeologiska förhållandena på Sternö", Uppsala febr 1979:

"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 nord-östlig riktning och går igenom den i fig 7 markerade punkten C."

Denna sprickzon betecknas nr 9.

I borrhål Ka 3 genomborras mellan 91 och 100 m en utpräglad kraftig sprick- och krosszon. Denna går att följa i topografien och har en väst-nordvästlig riktning. Den betecknas nr 10.

I borrhål Ka 2 genomborras mellan 250 och 330 m en kross-sprickzon, som ger kärnförluster och hög permeabilitet. Enligt borrhänskarteringen skär de allra flesta sprickorna borrhänskärnan med 90 graders vinkel. Detta betyder att denna zon går

att orientera och att den stupar 20 - 30 grader åt NNV och stryker i ONO. Den betecknas med nr 11.

Detta är sannolikt en överskjutningszon och den är helt parallell med den överskjutningszon som går igenom oljebergrummen på Oxhaga Nabb norr om Munkahusviken, vilket stöder denna teori. I "Karls- hamns hamn utredning oljelagring" skriver Ingmar Larsson om denna:

"Senare deformationer i berggrunden har uppkommit genom utlösning av spänningstillstånd i jordens krusta. Dylika tillstånd manifesteras vanligen i form av sprickbildningar, överskjutningar och lokal uppkrossning av berggrunden. Ett exempel på dylika fenomen är den överskjutningszon, som genomsätter berget vid den andra oljelagringsanläggningen på Oxhaga Nab."

Denna överskjutningszon är väl dokumenterad och förorsakade stora kostnader och besvär i oljebergrummet.

Inom gnejsterrängar är det vanligt att dylika överskjutningszoner upprepas med vissa mellanrum. Det är därför sannolikt att ytterligare en parallell överskjutningszon avslutar S Sternö, kustlinjen har en riktning som antyder detta.

I fig 3.1:7 visas dagutgåendena för dessa överskjutningszoner och i fig 3.1:8 en profil lagd tvärs över överskjutningszonerna. Som framgår av denna finns zonen (2) verifierad i borrhålen Ka 2 och Ka 1 och troligen också i Ka 3. I Ka 2 mellan 250 och 330 m och i Ka 1 syns den i vattenförlustmätningarna som en vattengenomsläpplig zon omkring 500 m.

Denna mäktiga överskjutningszon kommer genom sin flacka stupning att ha en horisontell bredd av minst 200 m. Men eftersom förvarets tunnlar och deponeringshålerna har ett mått i vertikal led, är zonen effektiva bredd ca 250 m, i vilket ingen skyddszon inräknats.

Munkahusvikens kross- och sprickzoner. Dessa har på sammanställningskartan fig 3.1:9 betecknats med (2) .

Borrhålet Ka 4 har penetrerat en rad olika, delvis mycket kraftiga, kross- och sprickzoner (se fig 3.1:5). Det råder icke någon tvekan om att detta är Munkahusvikens krosszon. Sprick- och krosszonen har enligt borrhålet en total horisontal bredd av ca 230 m. På 500 m nivå kommer 200 m av dessa att ligga SV om påslagspunkten.

Detta betyder att en 200 m bred zon längs NO-gränsen av det av KBS betecknade "område användbart för förvaringstunnlar" på t ex fig 9 icke går att använda. Utanför detta bör också läggas en skyddszon.

Övriga av KBS förmodade sprickzoner har också nummerats på fig 3.1:9. Alla sprickzoner förmodas av KBS stå vertikalt och vara utan bredd. Detta är naturligtvis geologiskt felaktigt och, som påpekats i inledningen till detta kapitel, säger KBS II, sid 5,

"Förekomsten av sprick- och krosszoner, som kan påverka förvarets utformning eller dess säkerhet, måste också belysas."

Dessa förmodade sprickzoner påverkar både förvarets utformning - eftersom de antas omge detta - samt dess säkerhet, eftersom de utgör snabba vattentransportvägar. Dessutom kan de mycket väl ha en sidostupning, så att de skär in i den av KBS angivna deponeringsarean. Det behövs bara några få graders avvikelse från lodlinjen för att detta skall inträffa på det långa avståndet mellan markytan och 500 m nivån.

I KBS VI, sid 18, sägs följande om belagda eller förmodade sprickzoner

KBS VI
sid 18

"För att säkerställa detta har här förutsatts att ett område av betryckande bredd intill belagda eller förmodade spricklinjer lämnas orörda och icke utnyttjas för deponering. Motsvarande gäller för diabasgången i områdets östra del."

Enligt fig 9 i KBS VI har sprickzonerna trots detta markerats som linjer utan bredd. De påvisade (genomborrade) sprickzonerna har bredder mellan 80 och 200 m. En försiktig tolkning av detta borde givit alla förmodade sprickzoner en bredd av minst 100 m. Det finns geologiskt sett ingen anledning att anta att de sprickzoner som enligt KBS begränsar förvaret i SV och NO skulle vara mindre än Munkahus-sprickzonen. Hade man inte borrarat igenom denna skulle den också ansetts vara "förmodad". I fig 3.1:10 har sprickzonerna åsatts en bredd.

Beträffande diabasgången finns icke angivet hur den stupar och var den återfinns på 500 m nivå. Diabasen är artfrämmande från de andra bergarterna och måste därför ges en bred skyddszon, icke minst med tanke på att eventuella rörelser i berggrunden kan inträffa längs det svaghetsplan som diabasen utgör.

Eftersom det icke finns någon detaljerad geologisk karta går det icke att se om diabasen löper obruten eller om den är förskjuten vid krosszonerna. Det senare förefaller sannolikt där sprickzonerna 5, 6 och 11 skär diabasen. Sådana diabaspartier blir alltid speciellt kraftigt uppkrossade beroende på diabasens speciella egenskaper och därför att den här uppträder som en skiva genom berggrunden. Gruppen anser det vara otillfredställande att diabasens läge på 500 m nivån ej blivit bestämd och att förvarets gräns mot öster därför ej heller kan bestämmas. Den av KBS utsatta gränsen kan behöva flyttas åt väster.

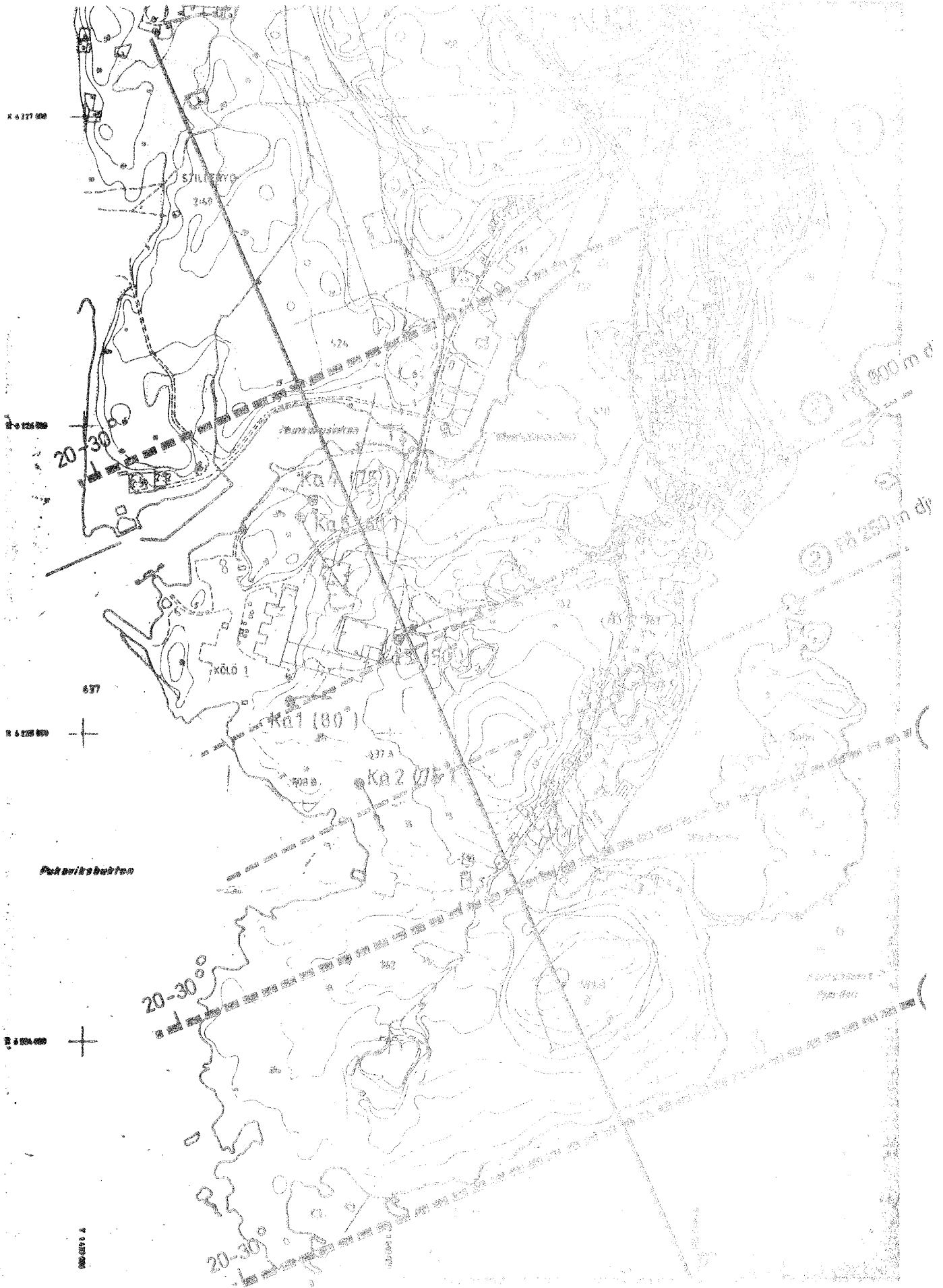
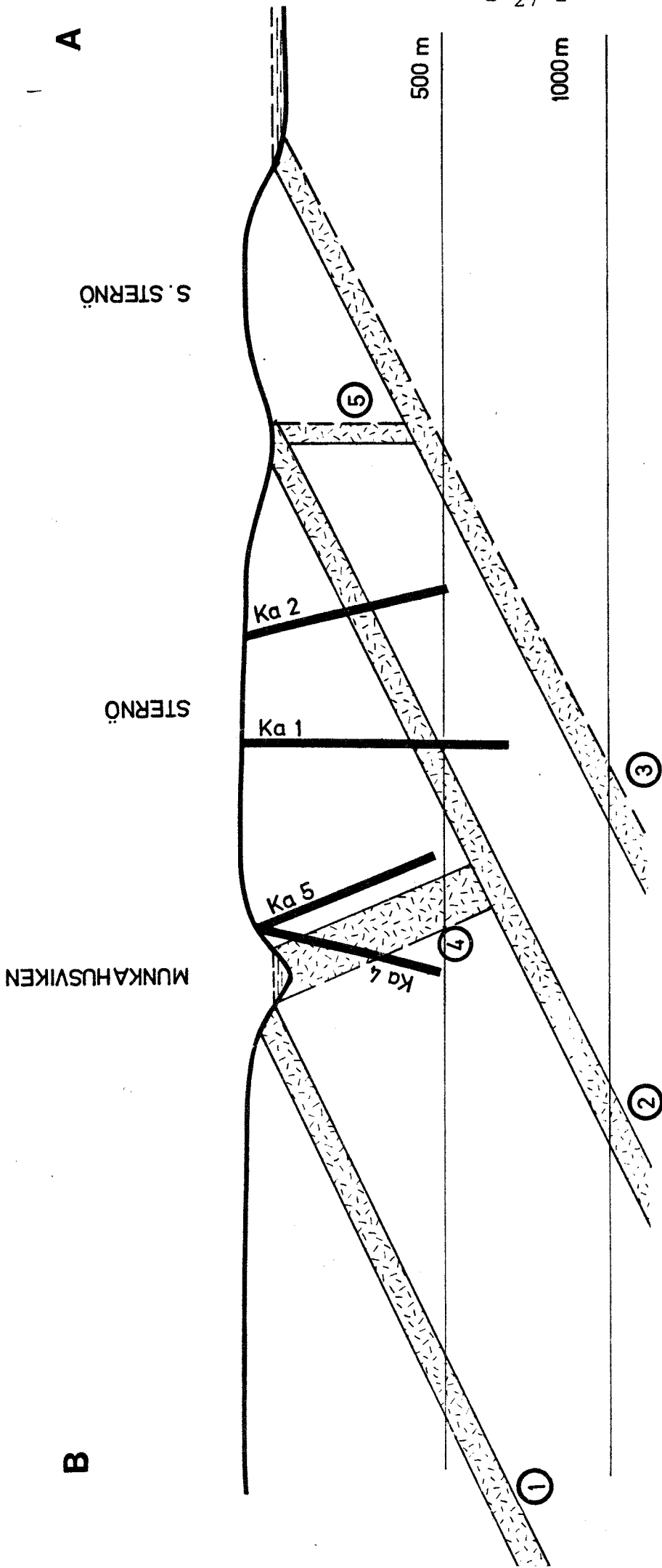


FIG NR 3.1:7
 DE STORA ÖVERSKJUTNINGSZONERNAS DAGUTGÅENDEN SAMT ZONEN (2) SKÄRNING PÅ
 250 OCH 500 m DJUP
 PROFILLINJEN A-B



- 1 OXHAGA NABB ÖVERSKJUTNINGSZON
- 2 Ka 2 ÖVERSKJUTNINGSZON (SANNOLIK)
- 3 SANNOLIK ÖVERSKJUTNINGSZON
- 4 MUNKAHUSVIKENS KROSSZON
- 5 KROSSZONEN MELLAN N O S. STERNO

Fig 3.1:8

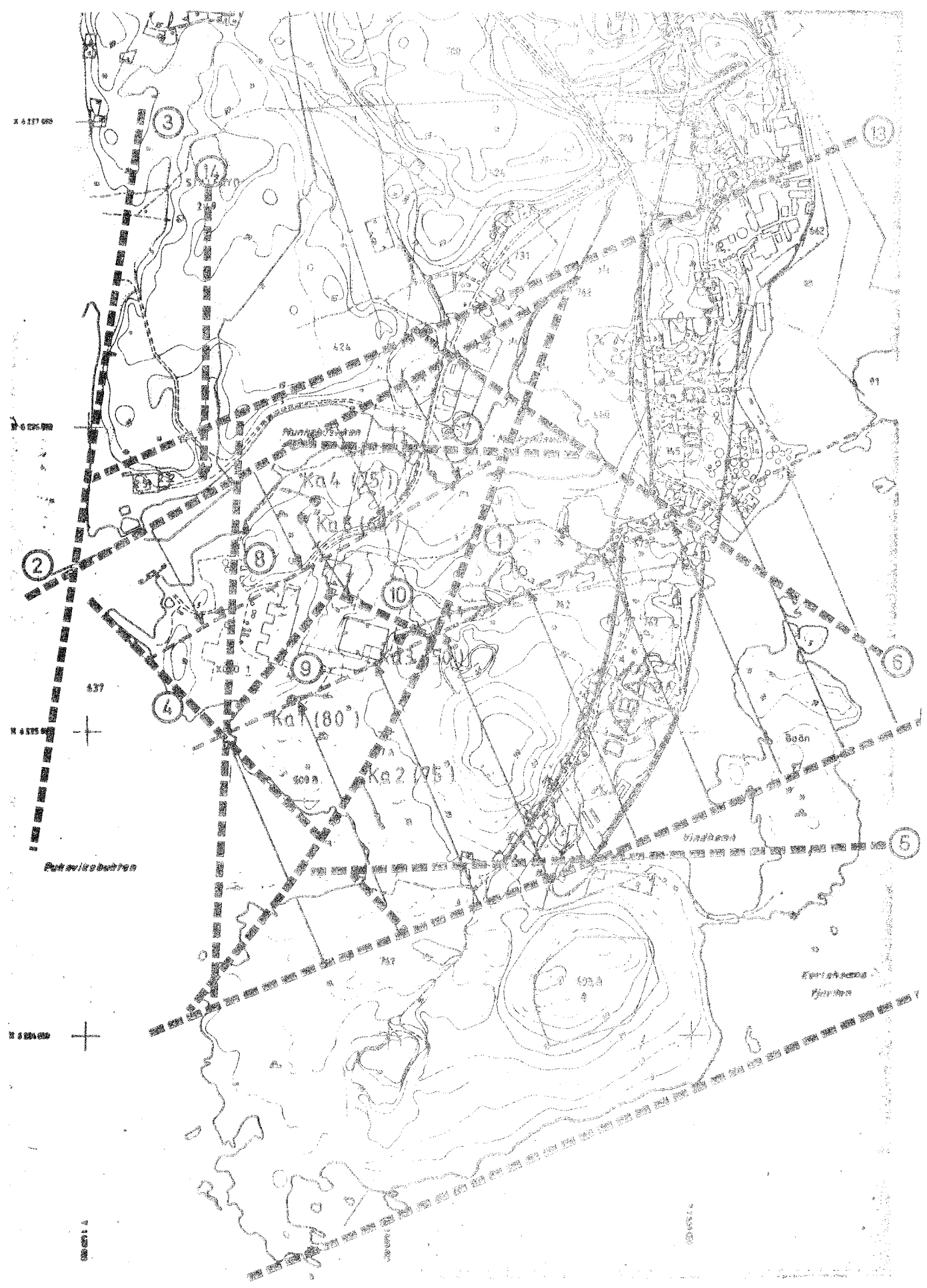


FIG NR 3.1:9
 SPRICKTEKTONISK SAMMANSTÄLLNING

SPRICKZONER I MARKYTAN
 PÅ 500 m NIVÅ

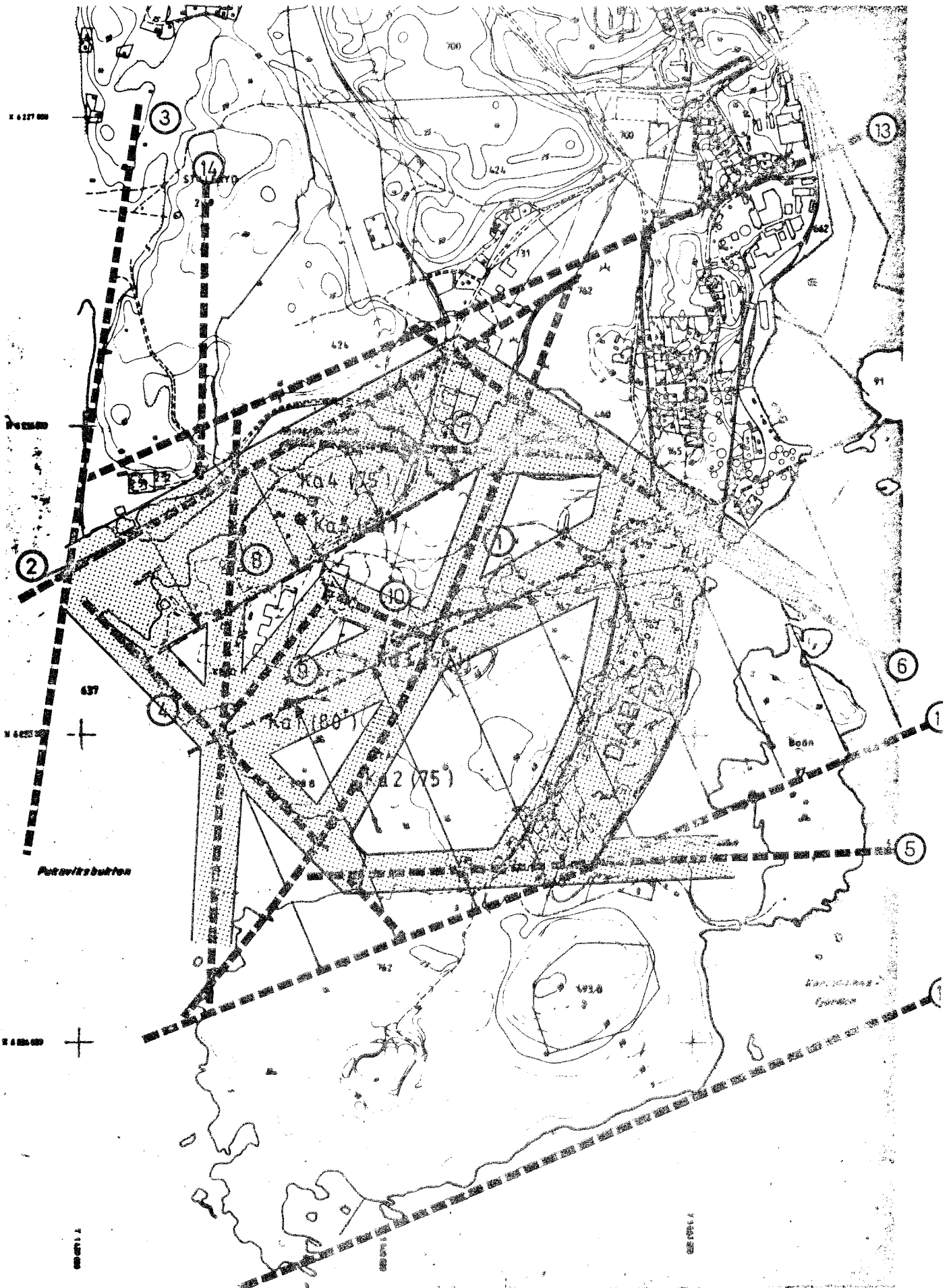


FIG NR 3.1:10
SPRICKTEKTONISK SAMMANSTÄLLNING

 SPRICKZONER I MARKYTAN
PÅ 500 m NIVÅ

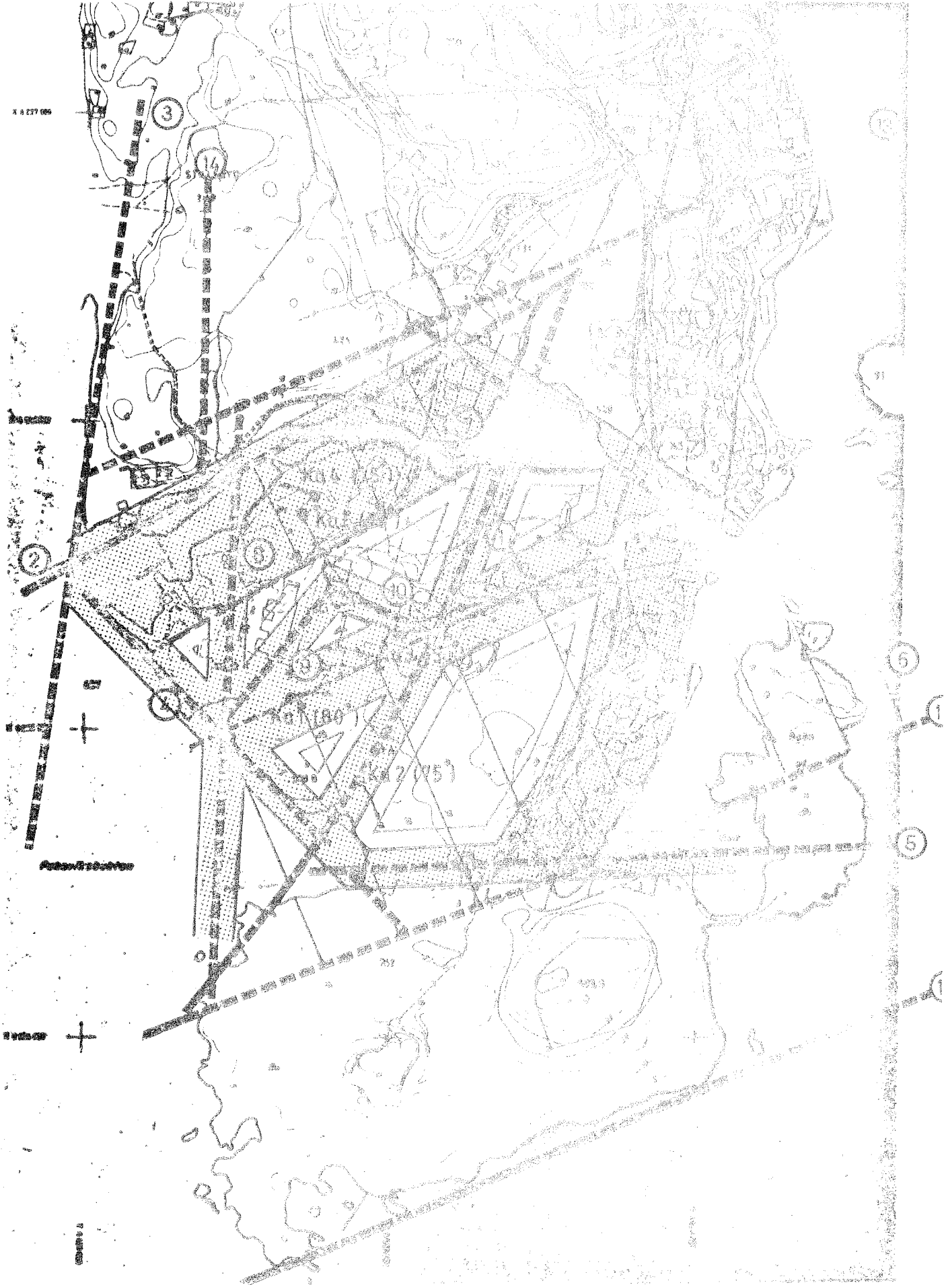


FIG NR 3.1:11
 SPRICKTEKTONISK SAMMANSTÄLLNING

- SKYDDSZON
- SPRICKZONER I MARKYTAN PÅ 500m NIVÅ
- SPRICKZONER I MARKYTAN PÅ 100m NIVÅ

3.1.2. Kompletterande kommentarer till de geologiska undersökningarna

Sammanfattningsvis kan sägas att de av KBS utförda geologiska undersökningarna icke uppfyller de krav som enligt geologisk erfarenhet anses vara minimikrav.

1. Över Sternö saknas fortfarande en detaljerad geologisk berggrundskarta, som visar de exakta gränserna för olika förekommande bergarter, deras strykning och stupning.
2. Över Sternö saknas en geoteknisk karta som visar förekommande jordarter och jorddjup.
3. Över Sternö saknas en spricktektonisk karta som visar sprickzonernas stupning och ett mer precist angivande av olika sprickzoners bredd, art och karaktär.
4. Över Sternö saknas berggrundsgeologisk karta över 500 m-nivån som visar de olika bergarternas utbredning på denna nivå.
5. Över Sternö saknas en rymdmodell som visar hur olika bergarter och sprickor fördela sig rymdgeometriskt.
6. De utförda borrhningarna saknar systematik och är ej ansatta och borrhade så att de övertvårar bergartsgränser eller sprickzoner på ett sådant sätt att dessa kunnat kartläggas eller utvärderas på ett geologiskt riktigt sätt. Någon kärnorientering eller TV-granskning av borrhålen har ej företagits, vilket innebär att påvisade sprickor ej kan orienteras i rymden. Redo-

visningen av borrhärnskarteringen är summarisk och en studie om kontaktförhållandena mellan de olika bergarterna saknas.

7. Karlshamnsgraniten kan förväntas ha högre huvudspänningar än den äldre kustgnejsen. Det borde därför utförts bergspänningsmätningar i graniten för att bedöma om ett förvar verkligen går att bygga i denna bergart på 500 m djup. Här kan nämnas att Överstyrelsen för ekonomiskt försvar för närvarande bygger oljelagringsrum vid Brofjorden i Lysekil och där har mycket stora svårigheter på grund av höga bergspänningar. Detta trots att man endast är 70-80 m under markytan.

Nedan redovisas punkt för punkt varför gruppen anser att olika geologiska och geofysikaliska undersökningar samt systematiska borrhningar skall utföras.

1. Detaljerad geologisk karta över Sternö

En detaljerad geologisk karta är nödvändig över alla undersökningsområden därför att den visar sambandet mellan olika slags bergarter, hur de förekommer vid markytan och hur de sannolikt fördelar sig på djupare nivåer. Hade en geologisk detaljkartering utförts tidigare skulle det varit möjligt att förutse, dels att hela området icke består av kustgnejs, dels att kustgnejsen endast på en del ställen går ned till 500 m djup.

I KBS I påstods att Sternöområdet gick att använda som ett helt säkert förvar därför att borrhålet KA 1 (det enda som då var borrh) visade en

tät och lämplig bergart (kustgnejs) samt att vissa oljelagringsrum hade byggts i denna bergart på Sternö. Man förutsatte då, att berggrunden skulle vara litologiskt enhetlig. De fortsatta undersökningarna har emellertid visat att på förvarets nivå består bergarten endast i mindre omfattning av kustgnejs. De nya borrhningarna omfattar 2.838 m. Utav dessa utgöres endast 729 m eller 25,7% av kustgnejs, resten består av gnejsgranit eller Karlshamnsgranit.

En geologisk detaljkartering, som visar hur olika bergarter stryker och stupar, hade förebyggt detta misstag. En geologisk detaljkartering skulle också ha givit upplysning om den exakta bredden av den i öster begränsande diabasgångens mäktighet och sidostupning. Om denna diabasgång har en sidostupning åt väster kommer den att inkräkta på förvarets yta. Diabasgången står som en mäktig skiva genom berggrunden, dess bredd är troligen ca 200 m. Den har bildats genom att glödflytande magma trängt upp i en många tusen m djup spricka, i en relativt kall berggrund. Den har stelnat först från kontaktytorna, där diabasen är glasig, och sedan längre in där den har kristalliserat. Detta betyder mycket höga inre spänningar, vilka alltid senare har utlösts i ett regelbundet sprickmönster. Diabasens kontaktzon betyder en snabb vattenströmningsväg genom berggrunden och diabasen själv utgör en omfattande hållfasthetsnedsättning av hela berggrundsblocket. Det är därför oundvikligen nödvändigt att veta var denna diabasgång återfinns på 500 m nivå. Denna diabasgång är enligt uppgift vertikal, vilket även gäller mindre diabasgångar, hörande till samma gångsvit längre västerut.

I de mellansvenska gruvorna, där det är vanligt att diabasgångar skär genom malm och sidoberg och där man verkligen känner till deras ställning, är det dock en regel att de aldrig står absolut vertikalt i 500 m. De har ofta en sidoförflyttning på 100 til 300 m på denna sträcka. Se många exempel i SGU. Ser Ca No 35, P Geijer och N H Magnusson, De Mellansvenska Järnmalmernas Geologi.

2. Geofysikaliska mätningar

Med en magnetometrisk mätning över undersökningsområdet går det att fastställa gränserna för den diabasgång, som i Ö begränsar förvarets area. Det är dessutom möjligt att fastställa åt vilket håll den stupar. Vidare skulle en sådan mätning kunnat ge gränserna mellan gnejs och granit beroende på skillnader i de olika bergarternas magnetiska egenskaper. Att det finns en stor differens i dessa framgår av Tabell 1, sid 128, i SGU 1979-02-02. Enligt denna varierar halten av opakmineral, dvs malmineral, varav en del är magnetiska, mellan några tiondels procent och upp till 7%. Detta bör ge stora skillnader i bergarternas susceptibilitet, och därför är de också påvisbara med moderna magnetometriska mätningar. De flygmagnetiska mätningar, som utförts av SGU över området för det geologiska kartbladet Karlshamn, bekräftar detta.

Inom vissa delar av Finnsjöområdet har KBS utfört elektriska potentialmätningar. Dessa har gett goda resultat, enligt Bil 1, sid 131, i KBS-projektet. Kompletterande berggrundsundersökningar inom Finnsjö- och Karlshamnsområdena. SGU 1979-02-02.

SGU
1979-02-02
sid 131

"Den nya mätningen bekräftar ovanligt väl de tidigare erhållna slingramsanomalierna, såväl de starkare som de relativt svaga dragen. På så vis framträder sammantaget ett mönster av lineära indikationer som bör ha samband med elektriskt ledande (dvs vattenförande) spricksystem i berggrunden."

Sådana mätningar ger upplysningar om var sprickzoner finns och i viss mån också om deras storlek. Det är därför ett minimikrav att dylika mätningar företages inom alla områden som planeras för ett helt säkert förvar.

3. Seismiska mätningar

På grund av att kross- och sprickzoner lättare vittrar ned än det opåverkade berget, kommer dessa zoner att bilda dalar och svackor i terrängen. Dessa är jordfyllda, eller täckta av moss- och myrmark, eller av åsbildningar, eller av moränavlagringar. I kustbandet bildar dessa kross- och sprickzoner ofta långsträckta vikar och fjärdar. Detta gör att de icke är direkt tillgängliga för berggrundsgeologiska observationer.

I all modern undersökningsmetodik ingår därför alltid geoseismiska undersökningar för att se vilka sprickzoner som finns i dessa terrängavsnitt. Med sådana metoder är det möjligt att få både längd, bredd och stupningsriktning på dessa kross- och sprickzoner. Gruppen anser att dylika mätningar alltid bör företagas för att bedöma om ett område går att använda för ett helt säkert förvar.

Om sådana mätningar hade utförts, och t ex mittsprickzonens exakta läge i markytan varit fastlagd, hade det varit möjligt att med skärningen i Ka 3 angiva sprickzonens sidostupning.

Även alla andra belagda och förmodade sprickzoner hade kunnat kvantifieras och meningsfulla borrhål ansättas.

6. Systematiska borrhningar

Skall man visa att ett helt säkert förvar går att ordna på 500 m djup i kristallisk berggrund finns först och främst några fakta som måste dokumenteras.

- Vilka bergarter finns i denna bergmassa och hur förekommer de på förvarets nivå?
- Vilka sprick- och krosszoner finns inom förvarets bergmassa, vad har de för riktningar, storlek och betydelse?
- Vilka kemiska egenskaper har bergvattnet i förvarets bergmassa och vilka egenskaper har bergvattnet under byggnads- och fyllningstiden?

Olika bergarter har olika egenskaper och artskilda bergarter går därför icke att ha inom bergmassan om säkerhetskriterierna skall kunna uppfyllas. Unga gångbergsarter, t ex diabaser eller porfyrer, är helt oacceptabla. Enligt KBS eget kriterium skall hela bergmassan bestå av en litologiskt enhetlig bergart, t ex enbart granit eller enbart gnejs. Att detta är helt i överensstämmelse med KBS egna syften framgår av följande citat ur KBS II, sid 5.

"SYFTE

Det geologiska arbetsprogrammets mål är att genom undersökningar inom några områden ta fram grundläggande data rörande de berggrunds- och grundvattenförhållanden, som är bestämmande för långtidssäkerheten hos ett slutförvar för högaktivt avfall. Dessa undersökningar kompletteras av teoretiska studier.

Arbetet avser bl a att klarlägga att berggrunden utgörs av en lämplig och enhetlig bergart som har tillräcklig utbredning även på flera hundra meters djup. Detta är av betydelse, då sämre förhållanden kan befaras i gränsen mellan olika bergarter. Förekomsten av sprick- och krosszoner, som kan påverka förvarets utformning eller dess säkerhet, måste också belysas."

Principiellt skall dessa krav gälla. Inom Sternöområdet, där berggrunden icke är enhetlig utan består av en blandning av gnejs, gnejsgranit och granit, är det dock icke uteslutet att även detta skulle kunna vara acceptabelt. Men i så fall måste KBS visa att de olika bergarternas bergmekaniska egenskaper ligger inom sådana gränsvärden att t ex kapslarnas uppvärmning av bergmassan icke förorsakar sprickbildning. Med andra ord, värmeflödet genom en bergart får icke vara så skilt från värmeflödet genom en annan, att den ena blir snabbare uppvärmd än den andra och att det därigenom uppstår oacceptabla spänningar i bergmassan.

Eftersom man redan nu vet att det finns skillnader i de bergmekaniska egenskaperna hos de tre olika huvudbergarterna, måste också fördelningen av dessa redovisas. Dvs att i en rymdmodell mellan förvarets nivå och markytan skall visas hur de olika bergarterna förekommer. Detta kan göras med en systematisk uppbörning av bergmassan.

KBS har antagit att de stora begränsande sprickzonerna står vertikalt, och därför antagit att de har samma läge på 500 m-nivån som i markytan. Detta är icke i överensstämmelse med geologisk erfarenhet, och kan därför icke accepteras.

Sprickzonerna måste borraras upp på ett sådant sätt att det kan nöjaktigt visas var de återfinns på 500 m-nivå.

På Sternö har utförts fem borrhål i avsikt att avgränsa ett för förvar lämpligt område. Mot valet av borrhåll kan anföras, att det inte föregåtts av en geologisk kartering och geofysiska mätningar. Att det brister i detta avseende förklaras av tidsbrist.

Berggrunden på Sternö består av s k kustgnejs, gnejsgranit och Karlshamnsgranit. Gränsen mellan de olika bergarterna är inte skarp, utan kustgnejsen övergår via gnejsgranit successivt i Karlshamnsgranit.

Gruppen anser att några slumpvis ansatta borrhål aldrig kan verifiera KBS syfte med den geologiska undersökningen.

För detta krävs att borrhållen ansätts systematiskt och att ett betydligt större antal borrhål kommer till utförande. Detta kan genomföras på samma sätt som är brukligt när man borrar upp geofysikaliskt påvisade malmer eller gör undersökningar för andra slags berganläggningar, t ex berggrum för lagring av gasformiga eller flytande kolväten, eller bergförlagda vattenkraftstationer.

KBS har utan att utföra tillräckliga förberedande undersökningar i ett slumpvis utvalt område, Sternö, ansatt fem borrhål och med detta som grund velat visa, att området uppfyller KBS egna krav och syften.

Gruppen anser att detta generellt icke är möjligt med en så ringa insats av undersökningar. Som visats på annat ställe i denna rapport (Bil 6), är det en regel, att det för betydligt enklare anläggningar (oljebergrum, vattenkraftstationer i berg, borrningar efter malm) görs en geologisk undersökning, som är mångdubbelt större än den av KBS nu redovisade och av gruppen granskade.

Gruppens motiveringar till varför olika slags undersökningar är nödvändiga har vi utförligt specificerat, därför att det fåtal undersökningar som utförts lämnat många väsentliga frågor obesvarade. Vår genomgång av borrhålsresultaten och vår sammanställning och analysering av dessa visar entydigt att Sternöområdet ej uppfyller de av KBS och säkerhetsanalysen ställda kraven och därför ej går att använda för ett slutförvar av högaktivt avfall. Det kan icke heller användas som ett referensområde för att ett sådant förvar går att utföra i svensk berggrund.

Till KBS tidigare ansökan fanns utfört olika slags elektriska och geofysikaliska mätningar i borrhålen. Sådana mätningar har icke utförts i denna omgång, trots att regeringens beslut av 1978-10-05 innehåller följande text.

"Vad som sålunda fordras är enligt regeringens bedömning ytterligare provborrningar och därav föranledda mätningar."

Fig 3.1.11 visar vilka bergvolymer som återstår när sprickzonerna givits en bredd och en skyddszon. I det större området i SO finns inga borrhål. Endast fyra av sprickzonerna är påvisade genom borrningar.

3.1.3. Sammanfattning av granskningen av utförda geologiska undersökningarna rörande berggrundsförhållanden och bergvolymer

De utförda geologiska undersökningarna på Sternö omfattar, förutom fyra nya borrhål och fördjupning av det tidigare Ka 1, endast borrhärnekartering samt vattenförlustmätning under 250 m borrlängd samt utvärdering av denna. Någon utvärdering av i borrhålen påträffade sprickzoner och deras fältutsträckning har icke redovisats. Som visats saknas många andra undersökningar som är nödvändiga i detta sammanhang.

De utförda borrhålen är alltför få och borrhade i sådana riktningar att de icke ens om de alla visat ett sprickfritt litologiskt, enhetligt berg, hade räckt till för att entydigt visa att bergmassan uppfyller ställda krav, eftersom de lämnar stora bergvolymer som icke är undersökta.

Tre av borrhålen visar kraftiga sprickzoner. Detta i förening med de sprickzoner som KBS visat på sina kartor samt de sprickzoner som gruppen visat kan vara sannolika, gör dock att gruppen, oavsett det fåtal borrhål som finns, kan uttala som sin bestämda åsikt att Sternöområdet icke uppfyller de av KBS och säkerhetsanalysen uppställda kraven. Se figurerna 3.1.9 till och med 3.1.11. Sternöundersökningarna har icke visat att det i Sverige går att ordna förvar för högaktivt avfall enligt KBS I.

3.2 Permeabilitetsförhållanden och grundvattenrörelser

3.2.1 Permeabilitetsmätningar

Dubbelmanschettmätningar har utförts i borrhålen Ka 1, 2, 3 och 5. Mätsektionernas längd var 2 m i Ka 1 och i övrigt 3 m. I Ka 5 uppstod ett smärre läckage i utrustningen, antagligen vid 370 m-nivån och vidare nedåt, varför mätvärdena ansetts vara för höga på denna sträcka.

För djup under bergytan som är större än ca 300 m är k-värdena likartade på olika djup och i de olika borrhålen. De ligger nästan undantagslöst mellan mätgränsen (som i olika fall var $k=5 \cdot 10^{-11}$, $2 \cdot 10^{-10}$ eller $4 \cdot 10^{-10}$ m/s) och följande värden, jfr fig 3.2:1-4.

Borrhål	Ka 1	Ka 2	Ka 3	Ka 5
k m/s	$3 \cdot 10^{-9}$	$1,5 \cdot 10^{-9}$	$1 \cdot 10^{-9}$	$(4 \cdot 10^{-9} - 1,4 \cdot 10^{-8})$

I borrhålen Ka 1, 2 och 5 bestämdes permeabiliteten hos 126 till 749 m långa sektioner genom enkelmanschettmätningar. Även dessa mätvärden finns redovisade i fig 3.2:1,2 och 4. Vid djup under bergytan som är större än 200-350 m erhöles för de olika borrhålen likartade permeabilitetsvärden mellan $k = 1,9 \cdot 10^{-12}$ m/s och $k = 5,0 \cdot 10^{-12}$ m/s.

Med hjälp av fig 3.2:1-4 kan man för dubbelmanschettmätningarna uppskatta ett ungefärligt medelvärde $k=10^{-9}$ m/s för de mätpunkter som ligger på större djup än ca 300 m under bergytan. Permeabilitetsvärdena, som erhöles vid enkelmanschettmätningarna, är således 200 till 500 gånger lägre än medelvärdet från dubbelmanschettmätningarna. Detta är en anmärkningsvärd skillnad.

KBS har inte presenterat någon mer omfattande utredning kring problemet varför enkel- och dubbelmanschettmätningarna givit så väsentligt olika permeabilitetsvärden. Teoretiska felkällor som undersöks i TR 79-06 har inte en storleksordning som kan förklara fenomenet. I SGU-februari 1979, sid 7-8, anföres i stället

"Felkällor som kan hänföras till förbiledning eller otäthet vid manschett på grund av ojämnheter etc i borrhållsväggarna, 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."

.....

"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 minskar också förutsättningarna för att läckage skall uppträda. Permeabiliteten, bestämd genom enkelmanschettmätningarna, kan omräknas till den motsvarande högsta tänkbara permeabilitet för en 3 m delsektion. Detta innebär att övriga delar av mätsektionen antas vara helt täta. Sådana beräkningar för 3 m sektioner i borrhålens djupare delar ger permeabiliteter av samma eller lägre storleksordning ($k=4 \cdot 10^{-10}$ m/s; referentens anmärkning) 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."

KBS slutsats blir, jfr KBS VI, sid 10-11:

"Enkelmanschettmätningarna visar att permeabiliteten under 200-300 m djup genomgående ligger inom intervallet 10^{-11} - 10^{-12} m/s. I enskilda tremeterssektioner kan enstaka värden omkring 10^{-10} m/s dock inte helt utslutas."

KBS avsikt är således att helt förlita sig på resultaten från enkelmanschettmätningarna. Dubbelmanschettmätningarna skulle då enbart visa huruvida det förekommer sektioner vilkas permeabilitet är av samma eller större storleksordning än läckaget etc vid gummimanschetterna. Av fig 3.2:1-4 framgår att det på större djup än 200-350 m finns ett mycket stort antal mätsektioner med permeabiliteter omkring och något över $k = 10^{-9}$ m/s. Enligt enkelmanschettmätningarna skulle några sådana sektioner inte förekomma, eftersom den högsta möjliga permeabiliteten hos en enstaka 3 m delsektion av KBS beräknades till $k = 4 \cdot 10^{-10}$ m/s. Detta betyder att läckaget i en mycket stor del av dubbelmanschettmätningarna skulle vara av storleksordningen $k = 10^{-9}$ m/s, jfr fig 3.2:1-4.

I Stripa mättes bergets permeabilitet med tre olika metoder (SAC-02). Dubbelmanschettmätningar gav högre permeabilitetsvärden än enkelmanschettmätningar. Skillnaderna mellan metoderna var mindre än i Sternömätningarna. Detta torde bero på de korta borrhålslängderna i Stripa. Såväl dubbel- som enkelmanschettmätningarna i Stripa gav dock högre k-värden än ett "storskaleförsök".

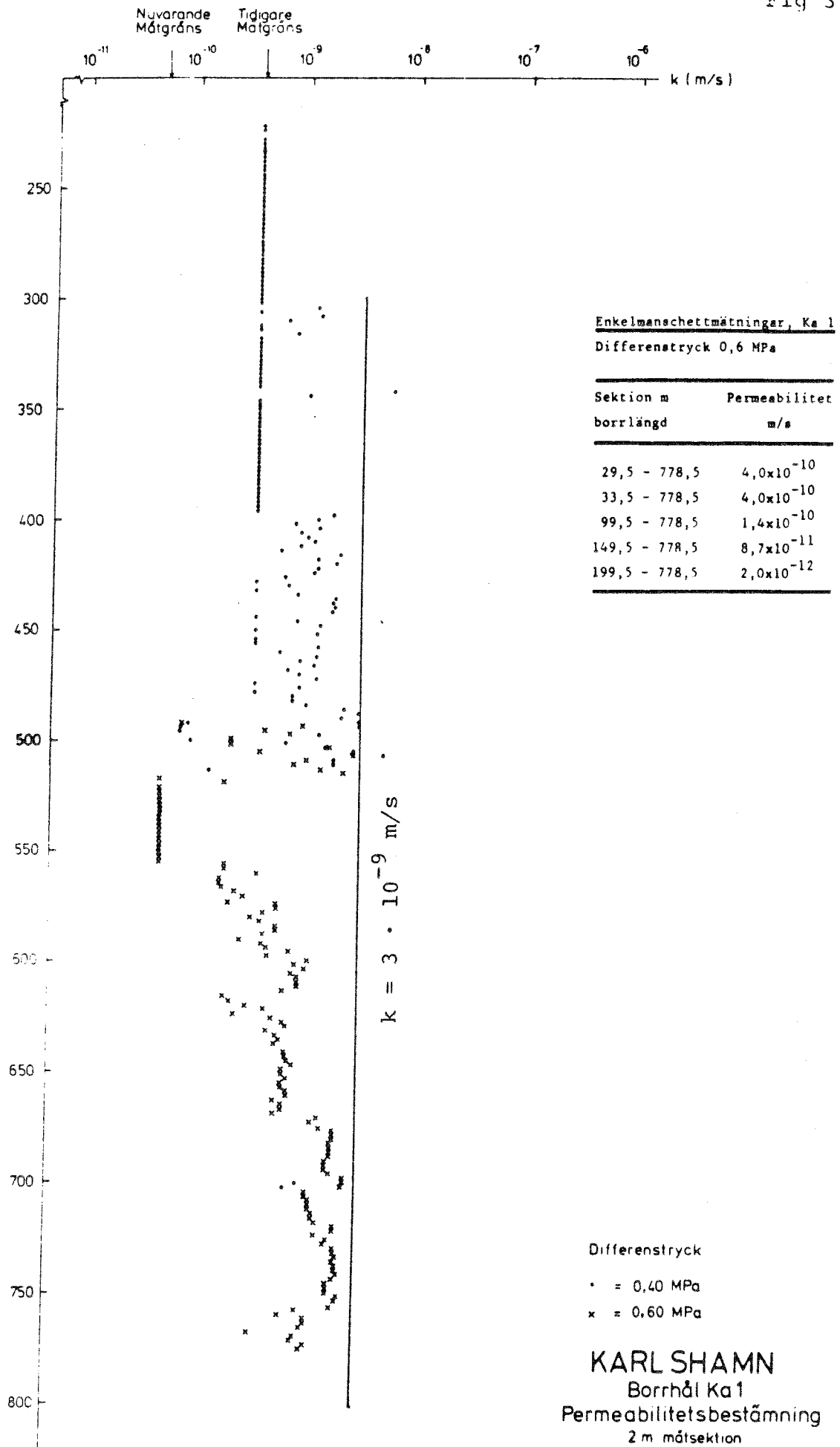
Såväl dubbel- som enkelmanschettmätningar omfattar endast en starkt begränsad bergvolym omkring borrhålet. (SGU febr 1979 och TR 79-06) Enstaka uppmätta permeabilitetsvärden blir därför starkt beroende av sprickfrekvensen, sprickornas grad av slutenhet eller öppenhet etc i den omedelbara närheten av borrhålet. Huruvida permeabilitetsvärden, som fås genom vatteninpressning i

borrhål, är representativa för en större bergvolym kring borrhålet är därför en öppen fråga. I berg med så låga permeabiliteter som $k=10^{-9}$ m/s och mindre finns såvitt känt inga permeabilitetsmätningar gjorda med metoder som inbegriper större bergvolym och som skulle kunna tjäna som kalibrering av dubbel- och enkelmanschettmätningar i borrhål. Även storskaleförsöket i Stripa omfattade en i sammanhanget liten bergvolym.

Slutsatsen blir att man i dag ej har någon adekvat metod att bestämma permeabiliteten hos en större bergvolym som har låg permeabilitet och tämligen stora avstånd mellan vattenförande sprickor. Dubbel- och enkelmanschettmätningar i borrhål etc ger endast k-värden som är avhängiga av vilken försöksmetod som används. Man har således ingen säker kännedom om bergmassans verkliga k-värde och man måste därför bedöma t ex beräkningar av grundvattenflödets storlek och grundvattnets transporttid med stor försiktighet. Denna slutsats överensstämmer med andra värderingar 1) 2) 3).

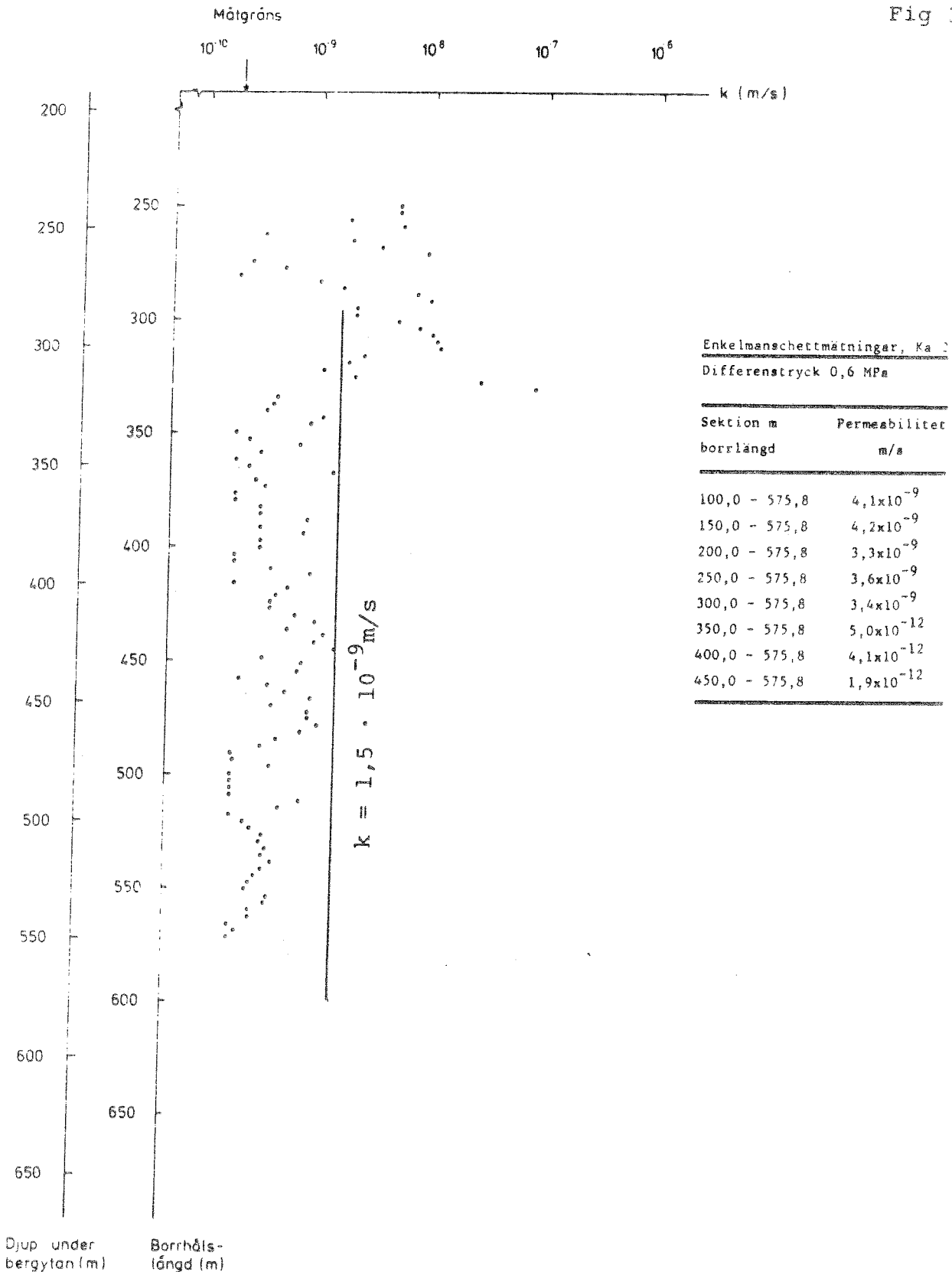
-
- 1) BREDEHOEFT, J D, et al., Geological disposal of high-level radioactive wastes, Earth science perspectives, Geological Survey Circular, 779, Arlington, VA., 1978.
 - 2) WITHERSPOON, P A, Summary review of workshop on movement of fluids in largely impermeable rocks, Union Carbide, Office of Waste Isolation, Oak Ridge, Tenn., April 1977.
 - 3) Earth science technical plan for mined geological disposal of radioactive waste, Office of Nuclear Waste Management, U.S., Dept. of Energy, and, U.S. Geological Survey, U.S. Dept. of Interior, Jan., 1979, Draft.

Fig 3.2.1



KARL SHAMN
 Borrhål Ka 1
 Permeabilitetsbestämning
 2 m mätsektion
 Sveriges geologiska undersökning
 Berggrundsbyrå
 1978

Fig 3.2.2.



Enkelmanschettmätningar, Ka 2
Differenstryck 0,6 MPa

Sektion m borrlängd	Permeabilitet m/s
100,0 - 575,8	$4,1 \times 10^{-9}$
150,0 - 575,8	$4,2 \times 10^{-9}$
200,0 - 575,8	$3,3 \times 10^{-9}$
250,0 - 575,8	$3,6 \times 10^{-9}$
300,0 - 575,8	$3,4 \times 10^{-9}$
350,0 - 575,8	$5,0 \times 10^{-12}$
400,0 - 575,8	$4,1 \times 10^{-12}$
450,0 - 575,8	$1,9 \times 10^{-12}$

Differenstryck

• = 0,20 MPa

KARLSHAMN

Borrhål Ka2

Permeabilitetsbestämning

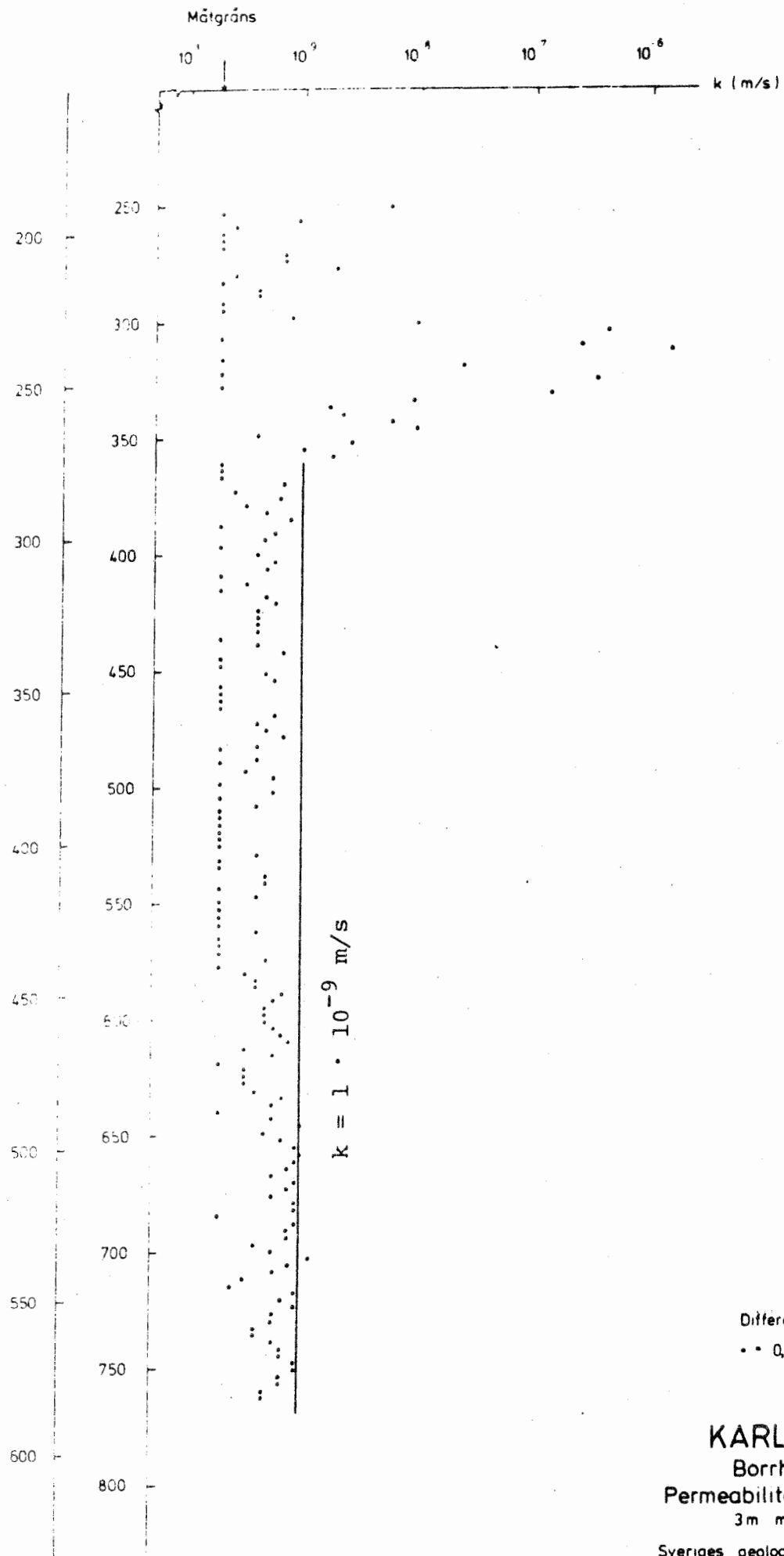
3m mätsektion

Sveriges geologiska undersökning

Berggrundsbyrå

1979

Fig 3.2.3



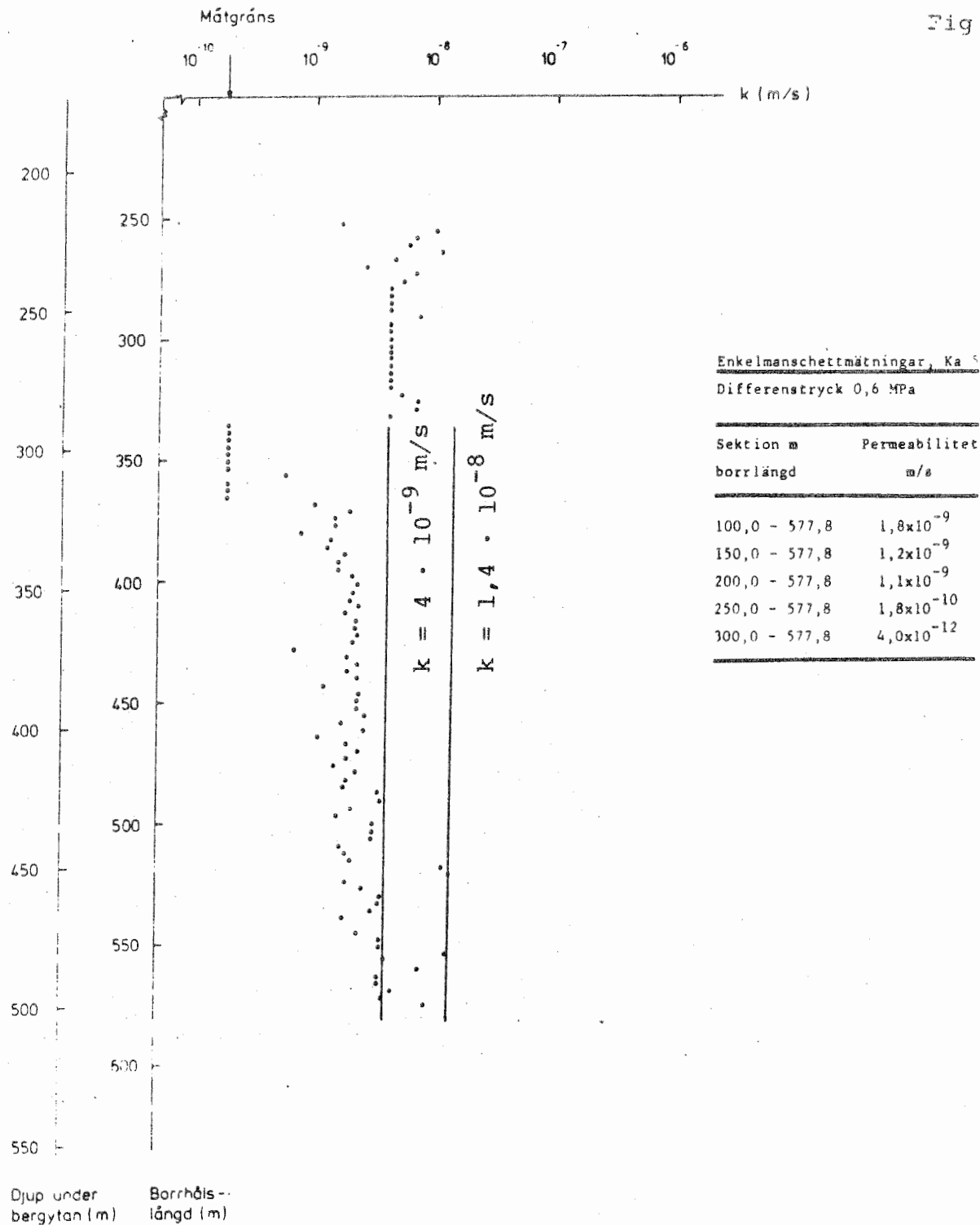
Differenstryck
 •• 0,20 MPa

KARLSHAMN
 Borrhål Ka 3
 Permeabilitetsbestämning
 3m mätsektion

Sveriges geologiska undersökning
 Berggrundsbyrån
 1979

Djup under bergytan (m) Borrhåls längd (m)

Fig 3.2.4



Differenstryck
• • 0,20 MPa

KARLSHAMN
Borrhål Ka 5
Permeabilitetsbestämning
3 m mätsektion
Sveriges geologiska undersökning
Berggrundsbyrån
1979

3.2.2 Grundvattenrörelser

I KBS VI och TR 79-05 redovisas potentialteoretiska beräkningar beträffande grundvattnets rörelseriktning, flödestider och gradienter vid ett slutförvar på Sternö. I beräkningarna har valts en permeabilitet av 10^{-9} m/s, en porositet av 10^{-3} samt grundvattenytan som följer terrängen respektive havsytan.

I beräkningarna har ingen hänsyn tagits till de belagda och förmodade spricklinjer som visas bl a i KBS VI, fig 4. I här bilagda fig 3.2:5 och 3.2:6 visas dessa sprickzoner inlagda i två av de av KBS beräknade strömlinjediagrammen. Sprickzonerna har därvid med undantag för sprickzonen vid Munkahusviken antagits stupa vertikalt. Den sprickzon som ligger parallellt med diabasgången och som delar förvarsområdet i två ungefär lika stora block kan också anses belagd enligt SGU - febr 1979. Av granskningsutlåtandets avsnitt 3.1 framgår att det i bergmassan även finns andra sprickzoner än de som KBS visat.

Eftersom sprickzoner kan förväntas ha mycket högre permeabilitet än det omgivande tätare berget ger de av KBS utförda potentialteoretiska beräkningarna helt felaktiga resultat så länge som sprickzonerna beaktas i beräkningarna. Sprickzonen A som i fig 3.2:5 och 3.2:6 skär tvärs igenom slutförvaret har enligt SGU febr 1979 en uppmätt permeabilitet mellan $1 \cdot 10^{-9}$ och $1,5 \cdot 10^{-6}$ m/s. I borrhålet Ka 4, som är borrarat i direkt anslutning till Munkahusvikens sprickzon B, har KBS ej gjort permeabilitetsmätningar. Sannolikt hade man där fått höga permeabilitetsvärden.

Sprickzonerna torde avsevärt förkorta de beräknade tider för grundvattenströmningen från ett slutförvar till markytan som redovisas i KBS VI, fig 8, och detta åtminstone vad beträffar sektionerna A och B. Sprickzonen A, som skär tvärs igenom förvaret, torde dränera grundvatten från omgivande berg och i relation till strömningshastigheten i det tätare berget snabbt avbörda det till markytan eller havet. Exempelvis sprickzonen B i Munkahusviken torde som en effektiv dräneringsskärm skära av grundvattenströmmen i sektion A och snabbt leda den upp till bergytan och slutligen havet, jfr fig 3.2:5.

KBS potentialteoretiska beräkningar gäller bara för det fall man har homogen grundvattensammansättning och homogen temperatur på olika djup. Konstaterade skillnader i dessa avseenden medför variationer i grundvattnets densitet. Huruvida dessa variationer har inflytande på grundvattnets rörelse har ej utretts av KBS.

De beräknade transporttiderna är givetvis beroende av valet av permeabilitet, k m/s, och effektiv porositet, ϵ , hos berget. Som ovan framgått råder stor osäkerhet beträffande bergmassans permeabilitet. I KBS VI har man valt resultaten från enkelmanschettmätningarna och anfört de värden som ovan refererats från KBS VI, sid 10-11.

Permeabilitetsmätningar synes ibland inte kunna visa vattenförande sprickor i berget. Som exempel kan nämnas att de geofysiska undersökningarna i borrhålet Fi 1 i Finnsjöområdet kraftigt indikerade en spricka 336 m under bergytan. Bl a tydde en

markant ändring av borrhålsvätskans resistivitet på ett vattenflöde vid denna nivå, jfr TR 61, fig 32. Flertalet av de övriga geofysiska mätningarna gav likaledes markanta utslag.

I SGU-februari 1979 har sammanställts kända värden på bergets porositet, ϵ . Därvid har skilts på porositeter som bestämts genom spår försök i fält och sådana som laboratoriebestämts på "täta" bergartsprov, dvs sådana bergartsstycken som inte innehåller makrosprickor men väl mikrosprickor i korngränser etc. Laboratoriebestämningarna ger som resultat bergartens sk primära porositet medan spår försöken i fält till huvudsaklig del torde ge bergmassans sk sekundära porositet eller, som den också litet oegentligt kallas, dess sprickporositet.

Själva bergarten med sina mikrosprickor har i fallet granit och gnejs mycket låg permeabilitet av storleksordningen 10^{-10} till 10^{-13} m/s. I bergmassor som uppvisar klart högre permeabilitetsvärden än själva bergarten svarar makrosprickorna för praktiskt taget hela vattenflödet.

Eftersom bergmassan i Sternöområdet tillskrivs permeabiliteter mellan 10^{-11} och 10^{-12} m/s, börjar bergmassans permeabilitet att närma sig själva bergartens permeabilitet. För att klargöra i vilken utsträckning grundvattenflödet då går fram i makrosprickorna respektive i bergartens mikrosprickor hade det varit värdefullt om KBS på laboratorium hade bestämt permeabiliteten hos provstycken ur bergarterna från Sternö. I SGU-februari 1979, tabell 2, visas

nämligen att effektiva porositeter är väsentligt olika för sprickiga bergmassor ($\epsilon = 1,2 \cdot 10^{-4} - 8 \cdot 10^{-4}$) och "ospruckna" bergarter ($\epsilon = 10^{-2} - 10^{-3}$).

Eftersom grundvattnets transporthastighet, v , bestäms av ekvationen

$$v = \frac{k}{\epsilon} \cdot I \text{ (m/s)} \quad (1)$$

där k = permeabilitet, m/s

ϵ = porositet

I = hydraulisk gradient

har porositetsvärdet ϵ lika stor betydelse för transporthastigheten som permeabilitetsvärdet k .

KBS tidigare nämnda potentialteoretiska beräkningar har också som resultat givit värden på hydrauliska gradienten I vid slutförvaret, jfr TR 79-08. Eftersom man i beräkningarna bortsett från befintliga sprickzoner är de beräknade gradienterna felaktiga. Eftersom sprickzonerna medför kortare strömningsvägar i lågpermeabelt berg torde de verkliga hydrauliska gradienterna överstiga de av KBS beräknade. Hur mycket gradienterna ökar kan inte avgöras utan förnyade beräkningar i vilka förekommande sprickzoner beaktas.

Storleken av grundvattenflödet kring deponeringshålen har betydelse för nuklidernas utlösningshastighet. I säkerhetsanalysen har man för det "troliga fallet" antagit att flödet är högst $0,2 \text{ l/m}^2$ och år, jfr KBS IV.

Grundvattenflödets storlek, $q \text{ l/m}^2$ och år, bestäms av ekvationen

$$q = 3,15 \cdot 10^{10} \cdot k \cdot I \quad (2)$$

Förnyade potentialteoretiska beräkningar ger sannolikt högre hydrauliska gradienter vid slutförvaret än de som beräknats av KBS. Om vi trots detta använder KBS värde $I = 0,02$ fås följande grundvattenflöden, q , vid olika permeabilitetsvärden, k .

k (m/s)	10^{-12}	10^{-11}	10^{-10}	10^{-9}	10^{-8}
q ($l/m^2 \cdot \text{år}$)	0,0006	0,006	0,06	0,6	6

Grundvattnets förflyttning på 400 år, L (m), kan beräknas genom att man multiplicerar hastigheten v (som fås ur ekv 1) med $1,26 \cdot 10^{10}$ sek. Om vi t ex antar $\epsilon = 10^{-4}$ och $I = 0,02$ får vi

k (m/s)	10^{-12}	10^{-11}	10^{-10}	10^{-9}
L (m per 400 år)	2,5	25	250	2500

Som tidigare framhållits är de verkliga hydrauliska gradienterna sannolikt större än $I = 0,02$. Då blir värdena för q och L högre än som anges i tabellerna ovan. Vid låga k -värden finns det teoretiska motiv för att porositeten, ϵ , kan vara mindre än 10^{-4} , jfr SGU-februari 1979, sid 13. Detta skulle ytterligare höja L -värdena.

Ovanstående leder till följande bedömning. Genom förekomsten av sprickzoner inom och omkring Sternö blir grundvattnets strömningsvägar korta i det mellanliggande lågpermeabla berget. Om ett förvar skall bli praktiskt genomförbart torde man inte kunna räkna med längre strömningsväg i det lågpermeabla berget än något eller några tiotal meter mellan vissa delar av förvaret och en närliggande sprickzon. För att transporttiden då skall bli minst 400 år krävs homogent berg med en permeabilitet av ca 10^{-12} m/s.

För att grundvattenflödet omkring deponeringshålen skall bli högst $0,2 \text{ l/m}^2$ och år krävs att bergets permeabilitet är ca 10^{-10} m/s .

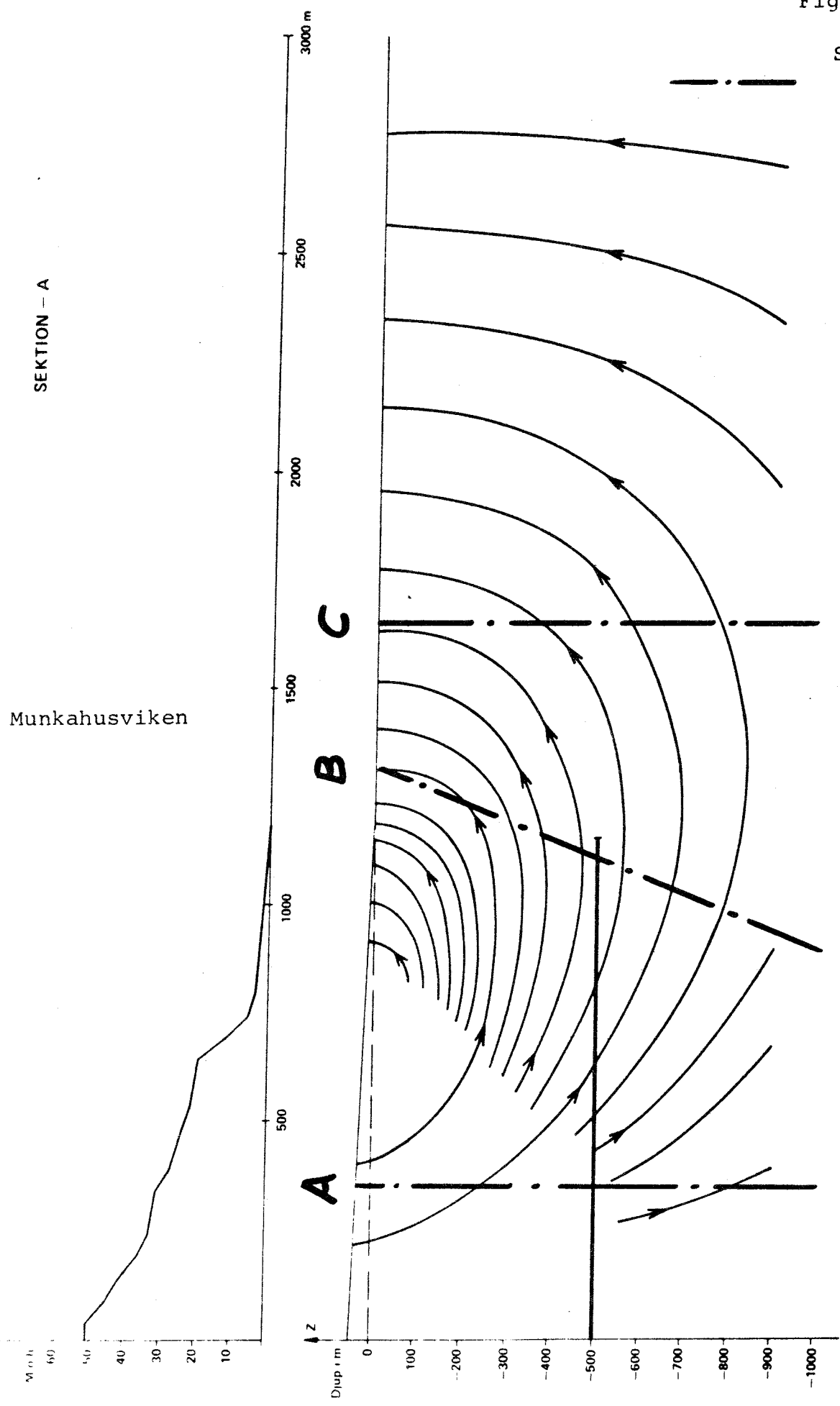
KBS VI, fig 8, visar resultat från beräkningar av grundvattnets transporttider i regionala strömningsvägar. I beräkningarna har förutsatts att berget är homogent och att $k = 10^{-9} \text{ m/s}$ och $\epsilon = 10^{-3}$. De visade transporttiderna gäller då även för $k = 10^{-10} \text{ m/s}$ och $\epsilon = 10^{-4}$, jfr ekv (1). Enligt sektion B (Kbs VI, fig 8) är transporttiden från förvarets ände till markytan ca 1.100 år. Om man antar att transporttiden för samma strömningsväg i stället är 400 år krävs en permeabilitet av ca $3 \cdot 10^{-10} \text{ m/s}$.

För att man skall uppnå transporttiden 400 år med hjälp av strömningsvägar som har regional storleksordning, säg någon eller några kilometer, krävs sålunda att bergmassan längs alla tänkbara strömningsvägar från förvaret är homogen och har en permeabilitet av ca $3 \cdot 10^{-10} \text{ m/s}$.

Deponeringshål, tunnlar och schakt avses bli återfyllda med en blandning av sand och bentonit. Enligt KBS III, sid 93, varierar permeabiliteten hos denna blandning "mellan 10^{-8} och 10^{-11} m/s vid förhindrad svällning." Vid låga permeabilitetsvärden hos berget skulle sand-bentonitblandningens permeabilitet kunna bli högre än bergets permeabilitet. Deponeringshålen, tunnlar och schakten skulle då kunna erbjuda grundvattnet snabbare strömningsvägar än det omgivande berget. I tunnlar och schakt bör därför på ömse sidor om korsande sprickzoner och i övrigt med lämpliga mellanrum anordnas tätande zoner.

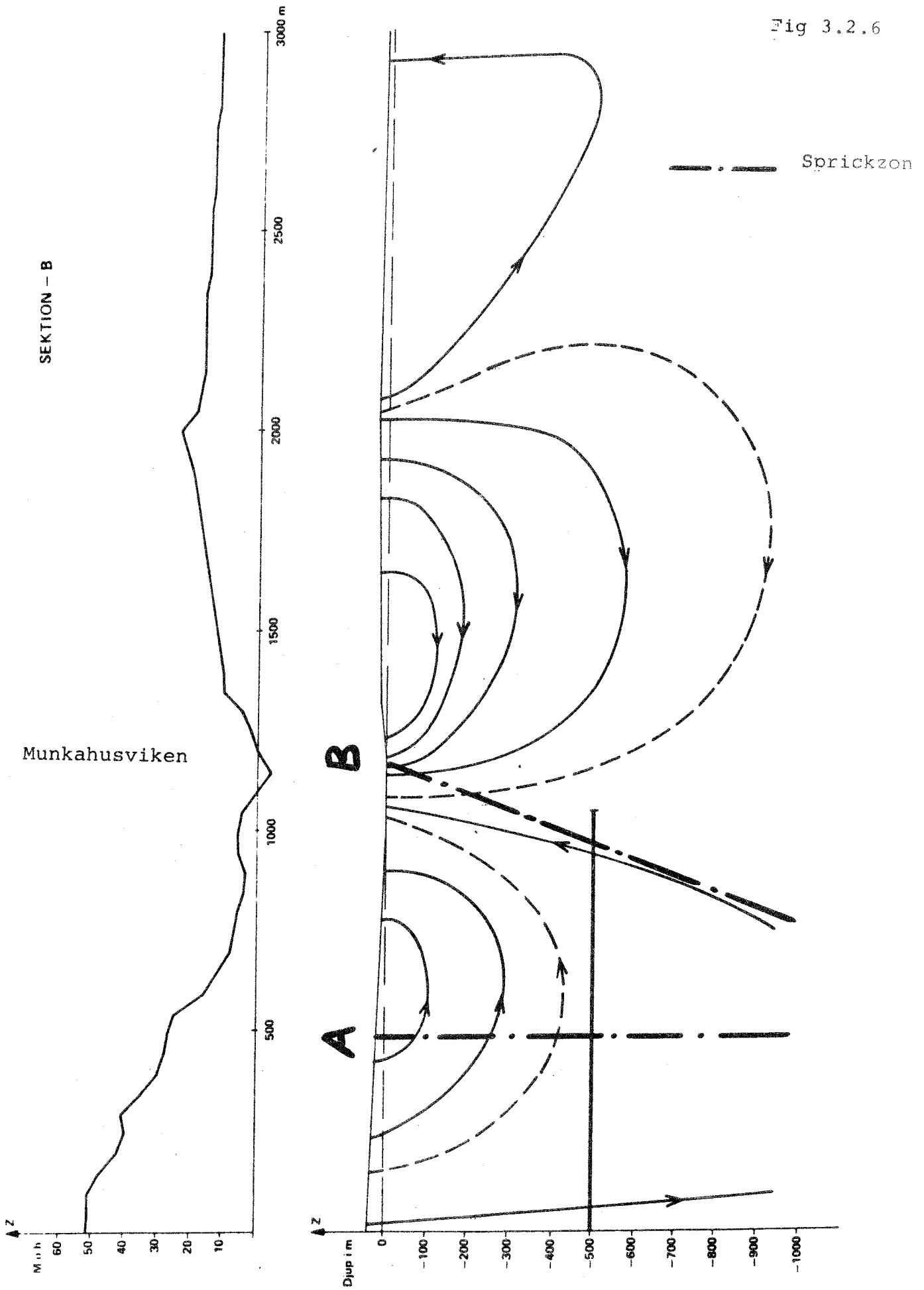
Fig 3.2.5

Sprickzon



Strömlinjer i sektion A. Grundvattenflödet mellan heldragna strömlinjer är överallt lika stort.

Fig 3.2.6



Strömlinjer i sektion B. Grundvattenflödet mellan heldragna strömlinjer är överallt lika stort.

3.2.3 Sammanfattning av granskningen beträffande permeabilitetsförhållanden och grundvattenrörelser.

KBS säkerhetsanalys förutsätter dels att grundvattnets transporttid från slutförvaret till biosfären uppgår till minst 400 år, dels (i det troliga fallet) att grundvattenflödet omkring deponeringshålen uppgår till högst $0,2 \text{ l/m}^2$ och år.

Om ett förvar skall bli praktiskt genomförbart trode man inte kunna räkna med längre strömningsväg i det tätare berget än något eller några tiotal meter mellan vissa delar av förvaret och en näraliggande sprickzon. För att transporttiden då skall bli minst 400 år krävs homogent berg med en permeabilitet av ca 10^{-12} m/s .

För att grundvattenflödet omkring deponeringshålen skall bli högst $0,2 \text{ l/m}^2$ och år krävs en permeabilitet av ca 10^{-10} m/s .

Det av KBS framlagda undersökningsmaterialet gör det ej möjligt att med säkerhet och på saklig grund fastställa att man på Sternö funnit berg som uppfyller ovanstående krav. Osäkerheten kan till stor del förklaras genom avsaknaden av vetenskapliga belägg för att de använda mätmetoderna ger en representativ bild av en större bergmassas permeabilitetsförhållanden.

3.3 Grundvattnets sammansättning

3.3.1 Vattenanalyser

Det av KBS redovisade analysmaterialet från Sternö bedöms vara otillräckligt för att verifiera grundvattnets sammansättning på 500 m djup.

Sammanlagt har 6 grundvattenprov uttagits inom undersökningsområdet. Se bifogad tabell 1 ur TR 79-07.

Två av proven har uttagits ur äldre diamantborrhål vid befintliga oljelagringsrum. Den dränering av berggrunden som sker genom bäddvatten-pumpningen i oljelagringsrummen kan antagas ha ökat vattenomsättningen i denna del av bergmassan, varför de aktuella vattenproven ej är representativa för det grundvatten som finns på 500 m djup.

I TR 79-07 har anmärkts att dessa prov ger intryck av en snabb grundvattenomsättning.

Samma förhållande gäller de två prov som uttagits i orter som förbinder bergrummen.

De återstående två vattenproven är tagna ur Ka 1 på 18-20 m djup respektive 150-170 m djup. Proven uppges vara kontaminerade med kvarvarande spolvattenandel av 5% respektive 20% och är dessutom tagna på för ytlig nivå för att kunna utgöra säkert underlag för en bedömning av grundvattensammansättningen på 500 m nivå.

De utförda restitivitetsloggningarna i Ka 1 (TR 61) samt vid ytan och i botten av borrhål Ka 4 och Ka 5 (TR 79-07) ger värden som tyder på förhållandevis låg salthalt, men data för att bedöma i hur hög

Bilaga 2. VATTENANALYSER PÅ PROVER TAGNA AV SGU 1979-02

Prov	Djup etc	Kond mS/m	pH	Tot-Fe mg/l	Fe ⁺⁺ mg/l	Cl ⁻ mg/l	F ⁻ mg/l	SO ₄ ⁻⁻ mg/l	HCO ₃ mg/l	Aggr CO ₂
Östersjön	intag K-hamns- verket	1090	7,7	0,11	0,07	4250	0,5	700	90	6
Karlshamns hål 1	50 m under rör- kant, 29 m un- der havsytan	92	6,9	57	28	18	1,8	250	95	99 grumlig prov
Karlshamns hål 2	50 m under rörkant	13,7	5,5	4,3	3,5	45	0,91	56	7	45
Karlshamns	dropp i nedre ort berggrum 1	69	8,3	2,8	0,43	20	1,5	80	363	0
Karlshamns	dropp i nedre ort berggrum 7	50	8,6	0,02?	0,08?	36	2,9	50	224	0
SGU hål Kal ¹⁾	18-20 m djup	28,3	8,7	7,6	2,6	16	2,3	60	114	1
SGU hål Kal ²⁾	150-170 m djup	37,5	8,8	3,2	-	17	2,6	130	51	4
Sannolik sam- mensättn på 500 m djup ³⁾			7,2-8,5	1-20	0,5-15	5-50	0,5-2,0	1-15	60-400	

1) Andelen spolvatten uppskattad med hjälp av rhodamin-märkning av spolvattnet. Kvarvarande spolvattenandel 5 %.

2) Kvarvarande spolvattenandel 20 %.

3) Enligt "Kärnbränslecykelns slutsteg. Slutlig förvaring av använt kärnbränsle", vol II, sid 108. Sam. Analysena är gjorda på cfiltrerade prover.

grad dessa vatten är kontaminerade med borrhvatten finns ej.

Oavsett om vattnet är salt eller sött i berg på 500 m nivån på Sternö måste risken bedömas som mycket stor för att saltvatten efter några års pumpning i förvaret kommer att utgöra en del av den pumpade vattenmängden.

Med ledning av det vattenprov som tagits i Östersjön vid vattenintaget till Karlshamnsverket kan t ex kloridhalten i delar av förvaret antagas stiga till ca 4.000 mg/l mot av KBS antaget max värde på 400 mg/l. (Bilaga A TR-107)

Även andra komponenter kan därvid komma att ändras, vilket framgår av analysen på Östersjövattnet jämfört med sannolik sammansättning på 500 m djup redovisad i tabell 1.

En bedömning av hur lång tid efter pumpningens avslutande det kommer att dröja innan naturliga förhållanden åter blir rådande i grundvattnets kemiska sammansättning på 500 m nivån är mycket svår att göra.

Med tanke på den betydelse som tillskrivits grundvattenkemin när det gäller nuklidernas fördröjning och barriärmaterialens beständighet är det även nödvändigt att redovisa mer fullständiga grundvattenanalyser än KBS låtit utföra på Sternögrundvattnet.

3.3.2 Grundvattenkemins betydelse

I KBS VI påpekas att grundvattnets kemiska sammansättning intill avfallskapslarna påverkar

- den tid avfallskapslarna förblir täta
- den takt i vilken avfallsglasen senare utlakas
- de fördröjningsfaktorer som uppträder när de utlösta ämnena transporteras i bergets sprickor

Förutom berget ingår följande material i barriärerna för att förhindra nuklidernas spridning

- bentonit
- titan
- bly
- borsilikatglas

Krom-nickel-stål-behållaren har i TR 107 försiktigtvis tillgodoräknats försumbar livslängd och diskuteras därför ej närmare här.

Bentoniten

Fyllnadsmaterialet av sand och bentonit har av KBS i TR-107 angivits fungera som en buffert och stabilisera pH mellan 8 och 9 hos grundvattnet i bufferten.

Bentoniten är ursprungligen en vulkanisk lera avsatt i saltvatten. En hög salthalt i omgivande grundvatten ökar dock risken för eventuell saltanrikning invid den varma kapselytan, om buffertmaterialet ej blir vattenmättat, och för försämrade jonbytesförmåga.

Titan

Titanets korrosion finns diskuterad i TR 107.

Titan är ej termodynamiskt stabilt utan dess låga korrosionshastighet bygger på bildandet av TiO_2 på ytan, vilket också förekommer i naturen som mineral.

Titankapselns korrosion synes ej vara så beroende av grundvattnets sammansättning som korrosionen hos blykapseln. Enligt TR 107 synes dock en låg kloridjonhalt vara fördelaktigare än en hög. Betydelsen av höga kloridhalter är emellertid icke helt klarlagd.

I Scandpower-rapporten, SCP-I, avsnitt 5.3.1, sägs

"selv om korrosjon av titan og bly er lite følsom for klorid i det aktuelle temperaturområdet ønskes en større klarhet over saltinnholdets mulige variasjoner."

Det anföres också (i avsnitt 5.4.1) att oavsett kloridhalten varken grop- eller spaltkorrosion knappast kan förväntas i titan vid de temperaturförhållanden och de pH-värden som är aktuella i slutförvaret.

Bly

Även blyinfodringen redovisas i TR 107, bilaga A.

Den beräknade minsta livslängden på metallkapslingen bestäms av antagandet att alla tillgängliga oxidanter bidrar till de korrosionsangrepp som blyinfodringen kan utsättas för. I TR 107 har kapslingens livslängd på grundval av detta beräknats till minst 1.000 år.

I KBS VI, sid 14, sägs beträffande blyets korrosion

KBS VI
sid 14

"Den helt dominerande oxidanten för bly är den syremängd som maximalt kan kvarstå efter att tunnlarna fyllts med buffertmaterial. Mängden oxidanter som kan tillföras med grundvattnet är i jämförelse härmed obetydlig. Utgår man från förutsättningen att grundvattnet maximalt kan innehålla 0,1 mg O₂ per liter /2, Vol II, sid 108/ erhålls här ett helt försumbart tillskott jämfört med det syre som diffunderar fram till kapseln från i buffertmaterialet innesluten luft. I realiteten torde dock det faktum att grundvattnet på aktuella djup är reducerande, medföra att ett vattenflöde genom förvaret snarare minskar än ökar tillgången till syre i förvaret."

Bedömningen av blyinfodringens livslängd är således beroende av antagandet om låg halt av fritt syre i grundvattnet och en låg permeabilitet hos buffertmaterialet.

Halten fritt syre avtar normalt mot djupet (TR 88). Sprickzoner med hög vattenomsättning kan dock tänkas föra ner syrehaltigt vatten till stort djup. Ett bevis för detta är de tecken på grundvattencirkulation långt under dalbottnarnas nivå som man funnit i vissa gruvor, t ex Nyängsgruvan vid Hofors och Kristineberg i Västerbotten (lägesrapport AKA-utredningen 24 juni 1974). Även i Ställbergsgruvan är järnmanganmalmen oxiderad till 700 m djup i sprickzonerna (SGU, Ser Ca No 35) liksom i Garpenbergs sulfidmalmsgruva vid Hedemora, där delar av malmen är oxiderade till 500 m djup. (Wesslén, Internrapport AB Zinkgruvor)

En mätning av halten fritt syre eller av redoxpotentialen i de sprickzoner som påborrats på Sternö är därför nödvändig för att kunna bedöma riskerna för en syrehalt över det av KBS antagna max värdet på 0,1 mg/l på 500 m nivå.

En del av den bufferteffekt som finns i bergmassan kan möjligen komma att gå förlorad under den ca 30-åriga drifttiden av förvaret genom den starkt ökande grundvattenomsättningen. Syrerikt infiltrationsvatten kan antagas orsaka en oxidation av förekommande oxiderbara mineral i bergmassan. Det syrehaltiga regnvattnet kommer dock vid pumpningens avslutande att trängas undan eller blandas med saltvatten av troligen reducerande karaktär. På mycket lång sikt kan det salta vattnet tänkas bli förträngt av sött vatten.

Borsilikatglas

I Scandpower-rapporten (ScP I, avsnitt 6.4.4) sägs:

"Utlakningshastigheten kan variera med grundvannets sammensättning og surhetsgrad, og er størst i dejonisert (destillert) vann."

Enligt TR 88 ligger SiO_2 -halten i granitiska bergarter vanligen mellan 10-60 mg/l och mest frekvent mellan 10-25 mg/l. Mot djupare nivåer anges endast små förändringar vara att vänta, eftersom mineralvattenjämvikterna vanligen utbildas inom de översta 100 m av berggrunden.

Även om SiO_2 -bestämningar ej utförts vid analyserna av grundvattnet från Sternö, finns ingen anledning att antaga att SiO_2 -halterna skulle ligga på kritiskt låga nivåer.

Fördröjningsfaktorer

En annan fråga som är starkt kopplad till syrehalten och redoxpotentialen i grundvattnet är valet av fördröjningsfaktorer för nukliderna.

I KBS VI, sid 15, sägs

KBS VI
sid 15

"Av de kemiska förhållanden som kan påverka fördröjningseffekterna är redoxpotentialen av helt avgörande betydelse. Den reducerande miljön innebär att de fördröjningsfaktorer som använts i säkerhetsanalysen och som baserats på oxiderande miljö innehåller mycket stora säkerhetsmarginaler för vissa betydelsefulla radioaktiva ämnen. Vid sidan härav har den observerade variationen i grundvattnets sammansättning en försumbar inverkan på fördröjningseffekterna. Vattenkemin påverkar sålunda inte valet av fördröjningsfaktorer i säkerhetsanalysen."

Eftersom det i säkerhetsanalysen gjorts konservativa antaganden vid valet av fördröjningsfaktorer, synes de troligen reducerande grundvattenförhållandena på 500 m nivå utgöra en extra säkerhet mot spridning av nuklider.

Gruppen har dock ej haft kompetens att bedöma bergets sorptionseffekter och valet av fördröjningsfaktorer.

4. KONSULTGRUPPENS SLUTSATSER

De av KBS utförda kompletterande fyra borrhålen på Sternö, samt de geologiska undersökningar som utförts av SGU, har visat att berggrunden genomsetts av ett flertal kross- och sprickzoner. Gruppen har vid granskningen av borrhärnskarteringen även funnit ytterligare sprickzoner av betydelse, samt kunnat åskådliggöra hur t ex Munkahusvikens sprickzon skär in i förvaret. Det fåtal borrhål som utförts lämnar stora delar oundersökta och sprickfrekvensen i dessa går ej att uppskatta.

Enbart det faktum att en bred NNO gående sprickzon delar förvarsområdet i två delar gör att detta ej uppfyller de av KBS tidigare framhållna geologiska förutsättningarna för ett helt säkert förvar. De ytterligare sprickzoner som finns inom förvarsområdet visar entydigt att Sternöområdet ej uppfyller ställda geologiska krav. Det kan därför icke heller användas som ett referensområde för att ett sådant förvar går att utföra.

Genom förekomsten av sprickzoner inom och omkring Sternö bedöms grundvattnets strömningsvägar i det mellanliggande tätare berget bli korta. För att grundvattnets transporttid då skall bli minst 400 år krävs att det runt förvaret finns homogent berg med en permeabilitet av ca 10^{-12} m/s och i en utsträckning av något eller några tiotal meter omkring deponeringshålen och tunnlarna. För att grundvattenflödet omkring deponeringshålen skall bli högst $0,2 \text{ l/m}^2$ och år krävs en permeabilitet av ca 10^{-10} m/s. Det av KBS framlagda undersökningsmaterialet gör det ej möjligt att med säkerhet fastställa att man på Sternö funnit berg som uppfyller

ovanstående krav. Osäkerheten kan till stor del förklaras genom avsaknaden av vetenskapliga be- lägg för att använda mätmetoder ger en repre- sentativ bild av en större bergmassas permeabi- litetsförhållanden.

Utförda vattenkemiska undersökningar kan ej be- dömas vara tillräckliga för att verifiera att de kemiska egenskaper hos grundvattnet, som är av betydelse för säkerheten, ligger inom det variationsområde som redovisats i KBS tidigare rapporter.

Konsultgruppen anser därför att Sternöområdet

- icke kan användas för det av KBS före- slagna förvaret,
- icke kan användas som ett referensområde för ett slutförvar.

Konsultgruppen vill ändå uttala den bestämda åsikten att Sternöundersökningarna icke visat att det i kristallinsk berggrund i Sverige skulle vara omöjligt att utföra förvar för förglasat avfall från upparbetning.

Särskilt yttrande har avgivits av professor Sven Hjelmqvist.

5. SÄRSKILT YTTRANDE AV SVEN HJELMQVIST

Undertecknad, som inte haft tillfälle att deltaga i utformningen av de "Utgångspunkter för granskningen" som anges i konsultgruppens utlåtande, anser, att dessa punkter utgör viktiga faktorer, som bör beaktas vid val av slutligt förvar.

Den fråga, vilken jag som berggrundsgeolog haft att taga ställning till, är om berget på Sternö är av tillräckligt god beskaffenhet för att motsvara de egenskaper, som KBS säkerhetsanalys föreskriver samt om den tillgängliga bergmassan är tillräckligt stor.

På Sternö har utförts inalles 5 borrhål i avsikt att avgränsa ett för förvar lämpligt område. Mot valet av borrhåll kan anföras, att det inte föregåtts av en geologisk kartering och geofysiska mätningar. Vid val av slutligt förvar måste förundersökningarna göras betydligt mera omfattande. Att det brister i detta avseende förklaras av tidsnöd.

Berggrunden på Sternö består av s k kustgnejs, gnejsgranit och Karlshamnsgranit. Gränsen mellan de olika bergarterna är inte skarp, utan kustgnejsen övergår via gnejsgranit successivt i Karlshamnsgranit. Detta kan studeras i borrhål Ka 1 och även i dagen. Med hänsyn till sprickfrekvens föreligger ingen väsentlig skillnad mellan de olika bergartstyperna, som fungerar som en enhetlig bergmassa. I bh Ka 1, vars undre del från 584 till 802 m går genom Karlshamnsgranit, visar denna enom möjligt bättre kärna än borrhålet i övrigt. Inte heller de smärre pegmatitgångar, som träffas i gnejsen, skiljer sig med hänsyn till sprickfrekvensen från gnejsen.

Med undantag av bh Ka 4, som avsiktligt riktats mot Munkahusvikens förmodade svaghetszon i NV, är bergarten i övriga 4 borrhål av övervägande mycket god beskaffenhet med långa, hela kärnor och ringa sprickfrekvens.

Den bild av berggrunden man får av borrhållarna, visar stora, hela block med på större djup glesa sprickzoner. Detta motsvarar erfarenheten från djupagruvor, där ofta hundratals m helt torra orter dominerar, skilda åt av vattenförande sprickor.

KBS har räknat med en permeabilitet av 10^{-9} m/s men samtidigt - enligt utförda mätningar - uppgett permeabiliteten 10^{-11} ä 10^{-12} som mera sannolik. De senare siffrorna har erhållits vid enkelmanschettmätning, vilken anses ge de mest tillförlitliga värdena (TR 79-06).

"De undersökta avsnitten av borrhållen avtätas effektivare vid enkelmanschettmätningar jämfört med vid dubbelmanschettmätningar."

.....

"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 tillförlitliga värdena på permeabiliteten".

Den låga permeabiliteten bekräftas även av mätningar vid Stripa gruva.

För transporttiden till biosfären anger KBS minimum 400 år. Varför denna siffra valts är något oklart. I själva verket kan enligt KBS transporttiden vara många gånger längre.

Med permeabiliteten 10^{-11} ä 10^{-12} blir grundvattnets förflyttning under 400 år endast ett fåtal m.

6. REFERENSLISTA

Vid hänvisning till olika publikationer har följande referenser använts.

	<u>Referens</u>
KÄRNBRÄNSLESÄKERHET, Kärnbränslecykelns slutsteg, Förglasat avfall från upparbetning, Solna 1977	
I Allmän del	KBS I
II Geologi	KBS II
III Anläggningen	KBS III
IV Säkerhetsanalys	KBS IV
V Utländsk verksamhet	KBS V
VI Kompletterande geologiska undersökningar	KBS VI
KÄRNBRÄNSLESÄKERHET, Kärnbränslecykelns slutsteg, Slutförvaring av använt kärnbränsle, Solna 1978	
I Allmän del	KBS I grön
II Teknisk del	KBS II grön
SCANDPOWER A/S, Granskning av KBS-utredningen om Kärnbränslecykelns slutsteg, Förglasat avfall från upparbetning, 1978	
Huvudrapport	ScP-I
Bilagsrapport	ScP-II
KÄRNBRÄNSLESÄKERHET, KBS Teknisk Rapport 1, osv	TR-01 osv
Swedish-American Cooperative Program on Radioactive Waste Storage in Mined Caverns in Crystalline Rock, Technical Project Report, No 1. osv	SAC-01 osv
Olkiewicz, A., Scherman, S., Kronfält, K-A, 1979. Kompletterande berggrundsundersökningar inom Finnsjö- och Karlshamnssområdena.	SGU- 1979-02-02
Ahlbom K & al, 1979. Utvärdering av de hydrogeologiska och berggrundsgeologiska förhållandena på Sternö. Uppsala februari 1979.	SGU- februari 1979

BILAGA A

SVAR FRÅN KÄRNKRAFTSINSPEKTIONENS RÅDGIVANDE
KONSULTGRUPP FÖR GEOLOGIFRÅGOR (GEOLOGGRUPPEN)
ANGÅENDE BREV FRÅN SKI AV DEN 1978-12-22.

SKI tillställde 1978-12-22 den geologiska specialistgruppen vissa frågor. Nedan bifogas SKI:s frågeformulär, där de olika punkterna har numrerats, samt geologgruppens svar, som följer denna numrering.

1. Med bergformation avser gruppen den bergmassa mellan större sprick- och krosszoner, som kan användas för ett förvar. I princip skall bergmassan vara litologisk enhetlig.

Gruppen anser att bergmassan måste vara tillräckligt stor, vilket innebär att bergmassan inte bara innesluter deponeringsarean utan också en tillräckligt bred skyddszon.

- 2.1. Låg seismisk aktivitet

Gruppen anser att förvaret skall placeras i ett område med låg seismisk aktivitet.

De nya data och nya kunskaper, som kommit fram om den seismiska aktiviteten i Skandinavien, bör analyseras och värderas ihop med KBS' tekniska rapporter om seismisk aktivitet.

2.2. Låg frekvens av sprickor och krosszoner

Sprickor och krosszoner är diskontinuitet i bergmassan med varierande ålder, utbredning, mäktighet och olika mineralogiska, bergmekaniska, strukturella och hydrologiska egenskaper. Sprickor kan vara öppna eller slutna. Krosszoner är ofta mer eller mindre fyllda med bergartsfragment och vitteringsprodukter av dessa. Alla dessa olika diskontinuiteter kan vara vattengenomsläppliga men behöver inte alltid vara det, t ex kan lerfyllda sprickor vara nästan fullständigt täta.

Gruppen anser att en tillförlitlig kartering, analys och karakterisering av sprick- och krosszoner måste utföras både i regional- och detaljskala på sådant sätt att en tredimensionell modell av bergmassan kan redovisas.

2.3. Tillräckligt djup för att ej beröras av erosionsfenomen

Gruppen anser att ett förvar på 500 m djup ej kommer att beröras av normala förvitrings- och erosionsfenomen eller liknande fenomen vid en ny nedisning.

Möjligheten för en ny nedisning av Fennoskandia måste beaktas. Enligt KBS TR 18 och TR 89 innebär en nedisning ökade bergspänningar och ökade risker för nya sprickbildningar.

2.4. Grundvattnets sammansättning

Gruppen anser att den kemiska sammansättningen av bergvattnet skall klarläggas för hela förvarets

bergmassa. Detta betyder att vattenprovtagning skall ske i ett antal borrhål, som systematiskt borrhåts genom förvarets bergmassa. Provtagningsmetodiken skall utvecklas så, att risken för kontamination av olika vatten blir så liten som möjligt och att eventuell kontamination går att bestämma.

Vatten med höga kloridhalter förekommer i berg på 100 till 200 m djup. Se karta SGU. Den långa tiden för förvarets byggande och fyllning innebär också en lång tid av grundvattenpumpning från förvaret, och därmed också en regional tillströmning av bergvatten, ev kloridhaltigt.

Om krav finns på att vattnets pH-värde skall vara 7-9 och halten av fritt syre låg, skall detta visas för hela förvarets bergmassa och influensområde.

2.5. Temperaturstegring max 40°C

Gruppen anser att om förvaret skall utformas i mer än en våning, skall beräkningar utföras för att visa temperaturfördelningen och värmeflödet i hela förvarets bergmassa, samt temperaturhöjningens påverkan på bergspänningarna, berghållfastigheten och vattenrörelserna i bergmassan.

Såvitt känt arbetar man världen över endast med förvar i en våning, när det gäller kristallina bergarter.

2.6. Tätt berg

Gruppen anser det osäkert om det går att finna en bergmassa med den storlek som förvaret förutsätter som är så sprickfri, att en permeabilitet av $k = 10^{-9}$ m/s eller mindre går att uppnå i alla delar av bergmassan.

Gruppen anser att en viss bergvolym runt varje kapsel bör ha sådana värden på porositet och permeabilitet att säkerhetsanalysens krav på vattenflöde och transporttid uppfylles.

2.7. Låg hydrostatisk gradient

Gruppen anser att grundvattenståndsobservationer med tillräcklig omfattning och noggrannhet skall utföras i terrängen ovanför och kring förvaret. Den naturliga gradienten bör vara låg och får ej överstiga de värden som den matematiska beräkningen av bergvattnets rörelse förutsätter.

2.8. Transporttid

KBS har i sin säkerhetsanalys angett 400 år som ett pessimistiskt värde för vattenströmmen från kapselförvaret till bergytan.

Gruppen anser att KBS skall visa att sådana värden för permeabilitet, porositet och grundvattengradient finns inom tillräckligt stor bergmassa att transporttiden 400 år uppfylles.

Gruppen anser att tillförlitligheten i C-14-dateringen för åldersbestämningar av grundvatten ännu icke vetenskapligt visats. Flera olika faktorer påverkar resultatet, t ex provtagnings-

metoden, sprickmineraliseringen, karbonatjonbyte, dispersion och utspädningseffekter. Dessa faktorer är icke tillfredställande klarlagda i KBS-rapporterna.

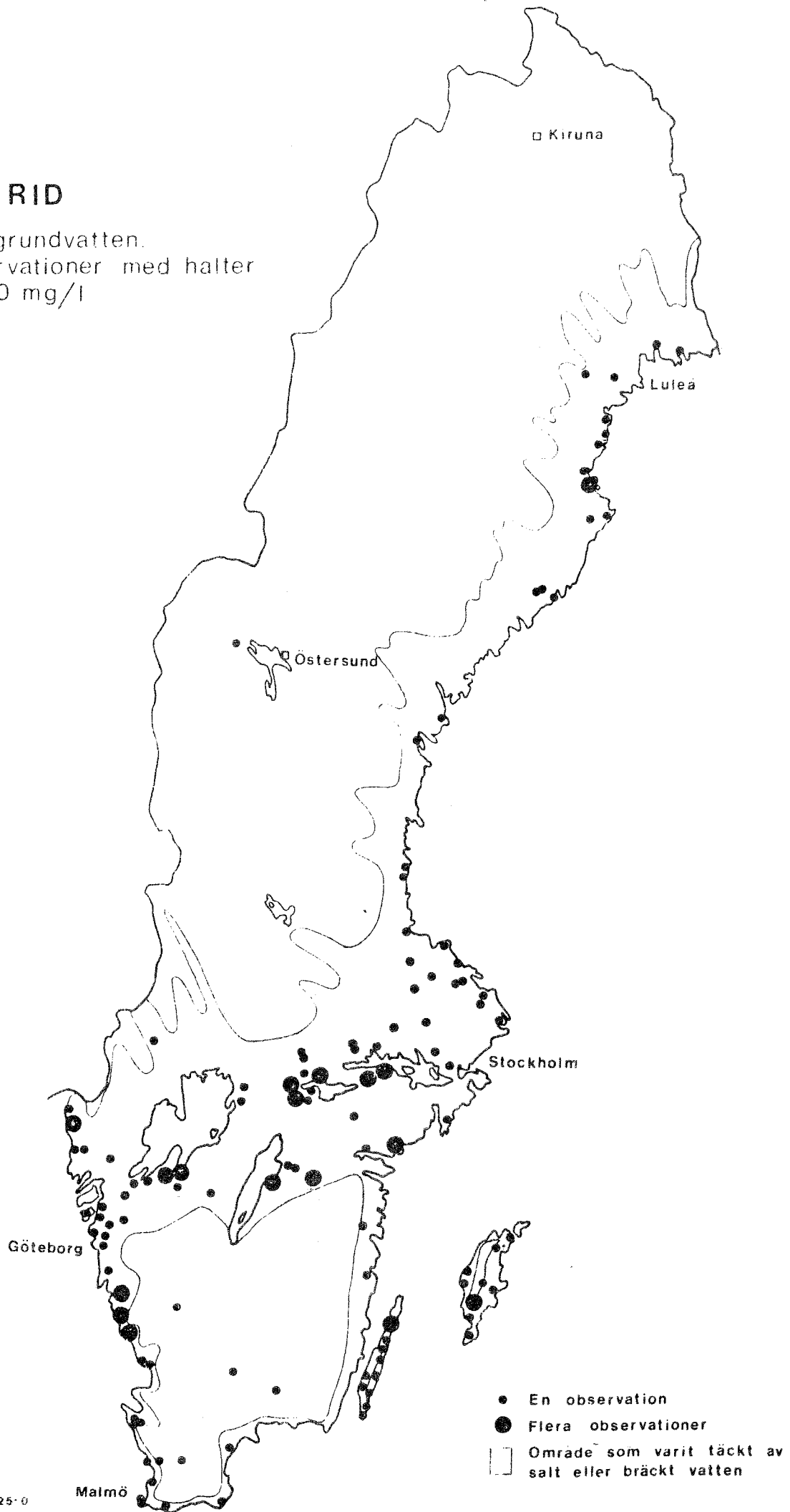
Gruppen anser att datering med C-14-metoden kommer att kräva ytterligare flera års forskning innan metoden är tillförlitlig.

2.9. Ej förekomst av mineralfyndigheter av värde

Gruppen anser att bergförvaret icke skall anläggas i sådana bergarter där möjligheter finns för framtida mineralutvinning. Detta innebär att varje område, som blir föreslaget, också skall noggrant undersökas beträffande mineralfyndigheter. I berggrunden kan också förekomma förhöjda temperaturgradienter, som möjligen kan bli av värde för geotermisk energiutvinning.

KLORID

Berggrundvatten.
observationer med halter
> 300 mg/l



Huvudvillkor

1. Bergformationen måste vara tillräckligt stor. (För hur många reaktorer? Enligt KBS I för 13 reaktorer och 30 års drift). Lager i flera våningar eller varierande geometrisk utsträckning är tillåtet.
2. Bergformationen skall ha de egenskaper som KBS säkerhetsanalys i övrigt förutsätter.

Egenskaper som anges i KBS säkerhetsanalys av vikt för bedömning av bergformationen som barriär

- | | | |
|------|---|---|
| 2.1. | - Låg seismisk aktivitet | - Kräver ingen ny genomgång |
| 2.2. | - Låg frekvens av sprickor och krosszoner | - Bedömning |
| 2.3. | - Tillräckligt djup för att ej beröras av erosionsfenomen | - 500 m djup har inte ifrågasatts.
Ingen ny bedömning |
| 2.4. | - Grundvattensammansättning | - KBS I anger pH 8-9
KBS TR-88 anger låg syrehalt |
| 2.5. | - Temperaturstegring max 40° C | - Flera nivåer kan innebära krav på ny beräkning |
| 2.6. | - Tätt berg | - KBS I antar permeabiliteten $k=10^{-9}$ |
| 2.7. | - Låg hydrostatisk gradient | - (se flöde, transport) |
| 2.8. | - Transporttid | - KBS I anger 400 år
(Obs. hänsyn skall tas till dispersion) |
| 2.9. | - Ej förekomst av mineralfyndigheter av värde | - (Se SKI yttrande) |

B. REFERENSSYSTEM

B.1 Förutsättningar

Ett acceptabelt slutförvar för högaktivt avfall bör vara en anläggning som är lokaliserad, utformad, konstruerad, utförd, utprovad och avslutad på ett sådant sätt att en rimlig säkerhet nås för att radioaktiv strålning icke når biosfären i oacceptabla doser.

I det följande förutsättes att slutlagringen avser upparbetat, högaktivt avfall och värderingarna gäller de geobetingade kriterier som antas vara av betydelse för lagrets integritet och radionuklidernas rörelsemöjlighet i bergmassan.

Konsultgruppen förutsätter vidare att, om den geologiska barriären skall utgöra ett självständigt system mellan avfallet och biosfären, skall de geobetingade kriterierna uppfyllas.

B.2 Den geologiska barriären och utvärderingsproceduren

Deponering i kristallisk berggrund görs primärt för att etablera en spridningsbarriär med två huvuduppgifter,

- skydda avfallet mot spridning av radioaktivitet vid fenomen av primärt mekanisk karaktär och
- skydda avfallet mot spridning av radioaktivitet vid fenomen av primärt fysikalisk och kemisk karaktär.

För att finna bästa möjliga områden där den geologiska barriären kommer att vara effektiv krävs en stegvis utvärderingsprocedur, t ex enligt följande:

- a) Generella geologiska lokaliseringskriterier fastläggs,
- b) Generella och detaljerade specifikationer fastläggs för de krav som bör tillfredsställas för att kriterierna skall anses uppfyllda,
- c) Regionala studier utföres omfattande alla kända data och framtagning av nya data där så är nödvändigt,
- d) De generella specifikationerna jämföres med resultaten från de regionala studierna för att identifiera ett eller flera undersökningsområden,
- e) Detaljerat undersökningsprogram genomföres i undersökningsområdena, bl a fältkartering och geofysiska undersökningar,
- f) Resultaten av undersökningsprogrammen jämföres med de krav som uppställts för identifikation av möjliga förvaringsområden,
- g) Detaljerade, systematiska djupundersökningar genomföres i tänkbara förvaringsområden,
- h) Resultaten av djupundersökningarna jämföres med de tidigare specificerade kraven och om kraven uppfylls anses området som acceptabelt.

B.3 Generella geobetingade kriterier

Generella geobetingade kriterier kan vara

- a) Förvarets bergmassa må ha tillräcklig tjocklek och lateral utbredning för att
 - rymma önskad avfallsmängd
 - möjliggöra praktisk anläggning och drift av förvaret,
 - ge plats för buffertzonen med orört berg på alla sidor av förvaret
 - motstå brott i berget som följd av själva förvaringsanläggningen, av radioaktiv värmeproduktion eller av andra belastningar, t ex nedisning
 - utgöra erforderlig spärr för grundvattenrörelser genom förvaret.

- b) Förvaret bör vara lokaliserat på tillräckligt djup för att isolera avfallet från verkningar av
- erosion
 - meteoritnedslag
 - klimatförändringar
 - ytligt grundvatten
 - kärnvapen
- c) Bergmassan bör bestå av en litologiskt enhetlig bergart med lämplig mineralogisk sammansättning och textur och med låg permeabilitet.
- d) Förvarets bergmassa skall rymmas inom ett enhetligt bergartsblock mellan större sprickzoner eller andra svaghetsplan.
- e) Förvarets bergmassa skall ligga i ett område med låg seismisk aktivitet, små grundvattengradienter och med stort avstånd till ytvattenförekomster, utnyttjningsbara grundvattenförekomster och mineralfyndigheter eller andra resurser.

- C. SYNPUNKTER PÅ UNDERSÖKNINGSPROGRAM, PROVTAGNING
 OCH ANALYSMETODIK

- C.1 Normalt geologiskt undersökningsprogram i samband
 med stora bergrum och malmindikationer

- C.2 Jämförelse med KBS-projektet

- C.4 Generella krav på undersökningsprogram, provtag-
 ning och analysmetoder

- C.5 SAMMANFATTNING

C.1 Normalt geologiskt undersökningsprogram i samband med stora bergrum och malmindikationer

Lagring av råolja och oljeprodukter i öppna oin-
klädda bergrum sker i Sverige sedan 1940-talet,
med en väl utvecklad och beprövad teknik. Princi-
pen bygger på att olja är lättare än vatten och
icke heller blandar sig med vatten. I bergrummet
flyter oljan på en vattenbädd och i de sprickor
som finns i väggar och tak rinner vatten in i
rummet och oljan kan icke gå ut i berget. Bädd-
vattennivån hålls i regel konstant och överskotts-
vatten pumpas ut kontinuerligt. Mängden av detta
skall hållas så liten som möjligt och de geolo-
giska undersökningarna går därför alltid ut på
att finna ett så helt och tätt berg som möjligt.

Fältundersökningarna är i regel mycket ingående
och innefattar också alltid geofysiska mätningar.
När full klarhet råder om var de bästa geologiska
förutsättningarna finns, igångsättes borrhningarna.
Bergrummen är ofta 30 - 35 m höga och har en spänn-
vidd av 16 - 20 m. Bergtäckningen är 50 till 100 m
vilket betyder att borrhålen som borraras ned dju-
pare än rummens bottennivå blir mellan 100 och
150 m djupa.

Följande siffror belyser det antal undersöknings-
hål som använts vid undersökningen av några olika
anläggningar för lagring i bergrum av råolja, olje-
produkter och LPG (Liquid Petroleum Gas).

Tabellen visar ägare, plats, årtal när borrhni-
garna utfördes, antal borrhål samt arealen av det
undersökta området.

ÖEF	Lysekil	1975	13 hål	245 000 m ²
Statsraff	"	1975	9 hål	135 000 m ²
"	"	1975	9 hål	62 000 m ²
Sv Esso	Stenungsund	1972	20 hål	53 000 m ²
Statoil (Norge)	Sotra	1977	12 hål	120 000 m ²
"	"	1977	10 hål	60 000 m ²

Totalt 73 hål 675 000 m²

Detta visar att, vid projektering av oljelagringsanläggningar i berg är det normalt med mer än 100 hål per 1 000 000 m² (Esso-Statoil motsvarar 122 borrhål per 1 000 000 m²).

C.2 Jämförelse med KBS-projektet

Alla dessa oljelagringsanläggningar ligger nära kusten med en väl blottad berggrund, som är lätt att geologiskt kartera och utvärdera från markytan. Interpolationen av markiakttagelserna ned till bergrumsnivåerna är måttlig, och antalet borrhål som utföres för att verifiera bergets permeabilitet och andra egenskaper kan därför också hållas på en måttlig nivå. Utvärderingen av t ex permeabiliteten sker numera med pumptestmetoden, som är pålitligare och vida överlägsen den äldre av KBS använda vatteninpressningsmetoden. Vid pumptestmetoden pumpas vatten ur ett hål och avläsningar görs i alla andra hål, och vattenströmningen i hela bergvolymen blir beräkningsbar. Vid vatteninpressningsmetoden pressas vatten in mellan manschetter i ett borrhål, och ett ofta tvivelaktigt resultat erhålles för permeabiliteten i just det avsnittet och inget annat.

C.3 Borrningsundersökningar för malmfyndigheter

I Sverige bedrivs sedan århundraden en omfattande malmletningsverksamhet. Sedan tiden efter första världskriget används bl a magnetiska och geofysikaliska metoder för att hitta malmerna samt för att påvisa deras sannolika storlek, värde och belägenhet i den omgivande bergmassan. När någorlunda pålitliga malmindikationer påträffats, utföres detaljerade geologiska fältkarteringar och fysikaliska mätningar. Därefter beslutas om ett borrhprogram, som i första steg skall påvisa att indikationen verkligen är förorsakad av malm. Om malm påträffas i tillräckligt många borrhål för att det skall vara sannolikt att malmen också kan vara brytvärd beslutas om en systematisk uppborrning för att verifiera detta. Många malmer, i synnerhet sulfidmalmer (oftast bly-zink-kopparmalmer) är ganska lika sprickzoner i berggrunden på så sätt att de ibland är tunna och smala och obetydliga och ibland sväller upp och blir kraftiga och brytvärda, se Figur C 4 profil över Stekenjokkmalmen. De fordrar därför många borrhål innan man vet om det är sannolikt att de är brytvärda, och innan man vill göra en investering i en schaktsänkning och komma ned och in i malmen för att göra den slutgiltiga uppborrningen och bedömningen.

Trots detta tids- och kostnadskrävande arbete (5 till 10 år mellan den första indikationen och schaktsänkningen) händer det i mer än hälften av fallen att den slutgiltiga undersökningen ger ett negativt resultat.

Här följer några exempel på borrhningar efter malm.

Vid uppborrningen av Stekenjokk-malmen från markytan borrades 232 hål med en total längd av 46 000 m, den uppborrade arean ca 800 000 m².

Vassbo-malmen i Idre krävde ca 500 hål - alla mer än 100 m djupa, totalt > 50 000 m. Lapp-malmen i Kiruna borrades upp med ca 30 borrhål, alla mellan 700 och 1.200 m djupa. Malmarean skattas till mellan 100 000 och 150 000 m². Leväniemi-malmen i Kiruna borrades upp med 35-40 hål, alla 700-800 m djupa. Malmarean ca 300 000 m². Detta visar att man vid malmundersökningar ofta behöver > 200 hål för undersökning av 1 milj m².

C.4 Generella krav på undersökningsprogram, provtagning och analysmetoder

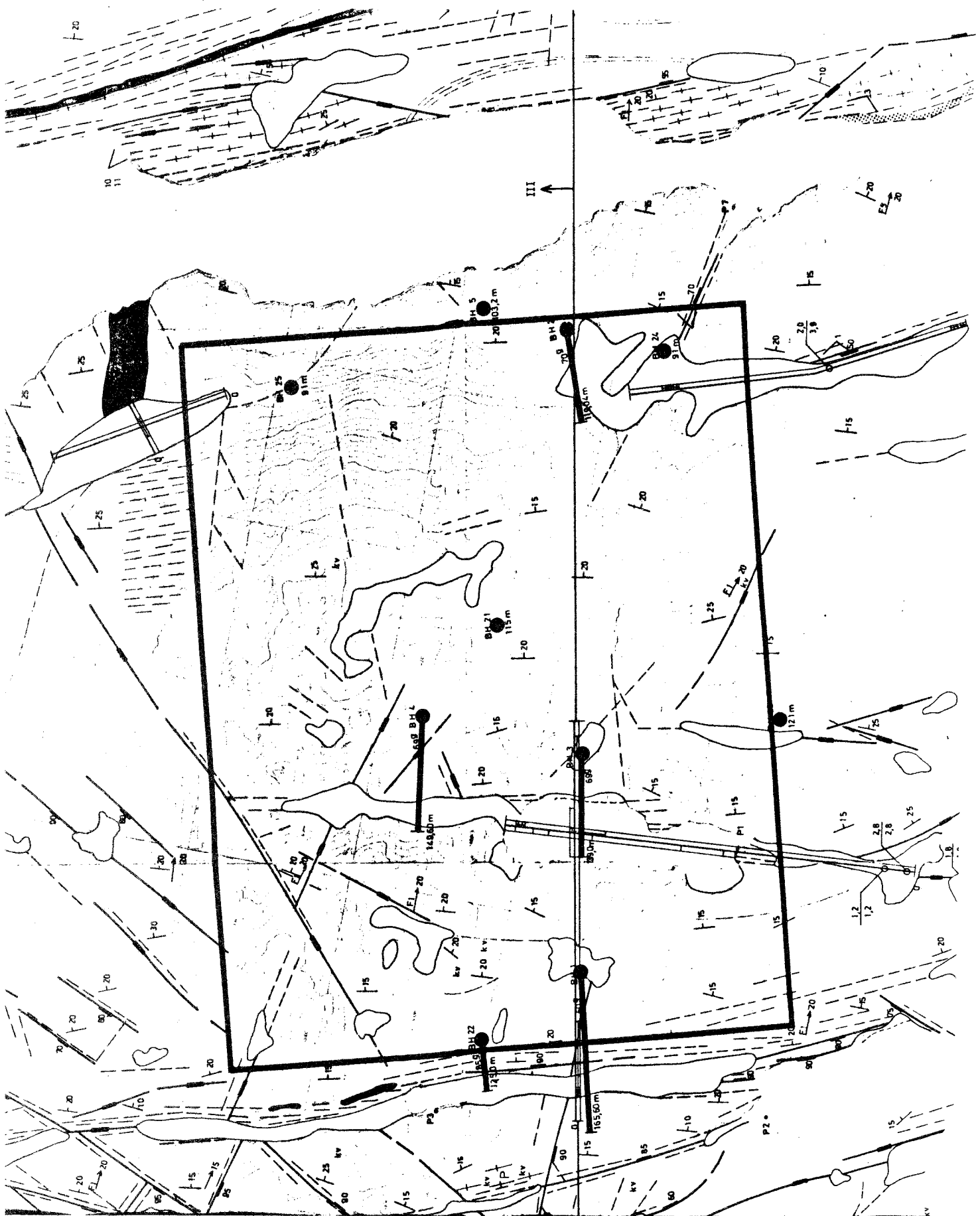
Konsultgruppen vill påpeka att det bör läggas ned betydande arbete på provtagningen och analysmetoderna i undersökningsprogrammet. Generellt gäller att

- de metoder, den utrustning och de procedurer som används bör vara adekvata för ändamålet,
- metoderna, utrustningen och procedurerna bör kunna ge reproducerbara resultat,
- metoderna, utrustningen och procedurerna bör kunna ge tillräckligt nöjaktiga resultat,
- provtagning bör dessutom företagas på ett sådant sätt att man får ett representativt urval med hänsyn till både kvantitativa och kvalitativa krav,

- man bör kunna ta okontaminerade prover (eller prover med möjlighet till att få kontamineringsgrad eller följder av kontaminering värderad.

C.5 SAMMANFATTNING

Gruppen anser att dessa exempel från malm- och bergrumsundersökningar visar att en väl utnyttjad geologisk och geofysikalisk undersökningsmetodik, avslutad med en systematisk uppborrning med ett tillräckligt antal hål, noggrann provtagning, analys och omfattande och grundlig sammanställning av data, är en framkomlig väg för KBS för att visa att ett helt säkert förvar med en areal av 1 milj m² skulle gå att utföra i Sverige.



SOTRA
 DEL AV GEOLOGISK DETALJKARTA.
 OMRÅDE FÖR RÅOLJEBERGRUM.
 AREA 70 000m²

Fig C 1

**NAFTA OCH LPG
LAGRINGSRUM I
STENUNGSUND**

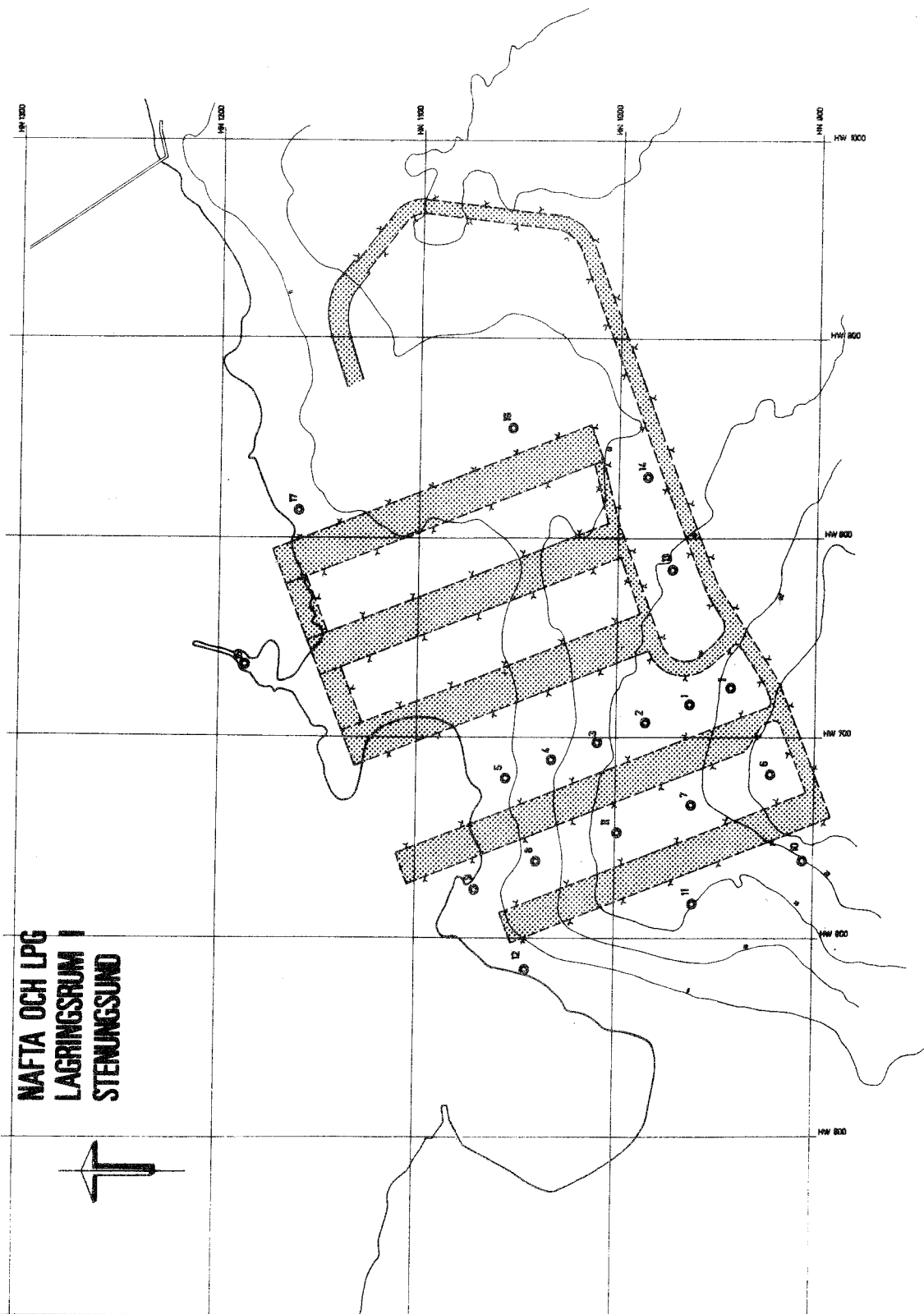


Fig C 2



PROJEKTION: UTM, NAD 83

BETECKNINGAR

- Parapetmängling i malsten vid
däppt 41 vidgaras lutning a 45°
- Begravningslinje för malstroppen enl.
SOU's malmberäkning
- Malstens utgående
- Överbyggnadslinje för avfallsdamm
(huvudalternativet)
- Utgående stationering för väg
- Stationering - Kämpfält

R 13 3003		INDIKERING MÅTTAVNING	
NO	UTVÄRDE	NO	UTVÄRDE
1	1.4.1997	1	1.4.1997
2	1.4.1997	2	1.4.1997
3	1.4.1997	3	1.4.1997
4	1.4.1997	4	1.4.1997
5	1.4.1997	5	1.4.1997
6	1.4.1997	6	1.4.1997
7	1.4.1997	7	1.4.1997
8	1.4.1997	8	1.4.1997
9	1.4.1997	9	1.4.1997
10	1.4.1997	10	1.4.1997
11	1.4.1997	11	1.4.1997
12	1.4.1997	12	1.4.1997
13	1.4.1997	13	1.4.1997
14	1.4.1997	14	1.4.1997
15	1.4.1997	15	1.4.1997
16	1.4.1997	16	1.4.1997
17	1.4.1997	17	1.4.1997
18	1.4.1997	18	1.4.1997
19	1.4.1997	19	1.4.1997
20	1.4.1997	20	1.4.1997
21	1.4.1997	21	1.4.1997
22	1.4.1997	22	1.4.1997
23	1.4.1997	23	1.4.1997
24	1.4.1997	24	1.4.1997
25	1.4.1997	25	1.4.1997
26	1.4.1997	26	1.4.1997
27	1.4.1997	27	1.4.1997
28	1.4.1997	28	1.4.1997
29	1.4.1997	29	1.4.1997
30	1.4.1997	30	1.4.1997
31	1.4.1997	31	1.4.1997
32	1.4.1997	32	1.4.1997
33	1.4.1997	33	1.4.1997
34	1.4.1997	34	1.4.1997
35	1.4.1997	35	1.4.1997
36	1.4.1997	36	1.4.1997
37	1.4.1997	37	1.4.1997
38	1.4.1997	38	1.4.1997
39	1.4.1997	39	1.4.1997
40	1.4.1997	40	1.4.1997
41	1.4.1997	41	1.4.1997
42	1.4.1997	42	1.4.1997
43	1.4.1997	43	1.4.1997
44	1.4.1997	44	1.4.1997
45	1.4.1997	45	1.4.1997
46	1.4.1997	46	1.4.1997
47	1.4.1997	47	1.4.1997
48	1.4.1997	48	1.4.1997
49	1.4.1997	49	1.4.1997
50	1.4.1997	50	1.4.1997
51	1.4.1997	51	1.4.1997
52	1.4.1997	52	1.4.1997
53	1.4.1997	53	1.4.1997
54	1.4.1997	54	1.4.1997
55	1.4.1997	55	1.4.1997
56	1.4.1997	56	1.4.1997
57	1.4.1997	57	1.4.1997
58	1.4.1997	58	1.4.1997
59	1.4.1997	59	1.4.1997
60	1.4.1997	60	1.4.1997
61	1.4.1997	61	1.4.1997
62	1.4.1997	62	1.4.1997
63	1.4.1997	63	1.4.1997
64	1.4.1997	64	1.4.1997
65	1.4.1997	65	1.4.1997
66	1.4.1997	66	1.4.1997
67	1.4.1997	67	1.4.1997
68	1.4.1997	68	1.4.1997
69	1.4.1997	69	1.4.1997
70	1.4.1997	70	1.4.1997
71	1.4.1997	71	1.4.1997
72	1.4.1997	72	1.4.1997
73	1.4.1997	73	1.4.1997
74	1.4.1997	74	1.4.1997
75	1.4.1997	75	1.4.1997
76	1.4.1997	76	1.4.1997
77	1.4.1997	77	1.4.1997
78	1.4.1997	78	1.4.1997
79	1.4.1997	79	1.4.1997
80	1.4.1997	80	1.4.1997
81	1.4.1997	81	1.4.1997
82	1.4.1997	82	1.4.1997
83	1.4.1997	83	1.4.1997
84	1.4.1997	84	1.4.1997
85	1.4.1997	85	1.4.1997
86	1.4.1997	86	1.4.1997
87	1.4.1997	87	1.4.1997
88	1.4.1997	88	1.4.1997
89	1.4.1997	89	1.4.1997
90	1.4.1997	90	1.4.1997
91	1.4.1997	91	1.4.1997
92	1.4.1997	92	1.4.1997
93	1.4.1997	93	1.4.1997
94	1.4.1997	94	1.4.1997
95	1.4.1997	95	1.4.1997
96	1.4.1997	96	1.4.1997
97	1.4.1997	97	1.4.1997
98	1.4.1997	98	1.4.1997
99	1.4.1997	99	1.4.1997
100	1.4.1997	100	1.4.1997

BOREAL

STEKENDOKK-PROJEKTET
MILJÖARTIKEL NR 19

ÖRN & CO
24

UPPLÄSNING: 1:4000
SKALA: 1:4000
DAG: 15.2.98
UPPLÄSNING: 55.225
ÖRN & CO
24

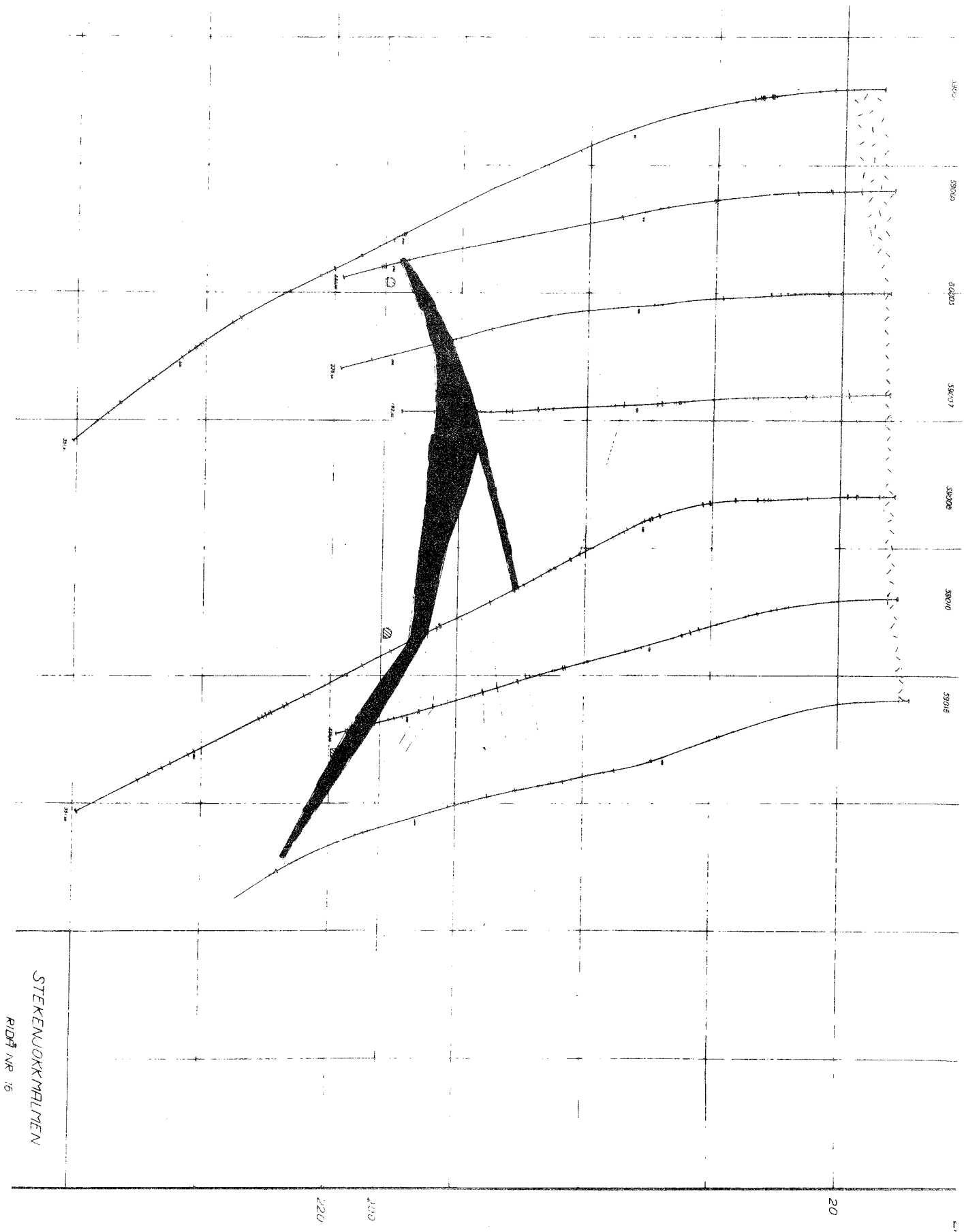


Fig C 4

**KOMMENTARER TILL
UTLÅTANDE AV SKI S
KONSULTGRUPP FÖR
GEOLOGIFRÅGOR**

**KÄRN-
BRÄNSLE-
SÄKERHET**

STOCKHOLM DEN 19 MARS 1979
PROJEKT KÄRNBRÄNSLESÄKERHET

Statens Kärnkraftinspektion
Box 27106

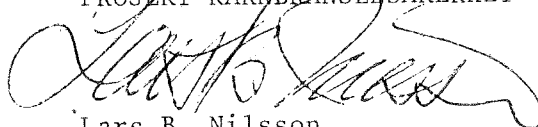
102 52 STOCKHOLM

Datum	Er referens	Vår referens	Reg. nr
1979-03-19		LBN/LKB	60.10

Härmed översändes KBS kommentarer till det granskningsutlåtande som den 12 mars 1979 avgivits av den grupp rådgivande geologer som Kärnkraftinspektionen anlitat i samband med behandlingen av laddningsansökningarna för Ringhals 3 och Forsmark 1.

Med vänlig hälsning

SVENSK KÄRNBRÄNSLEFÖRSÖRJNING AB/
PROJEKT KÄRNBRÄNSLESÄKERHET



Lars B. Nilsson

Bil. 12 ex som ovan

KOMMENTARER TILL UTLÅTANDE AV SKI:s KONSULTGRUPP FÖR GEOLOGIFRÅGOR

Innehållsförteckning

SAMMANFATTNING

- 1 INLEDNING
- 2 ALLMÄNT
 - 2.1 Principiell uppbyggnad av KBS säkerhetsanalys
 - 2.2 Spridning av radioaktiva ämnen i berggrunden
 - 2.3 Kriterier
- 3 PERMEABILITETSBESTÄMNINGAR OCH GRUNDVATTENFÖRHÅLLANDEN
 - 3.1 Mätmetodik
 - 3.2 Borrhålmätningarnas representativitet
 - 3.3 Grundvattenrörelser
 - 3.4 Grundvattenmängder
- 4 BERGGRUNDSFÖRHÅLLANDEN
 - 4.1 Bergartsövergångar
 - 4.2 Förekomst av sprickzoner
 - 4.3 Bergspänningar
- 5 GRUNDVATTNETS SAMMANSÄTTNING
- 6 UNDERSÖKNINGARNAS OMFATTNING

Bilagor

- 1 SGUs brev 79-03-18 med bilagda tekniska kommentarer
- 2 Roy Stanfors: Synpunkter på "Granskningsutlåtande avseende KBS-utredningen, SKI 1979-03-12"

REFERENSBETECKNINGAR

- KBS gul - "Kärnbränslecykelns slutsteg
Förglasat avfall från upparbetning"
- KBS grön - "Kärnbränslecykelns slutsteg
Slutförvaring av använt kärnbränsle"
- KBS TR - Den serie av tekniska rapporter, som
utgetts av KBS
- KG - Konsultgruppen för geologifrågor

SAMMANFATTNING

Statens Kärnkraftinspektion har tillkallat en grupp rådgivande konsulter bestående av åtta personer för att ur geologisk synpunkt granska underlaget för Vattenfalls och Forsmarks Kraftgrupp ABs laddningsansökningar för Ringhals 3 och Forsmark 1. Konsultgruppen avgav sitt utlåtande 79-03-12.

Konsultgruppens majoritet sammanfattar granskningsresultat på följande sätt:

"Konsultgruppen anser därför att sternöområdet
 - icke kan användas för det av KBS föreslagna förvaret,
 - icke kan användas som ett referensområde för ett slutförvar"

En berggrundsgeolog i konsultgruppen har inte anslutit sig till denna uppfattning utan avgivit särskilt yttrande som avslutas på följande sätt:

"Min slutsats är, att bergarten som sådan är väl användbar för deponering av kärnkraftavfall, men att det är osäkert, om utrymmet är tillräckligt för 9.000 avfallskapslar i ett plan"

Enligt regeringens uppdrag till Statens Kärnkraftinspektion bör bedömningen av de kompletterande geologiska undersökningarna avse frågan om det finns en tillräckligt stor bergformation på aktuellt djup med de egenskaper som KBS säkerhetsanalys i övrigt förutsätter.

Vid bedömningen av bergformationens egenskaper måste man således enligt regeringens uppfattning utgå från KBS säkerhetsanalys. Det av KBS föreslagna förvaringssystemet med flera barriärer till skydd mot spridning av radioaktiva ämnen bedöms fylla villkorslagets krav på en helt säker slutförvaring. Säkerhetsanalysen inrymmer mycket konservativa förutsättningar i flera led. Varje barriär för sig kan inte visas uppfylla villkorslagets krav på säkerhet. Detta är heller inte nödvändigt. Det är viktigt att hålla denna totalsyn i minnet vid diskussionen av de krav som uppställs på en enskild barriär.

Konsultgruppens bedömningar avser endast en barriär. Konsultgruppens majoritet utgår i sina bedömningar från egna allmänt formulerade kriterier och beaktar ej totalsynen i KBS säkerhetsanalys. Den mycket kategoriskt formulerade slutsatsen baseras således på felaktiga premisser och faller även utanför gruppens kompetensområde.

De bedömningar som görs av konsultgruppens majoritet går genomgående ut på att ge en allmän bild av att KBS redovisning är felaktig eller otillräcklig. Vid dessa bedömningar har i vissa fall inte tillgängliga sakuppgifter beaktats.

Konsultgruppens sammanfattning av sina motiveringar och KBS kommentarer härtill har sammanställts i punkterna A, B och C härnedan:

A "Enbart det faktum att en bred NNO gående sprickzon delar förvarsområdet i två delar gör att detta ej uppfyller de av KBS tidigare framhållna geologiska förutsättningarna för ett helt säkert förvar. De ytterligare sprickzoner som finns inom förvarsområdet visar entydigt att sternöområdet ej uppfyller ställda geologiska krav. Det kan därför icke heller användas som ett referensområde för att ett sådant förvar går att utföra"

Uppgiften att KBS angivit förutsättningar, som utesluter en uppdelning av förvaret i två delar saknar grund. Denna möjlighet har exemplifierats i KBS TR-38, ritning A 13. Ett kriterium av detta slag erfordras ej ur säkerhetssynpunkt. Bland de "ytterligare sprickzoner" som avses har en av KG angiven s k överskjutningszon (betecknad med 11 i KGs fig 3.1:9) en avgörande betydelse för vilket deponeringsutrymme, som finns tillgängligt på 500 m djup. Några tecken på att denna zon förekommer i verkligheten har inte iakttagits vid granskningen av borrhälen från hålen Ka 1, Ka 2 och Ka 3, som genomkorsar det aktuella bergpartiet. Inte heller permeabilitetsmätningarna i dessa hål har indikerat någon sådan zon. Med hänsyn till frågans vikt har KBS efter att ha tagit del av konsultgruppens utlåtande låtit genomföra en kontrollbesiktning av borrhälen av personer, som tidigare ej deltagit i arbetet. Därvid bekräftades entydigt att någon överskjutningszon ej förekommer i det av konsultgruppen angivna läget. Detta undanröjer huvuddelen av de utrymmesbegränsningar som konsultgruppen redovisar.

I fråga om övriga av konsultgruppen angivna sannolika spricklinjer finns en med beteckningen 8, som indikeras av ett numera igenfyllt sund mellan Köln och Sternö. Denna indikation får anses vara av den art, att ett område intill linjen f n bör betraktas som icke utnyttningsbart för avfallsdeponering. Reservanten i konsultgruppen bedömer att det tillgängliga förvaringsområdet härigenom minskar med ca 0.2 km², dvs från 1.2 till 1.0 km². KBS ansluter sig till reservantens försiktiga bedömning.

B "Genom förekomsten av sprickzoner inom och omkring Sternö bedöms grundvattnets strömningsvägar i det mellanliggande tätare berget bli korta. För att grundvattnets transporttid då skall bli minst 400 år krävs att det runt förvaret finns homogent berg med en permeabilitet av ca 10⁻¹² m/s och i en utsträckning av något eller några tiotal meter omkring deponeringshålen och tunnarna. För att grundvattenflödet omkring deponeringshålen skall bli högst 0.2 l/m² och år krävs en permeabilitet av ca 10⁻¹⁰ m/s. Det av KBS framlagda undersökningsmaterialet gör det ej möjligt att med säkerhet fastställa att man på Sternö funnit berg som uppfyller ovanstående krav. Osäkerheten kan till stor del förklaras genom avsaknaden av vetenskapliga belägg för att använda mätmetoder ger en representativ bild av en större bergmassas permeabilitetsförhållanden"

Konsultgruppen och KBS synes i stort sett vara eniga om att avståndet mellan sprickzoner och förvarsutrymme bör uppgå till något eller några tiotal meter.

Konsultgruppen anför att avsaknaden av vetenskapligt belagda mätmetoder gör att man inte med säkerhet kan fastställa att man funnit berg, som uppfyller de ställda kraven. De felkällor i borrhålsmätningarna, som är av störst betydelse är av den art att de uppmätta permeabilitetsvärdena blir högre än de verkliga. Detta stöds bl a av undersökningar, som utförts i Stripa.

De mycket enhetliga resultat, som erhållits vid mätningarna i de olika hålen tillsammans med en bedömning av områdets geologiska uppbyggnad och karaktär ger starkt stöd för slutsatsen att i borrhålen uppmätta permeabilitetsvärden är att betrakta som representativa för blocken mellan sprickzonerna. Representativiteten stöds ytterligare av undersökningar som utförts vid ett underjordiskt gaslager.

C "Utförda vattenkemiska undersökningar kan ej bedömas vara tillräckliga för att verifiera att de kemiska egenskaper hos grundvattnet, som är av betydelse för säkerheten, ligger inom det variationsområde som redovisats i KBS tidigare rapporter"

Grundvattnets kemiska egenskaper kan enligt konsultgruppen påverka skyddsfunktionerna hos buffertmaterialet, kapseln och avfallsglasat. KBS tidigare redovisade utredningar visar att även mycket stora variationer i grundvattnets sammansättning inte påverkar förutsättningarna för säkerhetsanalysen. De variationer, som är tänkbara inom sternområdet, faller inom tillåtliga gränser.

I en särskild bilaga diskuterar konsultgruppen omfattningen av de undersökningsprogram som man menar är normala i samband med stora bergrum och malmindikationer. Dessa undersökningsprogram jämförs sedan med KBS program i avsikt att visa att detta varit helt otillräckligt.

Jämförelsen mellan malmprospektering och förundersökningar för ett slutförvar är irrelevant. Vid malmprospektering gäller det att bestämma läge, storlek och halt hos mineraliseringar för att få underlag för en lönsamhetsberäkning och ett investeringsbeslut. De aktuella undersökningarna avser att bekräfta att ett område, som bedömts geologiskt gynnsamt för ett slutförvar innehåller tillräckligt stora block med de erforderliga egenskaperna. Anläggningen kan sedan geometriskt utformas så att deponering av avfall sker endast i berg med de erforderliga egenskaperna och inte i eller intill förekommande sprickzoner.

Inte heller jämförelsen mellan stora bergrum och ett slutförvar är meningsfull. Lokaliseringen av stora bergrum bestäms inte enbart av bergkvaliteten utan även i hög grad av belägenheten i förhållande till hamnar, industrier etc. Så har varit fallet med de anläggningar konsultgruppen refererar till. Anpassningsmöjligheterna till förekommande svaghetszoner är små jämfört med ett slutförvar. De borrhningar i samband med stora bergrum, som konsultgruppen refererar till har utförts i anslutning till en detaljprojektering av anläggningarna och inte enbart för att erhålla data rörande berggrunden utan också för att ge möjlighet till en fortlöpande kontroll av grundvattenförhållandena. För flertalet av de ca 150 större berglagringsrum som utförts i Sverige har antalet undersökningshål varit betydligt färre än i de exempel som anføres av konsultgruppen, i många fall endast något eller ett par hål för kontroll. Det är således fel att det skulle vara normalt att utföra mer än 100 hål per 1.000.000 m².

De slutsatser som anges av konsultgruppens majoritet baserar sig således i avgörande punkter på antaganden som motsägs av föreliggande faktamaterial eller på kriterier som är omotiverade med hänsyn till möjligheterna att uppnå erforderlig säkerhet.

Innehållet i konsultgruppens granskningsutlåtande rubbar sålunda icke slutsatsen att det inom sternöområdet finns bergvolymer med de erforderliga egenskaperna som är större än vad som krävs för slutförvaring av det högaktiva avfall som produceras under 30 år i de nu aktuella kärnreaktorer, som omfattas av villkorslagen.

INLEDNING

Vattenfall och Forsmarks Kraftgrupp AB ingav 79-02-20 till regeringen förnyade ansökningar enligt villkorslagen om laddning av reaktorerna Ringhals 3 och Forsmark 1. Regeringen uppdrog därefter genom beslut 79-02-22 till Statens Kärnkraftinspektion att bereda ansökningarna och senast 79-03-30 överlämna handlingarna i ärendet till regeringen.

Vid beredning av ärendet har Kärnkraftinspektionen inhämtat råd och synpunkter från en särskild konsultgrupp för geologifrågor, i det följande benämnd KG.

KG avlämnade 79-03-12 till Kärnkraftinspektionen ett utlåtande varom gruppen uppger sig vara enig med undantag för en ledamot, som avgivit eget yttrande.

KGs utlåtande föranleder från KBS sida de kommentarer och synpunkter som redovisas i det följande.

Det aktuella ärendet har definierats i regeringsbesluten 78-10-05 och 79-02-22. I beslutet 78-10-05 anges att viss kompletterande geologisk undersökning krävs för att "visa att det finns en tillräckligt stor bergsformation på aktuellt djup och med de egenskaper i övrigt som KBS säkerhetsanalys i övrigt förutsätter". I beslutet 79-02-22 sägs att regeringen tidigare "ansett att förutsättningarna för bifall förelåg bl a vad avsåg KBS allmänna uppläggning, metod för slutförvaring och tekniskt utförande av förvaret, geologiska förutsättningar och mätmetoder samt säkerhetsanalys".

KGs utlåtande berör delvis frågor, som ligger utanför de ramar, som angivits i regeringsbesluten. I syfte att nå en bättre klarställning av sådana frågor behandlas de även härnedan.

2.1 Principiell uppbyggnad av KBS säkerhetsanalys

I regeringens granskningsuppdrag till SKI av 1979-02-22 sägs bl a

"Av regeringens tidigare beslut framgår att ansökningarna har ansetts uppfylla lagens krav utom i ett avseende. Regeringen har således, i likhet med den bedömning inspektionen tidigare har gjort, ansett att förutsättningar för bifall förelåg bl a vad avsåg KBS:s allmänna uppläggning, metod för slutförvaring och tekniskt utförande av förvaret, geologiska förutsättningar och mätmetoder samt säkerhetsanalys. Regeringen bedömde emellertid att det fordrades ytterligare provborrningar och därav föranledda mätningar för att visa att det finns en tillräckligt stor bergsformation på aktuellt djup och med de egenskaper som KBS:s säkerhetsanalys i övrigt förutsätter. Inspektionens uppdrag skall således avse att mot denna bakgrund bedöma de nu sålunda kompletterade ansökningarna i nämnda hänseende."

Den bedömning som nu skall ske gäller således huruvida det nya kompletterande materialet tillsammans med tidigare redovisat material visar att det finns en "tillräckligt stor bergsformation på aktuellt djup och med de egenskaper som KBS:s säkerhetsanalys förutsätter".

Kriteriet på bergsformationens egenskaper är följaktligen KBS:s säkerhetsanalys och inte mer allmänna eller generella geologiska kriterier rörande utformningen av slutförvar för högaktivt avfall. Bedömningen måste alltså ske på grundval av den principiella uppläggningsplanen av KBS:s säkerhetsanalys.

För att tillgodose villkorslagens krav på en helt säker slutförvaring baseras KBS:s förslag på principen om flera delvis oberoende och övertaliga barriärer till skydd mot spridning av de radioaktiva ämnena. I förslaget ingår följande fem barriärer:

- 1 Bindning av de radioaktiva ämnena till ett svårslutligt borsilikatglas
- 2 Kapsel bestående av de korrosionsbeständiga materialen bly och titan
- 3 Inpackning av kapslarna i en buffertmassa av sand-bentonit
- 4 Slutförvar i berg på 500 m djup med låg grundvattenomsättning och långsam vattentransport
- 5 Berget som kemisk barriär vilken hindrar eller fördröjer vandringshastigheten av de radioaktiva ämnena.

KBS:s förslag innebär en försiktig dimensionering med avseende på tillåtna värden på olika fysikaliska parametrar. Särskilt skall understrykas att åtgärder förutsatts som medför låg temperatur.

Var och en av barriärerna ger skydd mot spridning. De har emellertid olika egenskaper och därmed olika funktioner som både förstärker och kompletterar varandra.

Vid KBS:s säkerhetsanalys har huvudvikten lagts på att studera konsekvenserna av en eventuell långsam spridning av de radioaktiva ämnena med grundvattnet till biosfären. Analysen och däri ingående beräkningar beskrivs utförligt i KBS:s gula rapport och i de tekniska rapporter som utgör underlag för dessa. Beräkningsresultaten uttrycks som stråldoser till människor. Ett flertal av de parametrar som beskriver egenskaper hos de olika barriärerna och som ingår i beräkningarna är ofullständigt kända eller behäftade med större eller mindre osäkerheter. För att det slutliga beräkningsresultatet skall avspegla den mest ogynnsamma situation som kan tänkas bli aktuell har förutsättningar och data i flera led valts med betydande säkerhetsmarginaler. Med hänsyn till osäkerheterna har man dessutom valt förenklade beräkningsmodeller som bedömts ge kraftig överskattning av resulterande stråldoser. I analysen adderas på så sätt flera stora säkerhetsmarginaler ovanpå varandra. Det beräknade slutresultatet ger därför en bild som sannolikt är flera storleksordningar sämre än vad som kan väntas inträffa i verkligheten. Konsekvenserna i form av beräknade stråldoser är trots detta acceptabla dvs ligger på en sådan nivå att hälsoriskerna är försumbara ur såväl den enskilda människans som hela mänsklighetens synpunkt.

Tillsammans skapar de fem barriärerna en säkerhet som gör att villkorslagens krav på "helt säker" slutförvaring är uppfyllt. Varje barriär för sig är dock inte tillräcklig för att i dag verifiera den höga grad av säkerhet som lagen kräver. Om en sådan verifikation vore möjlig skulle det givetvis vara onödigt med flera barriärer. Vid bedömningen av en enskild barriär i KBS:s förslag är det således orimligt att denna ensam skall uppfylla kravet "helt säker".

Det är viktigt att hålla denna totalsyn i minnet vid diskussionen av egenskaperna hos en enskild barriär i detta fall bergformationen och dess egenskaper.

2.2 Spridning av radioaktiva ämnen i berggrunden

Det viktiga ur säkerhetssynpunkt när det gäller bergformationens egenskaper är de radioaktiva ämnenas transporttid från slutförvaringsplatsen till biosfären. För att beräkna denna transporttid genom berget används i säkerhetsanalysen en starkt förenklad modell. Modellen har som ingångsvärden bl a grundvattnets transporttid och fördröjningsfaktorer för olika radioaktiva ämnen.

Modellen är i sig själv konservativ i och med att den antar att alla fördröjningar bestäms av jonbytesjämvikter. I själva verket vet man från observationer i naturen att uran och andra viktiga ämnen faller ut och binds vid bergmassan under de kemiska förhållanden som råder i det berg där avfallet skall förvaras (KBS grön II, sid 109-117).

I denna förenklade modell kan de radioaktiva ämnenas transporttider beräknas genom att multiplicera den tid det tar för grundvattnet att röra sig en viss sträcka med en för varje ämne gällande fördröjningsfaktor. De senare beror på bergets egenskaper, bl a dess permeabilitet. I säkerhetsanalysens mest pessimistiska fall har använts en grundvattentransporttid på 400 år och en permeabilitet på 10^{-9} m/s.

Berggrunden på aktuellt djup på Stervö har i fyra borrhål visats ha mycket lägre permeabilitet än 10^{-9} m/s. De djupare delarna av borrhålen Ka 1, Ka 2 och Ka 5 uppvisar sektioner med längder på 570, resp 220 och 270 m, vilkas sektionsspermeabilitet är $5 \cdot 10^{-12}$ m/s eller lägre. Sannolikt föreligger likartade förhållanden också i Ka 3 över en längd av 400 m. Endast Ka 4 visar påtagligt sämre berg, vilket beror på påverkan från Munkahuszonen. Borrningarna har gett en bild av stora, hela block med glest liggande sprickzoner.

Fördröjningsfaktorerna för olika radioaktiva ämnen har bestämts ur laboratorieexperiment som utförts i luftat vatten, dvs under kemiskt oxiderande förhållanden. I själva verket är de kemiska förhållandena i berggrunden nära slutförvaret reducerande. Detta innebär att för ämnena uran, neptunium och teknetium som ger dominerande bidrag till stråldoserna /KBS gul IV, sid 89/ har fördröjningsfaktorerna kraftigt underskattats. Graden av konservatism framgår av följande värden:

Ämne	I säkerhetsanalysen använt värde (oxi- derande miljö)	Bästa ansats för reducerande miljö /KBS grön II, sid 176/
Teknetium	1	950
Uran	43	23 000
Neptunium	260	23 000
Radium	700	48 000

Som framgår av KBS grön II, sid 176 är även övriga fördröjningsfaktorer som använts i säkerhetsanalysen försiktigt valda jämfört med en bästa ansats baserad på nu tillgänglig information. Senare framkomna opublicerade data från nyligen utförda och pågående experiment (B Allard, G Beall m fl: Personlig information till P-E Ahlström vid besök vid Oak Ridge National Laboratory 1979-03-02) bekräftar även de att de fördröjningsfaktorer som använts i säkerhetsanalysen är mycket försiktigt valda.

I berg där permeabiliteten är lägre än 10^{-9} m/s blir fördröjningsfaktorerna större än vad som antagits i säkerhetsanalysens beräkningar.

Av avsnitt 3.3 i det följande framgår att i berg av den kvalitet som påvisats i sternområdet transporteras grundvattnet i närheten av en sprickzon högst 25 m på 400 år. Detta ger det säkerhetsavstånd man bör ha mellan en avfallskapsel och en sprickzon. Det är också centrumavståndet mellan två parallella tunnlar i KBS förslag till slutförvar.

Det största enskilda bidraget till den beräknade stråldosen erhålles av nukliden neptunium-237. Antar man de fördröjningsfaktorer som använts i säkerhetsanalysen vandrar således denna nuklid sträckan 25 m på ca 100 000 år.

Använder man i stället "bästa ansats" enligt ovan på fördröjningsfaktorerna (vid permeabiliteten 10^{-9} m/s) behövs det mer än 10 miljoner år för neptunium att vandra samma sträcka. På 100 000 år förflyttar sig neptunium då knappt 0.3 m.

En viktig slutsats är att man vid bedömningen av transporttiden för radioaktiva ämnen måste beakta inte enbart vattentransporttiden utan hela modellens konservatism. Vattentransporttiden som sådan är sålunda icke ensamt avgörande för säkerheten.

Ovanstående visar att man kan förvara avfall i berg av den beskaffenhet som påträffats på Sternö med endast några få meters avstånd från avfallskapslar till vattenförande sprickzoner. Ovan angivna säkerhetsavstånd, 25 m, är alltså mycket konservativt. Detta visar också att förekomsten av sprickzoner inte är av avgörande säkerhetsmässig betydelse utan endast innebär visst bortfall av tillgängligt förvaringsutrymme.

I detta sammanhang bör framhållas att undersökningsområdet på Sternö inte bör betraktas som en geologiskt avgränsad enhet. Det utgör endast ett provområde, som utnyttjats därför att markägaren medgivit borrhningar. Det är, vad gäller bergartskaraktär och beskaffenhet typiskt för stora områden i södra Blekinge /KBS-TR-25/. Jämförbara geologiska förutsättningar kan påräknas också omedelbart utanför områdets nuvarande begränsning och passerandet av sprickzoner mellan de skilda hela blocken innebär inga säkerhetsmässiga problem med hänsyn till nuklidtransporten. Se även bilaga 1.

2.3 Kriterier

KG har i sitt granskningsutlåtande, bilaga B, angivit ett referenssystem innehållande bl a "Generella geobetingade kriterier" gentemot vilka KBS utredningsresultat värderats.

Såsom angivits i avsnitt 2.1 skall i detta speciella fall som kriterium endast gälla KBS säkerhetsanalys.

De av KG formulerade kriterierna omfattar till en del en sammanställning av självklara krav som tidigare beaktats i KBS utredningar. På följande två punkter finns anledning till kommentarer.

I KGs kriterium c) ingår följande formulering: "Bergmassan bör bestå av en litologiskt enhetlig bergart." Berget på Sternö kan inte entydigt betecknas som litologiskt enhetligt, men de utförda undersökningarna har visat att bergartsövergångarna inte är förenade med några svaghetszoner. Det är således inte motiverat att uppställa något absolut krav av denna art, vilket måhända även antytts av KG genom att använda verbet "bör".

KGs kriterium d) säger att "Förvarets bergmassa skall rymmas inom ett enhetligt bergartsblock mellan större sprickzoner eller andra svaghetsplan". Detta kriterium har sedan tillämpats i KGs sammanfattning där man säger

"Enbart det faktum att en bred NNO gående sprickzon delar förvarsområdet i två delar gör att detta ej uppfyller de av KBS tidigare framhållna geologiska förutsättningarna för ett helt säkert förvar."

Det nämnda kriteriet erfordras ej ur säkerhetssynpunkt och har heller inte av KBS uppställts som någon geologisk förutsättning. Tvärtom har i KBS-TR-38, ritning A 13, visats ett exempel på hur ett slutförvar kan uppdelas med hänsyn till förekommande sprickzoner.

3.1 Mätmetodik

Av regeringsbeslutet 1979-02-22 framgår att förutsättningar för bifall föreligger beträffande de använda mätmetoderna.

I kapitel 3.2.1 i KGs granskningsutlåtande anges en viss kritik mot metoden att beräkna permeabilitet.

Mätmetodernas tillförlitlighet diskuteras i KBS tekniska rapport 79-06 samt SGUs utvärdering, KBS TR 79-09. Det framgår att flertalet felkällor ger för höga permeabilitetsvärden.

Hageconsult (Striparapport SAC-02) har i Stripa jämfört resultaten av vattenförlustmätningar i borrhål (K ca $4 \cdot 10^{-11}$ m/s) med mätning av permeabiliteten mellan ett centralhål och kranshål på 1.5 m avstånd från detta. Jämförelsen visade att bergmassan hade 10-20 gånger lägre permeabilitet än den som uppmätts med vattenförlustmätningar i enskilda kranshål. Detta stöder uppfattningen om mätmetodens tillförlitlighet och visar att vattenförlustmätningar i borrhål ger värden som är konservativa.

I bilaga C, sid 3, skriver KG:

"Utvärderingen av t ex permeabiliteten sker numera med pump-testmetoden, som är pålitligare och vida överlägsen den äldre av KBS använda vatteninpressningsmetoden. Vid pumpmetoden pumpas vatten ur ett hål och avläsningar görs i alla andra hål, och vattenströmningen i hela bergvolymen blir beräkningsbar. Vid vatteninpressningsmetoden pressas vatten in mellan manschetter i ett borrhål, och ett ofta tvivelaktigt resultat erhålles för permeabiliteten i just det avsnittet och inget annat"

Det torde vara uppenbart att pumptestmetoden inte är tillämpbar i djupa borrhål i mycket tätt berg, jmf bilaga 1. Pumptestmetoden ger ej heller upplysning om permeabilitetens variation utefter borrhålet.

3.2 Borrhålmätningarnas representativitet

KG skriver på sid 51:

"Det av KBS framlagda undersökningsmaterialet gör det ej möjligt att med säkerhet och på saklig grund fastställa att man på Sternö funnit berg som uppfyller ovanstående krav. Osäkerheten kan till stor del förklaras genom avsaknaden av vetenskapliga belegg för att de använda

mätmetoderna ger en representativ bild av en större bergmassas permeabilitetsförhållanden"

KBS hänvisar till SGUs utvärdering, KBS TR 79-09, sid 5, där man framhåller att:

"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"

Dessutom kan nämnas att Hagconsult (KBS TR 79-11) har utfört undersökningar av permeabiliteten i berg kring ett gaslager. Den genomsnittliga permeabiliteten i en större bergvolym beräknad med hjälp av strömningsnät och utpumpningsdata "kan med relativt god säkerhet bedömas vara $1.0 \cdot 10^{-8}$ m/s". Medelpermeabiliteten i två undersökta borrhål beräknades vid vattenförlustmätningar vara $4.2 \cdot 10^{-8}$ m/s och $1.0 \cdot 10^{-8}$ m/s, vilket är i mycket god överensstämmelse med bergvolymens permeabilitet. Resultaten anger att vattenförlustmätningar i borrhål ger en tillfredsställande representativitet även för större bergvolym.

3.3

Grundvattenrörelser

KG anser att hänsyn inte tagits till förekomsten av sprickzoner vid beräkning av grundvattnets flödesbild. Av KBS tekniska rapport 45 framgår att närvaron av sprickzoner har en begränsad betydelse. För att belysa betydelsen av sprickzoner i det aktuella området har SGU utfört en analys av grundvattnets strömningsbild med hänsyn till förekomsten av sprickzoner (KBS TR 79-10). Figur 12 i denna utredning visar strömningstiden för grundvattnet från 500 m-nivån upp till 300 m-nivån, eller till närmaste sprickzon. Transporttiden i sprickor och i berg ovan 300 m har alltså försumrats. Berggrunden förutsätts ha en permeabilitet av 10^{-8} m/s ner till 300 m och 10^{-11} m/s därunder. I sprickzonerna förutsätts permeabiliteten 10^{-6} - $5 \cdot 10^{-6}$ m/s. (Se KBS TR 79-09, fig 7-9 samt KBS TR 79-06, fig 1-4). Av figuren framgår att det fordras en säkerhetszon av 25 m väster om sprickzon 4 för att flödestiden 500 år skall uppnås mellan en kapsel och sprickzonen. Om hänsyn även tas till vattnets flödestid i sprickzonerna och bergets övre 300 m fordras en mindre säkerhetszon.

KG sid 46:

"KBS potentialteoretiska beräkningar gäller bara för det fall man har homogen grundvattensammansättning och homogen temperatur på olika djup. Konstaterade skillnader i dessa avseenden medför variationer i grundvattnets densitet. Huruvida dessa variationer har inflytande på grundvattnets rörelse har ej utretts av KBS"

I KBS gul, del II, kapitel 5.1.5 anges:

"Avfallets värmepåverkan

Beräkningar har också utförts för att belysa inverkan av den

uppåtströmning över ett bergförvar, som under förvaringstidens inledande skede kan förorsakas av avfallets värmeutveckling. I överensstämmelse med tidigare amerikanska överslagsberäkningar, National Academy of Science (5-6), har denna faktor visats ge en endast obetydlig störning av rådande strömningsbild i bergförvarets närhet"

I KBS grön, del II, sid 151 nämns

"Förutom den hydrauliska gradienten i leran, kan även en termisk gradient i_{th} uppstå genom den värmeutveckling, som sker i kapseln. Storleken av denna har uppskattats (6-19). Vid den högsta temperaturgradient som kommer att uppträda och högsta temperaturen vid kapselväggen 800C blir $i_{th} = 1.5 \cdot 10^{-3} \text{ m/m}$ "

Det framgår sålunda att de låga temperaturer som föreligger i berget endast ger termiska gradienter av begränsad betydelse.

Om grundvattnet till följd av sin sammansättning uppvisar påtagliga densitetsskillnader talar detta för stagnant miljö och ökar således inte grundvattnets omsättning.

KG anger (sid 50) att sand-bentonitblandningen kan erbjuda grundvattnet snabbare strömningsvägar än det omgivande berget. Man har härvid underlåtit att ta hänsyn till sand-bentonitblandningens porositet av ca 40 %, varför påståendet är ogrundat.

3.4

Grundvattenmängder

I avsnitt 3.2.2 konstaterar KG att

"KBS säkerhetsanalys förutsätter ----- att grundvattenflödet omkring deponeringshålen uppgår till högst 0.2 l/m² och år"

KBS vill framhålla att säkerhetsanalysens antagande om nuklidernas utlösningshastighet baserats på data inhämtade från lakning vid obegränsad tillgång till lakvatten. Säkerhetsanalysens förutsättningar är således inte beroende av grundvattenflödet 0.2 l/m² och år. Detta värde har använts för att belysa konservatismen i de valda förutsättningarna.

KG anger på sid 8 i sitt utlåtande att KBS tidigare uppgift att observationer i bergrummen på Sternö tyder på att berggrunden skulle erbjuda goda förutsättningar för ett slutförvar icke verifierats. Man stöder detta på uppgifter om att man trots injekteringsarbetet för 800.000 kr har en vatteninläckning av 60.000 m³/år i de tre sist byggda oljelagringsrummen. Det verkliga förhållandet, som meddelats oss av Karlshamnsverkets Kraftgrupp AB, är att injektering för tätning av berget kring dessa rum utförts för ca 180.000 kr och att vatteninläckningen därefter uppmätts till omkring 25.000 m³/år. Då KG uppenbarligen anser frågan vara av viss betydelse för bedömningen, är det anmärkningsvärt att man anfört så felaktiga uppgifter.

4 BERGGRUNDSFÖRHÅLLANDEN

4.1 Bergartsövergångar

KG påtalar på sid 31 att någon detaljerad geologisk berggrundskarta inte redovisats. På sid 37 anges att de olika bergarternas bergmekaniska egenskaper måste redovisas för att visa att inte uppvärmningen av bergmassan förorsakar sprickbildning.

I KBS TR 79-05 redovisas på sid 70 en berggrundskarta över Sternö i skalan 1:10.000.

Ifråga om betydelsen av bergartsövergångar säger professor Sven Hjelmqvist i sitt särskilda yttrande bl a

"Berggrunden på Sternö består av s k kustgnejs, gnejsgranit och Karlshamnsgranit. Gränsen mellan de olika bergarterna är inte skarp, utan kustgnejsen övergår via gnejsgranit successivt i Karlshamnsgranit. Detta kan studeras i borrhål Ka 1 och även i dagen. Med hänsyn till sprickfrekvens föreligger ingen väsentlig skillnad mellan de olika bergartstyperna, som fungerar som en enhetlig bergmassa."

I KBS TR 79-05, sid 128 anges mineralfördelningen i bergartsprover. Resultaten visar att de undersökta proverna har en mycket likartad mineralfördelning. Den mycket måttliga temperaturförhöjningen kan därför inte leda till sprickbildning i de diffusa bergartsgränserna.

Se även bilaga 1 sid 4.

4.2 Förekomst av sprickzoner

KG har i figur 3.1:9 (sid 28) markerat ett betydligt större antal sprickzoner än vad som framgår av figur 4 i KBS kompletteringsrapport.

På sid 21 och 22 diskuterar KG en s k överskjutningszon som markerats med 11 på figur 3.1:9 och 2 på figur 3.1:8. Vid en förnyad genomgång av kärnor från Ka 1, Ka 2 och Ka 3 har SGU (bil 1), Stanfors (bil 2) och Morfeldt (muntligt meddelande) inte funnit några tecken på denna överskjutningszon. Det är sålunda visat att denna flacka överskjutningszon inte existerar med det läge och den bredd som KG angivit.

Den av KG på figur 3.1:9 med 1 markerade sprickzonen anges av SGU (KBS TR 79-09, sid 14) vara ca 80 m bred vid 300 m djup. Permeabilitetsmätningarna visar att zonen med förhöjd vattengenomsläpplighet har en horisontell bredd som är mindre än 50 m (KBS TR 79-06 fig 3). KG har på sin figur markerat en bredd av 130 m hos zonen utan att ange motiv härför.

SGU (KBS TR 79-09, sid 13) hävdar att zon 9 saknar betydelse för helhetsbilden. Zon 10 har SGU inte kunnat påvisa (bil 1). KBS anger i sin kompletterande redovisning (sid 20) att lokala defekter inte kan uteslutas.

Det har fastställts att den av KG diskuterade diabasgången (KG sid 24-25, 33) är mycket brantstående samt att förutsättningar saknas för en snabb vattenströmningsväg (bil 2).

KGs markering av sprickzon nr 8 är berättigad.

Anm. Det må påpekas att även om man utgår från att KGs felaktiga bild av förekommande sprickzoner skulle gälla (fig 3.1:10 i KGs utlåtande), finns inom sternöområdet utrymme för slutförvar i ett plan av högaktivt avfall från 30 års drift av 2 st reaktorer.

4.3

Bergspänningar

KG ifrågasätter på sid 32 (pkt 7) om ett slutförvar verkligen går att bygga med hänsyn till de höga bergspänningar som kan uppträda i karlshamnsgraniten.

Bergspänningar i skandinavisk berggrund finns behandlade i KBS TR-64. Av slutsatserna i denna rapport framgår att risken är låg för att egenspanningarna i svensk berggrund skall medföra särskilda svårigheter vid utförandet av ett slutförvar. Vad som kan bli aktuellt är vissa förstärkningsåtgärder avsedda att fungera intill dess tunnlarna återfylls.

Höga bergspänningar torde inte i något fall i Sverige ha omöjliggjort genomförandet av bergrumsanläggningar eller gruvdrift.

Någon anledning att i detta skede utföra bergspänningsmätningar i undersökningsområdet föreligger därför ej.

KG behandlar i avsnitt 3.3 grundvattnets kemiska sammansättning och dess betydelse för säkerheten i slutförvaret.

KG anger fyra barriärer som förutom berget förhindrar nuklidernas spridning

- bentonit
- titan
- bly
- borsilikatglas

KG:s diskussion om hur grundvattensammansättningen kan påverka dessa barriärers funktion kommenteras här nedan.

Bentonit

KG anger "Bentoniten är ursprungligen en vulkanisk lera avsatt i saltvatten. En hög salthalt i omgivande grundvatten ökar dock risken för eventuell saltanrikning invid den varma kapselytan, om buffertmaterialet ej blir vattenmättat, och för försämrad jonbytesförmåga."

I KBS:s förslag till utformning av slutförvaret ingår ett system för fukthållning av buffertmaterialet under tiden fram till förvarets förslutning. Systemets huvuduppgift är att säkra att kapselns yttemperatur skall hållas väl under 100°C. Fukthållningen avses ske med sötvatten, eventuellt avjoniserat vatten.

I säkerhetsanalysen har buffertmaterialet inte tillskrivits någon jonbytande förmåga. Eventuella förändringar i denna påverkar således inte säkerhetsanalysens förutsättningar.

Titan

Vid höga kloridhalter och höga temperaturer kan titan uppvisa en ökad korrosionsbenägenhet (KBS TR-11). Vid bedömningen av kapselns minsta livslängd har emellertid, med hänsyn till att risken för fördröjt brott i titanhöljet t v inte kan uteslutas, titanet icke tillskrivits någon skyddsverkan.

Säkerhetsanalysens förutsättning om minsta kapsellivslängd påverkas således inte även om en saltanrikning skulle ske.

Bly

KG skriver "Bedömningen av blyinfodringens livslängd är således beroende av antagandet om låg halt av fritt syre i grundvattnet och en låg permeabilitet hos buffertmaterialet."

En beräkning som redovisas i KBS TR-107 visar att blyhöljet kan penetreras tidigast efter 4 500 år genom angrepp av det i tunnel-systemet vid förseglingen inneslutna syret.

En enkel överslagsberäkning baserad på ett grundvattenflöde av $0.2 \text{ l/m}^2/\text{år}$ visar att även om det djupa grundvattnets syrehalt orealistiskt skulle förutsättas vara 100 gånger högre än KBS angivit som maximum, och uppgå till 10 mg per liter, skulle detta öka den totala syretillförseln med ca 10 % och sålunda endast oväsentligt påverka den ovan angivna penetrationstiden. Säkerhetsanalysens förutsättning i fråga om kapselns livslängd påverkas således ej av även mycket stora variationer i grundvattnets syreinnehåll.

KG anser att omfattningen av KBS geologiska undersökningar varit otillräckliga och stöder denna uppfattning på en jämförelse med vad som uppges vara praxis vid projektering av bergförlagda oljelager och vid malmprospektering. Jämförelserna är av följande skäl inte relevanta.

1. Projekteringen av större anläggningar kan uppdelas i två skilda faser. Den första fasen utgörs av en översiktlig undersökning av tänkbara alternativ. I denna fas - som närmast motsvarar det skede som för närvarande är aktuellt för ett slutförvar - utförs begränsade undersökningar i avsikt att visa att företaget är utförbart med rimliga insatser. Vid bergrumsanläggningar kan det då vara fråga om ett fåtal borrhål, som belyser berggrundens väsentliga egenskaper. Antalet hål är givetvis beroende av komplexiteten hos och tidigare kunskaper om områdets geologiska uppbyggnad. Antalet undersökningshål har också varierat inom mycket vida gränser vid de ca 150 lagerrum som utförts i Sverige och att ange ett genomsnittligt antal borrhål per m² bergrum som riktvärde saknar mening. Flera exempel finns där man för bergrumsprojekt endast utfört enstaka borrhål eller inga alls i denna fas av projekteringen.

I en andra projekteringsfas krävs underlag för anläggningens detaljutformning. I många fall har man även här nöjt sig med ett eller ett par borrhål.

2 De borrhål som utförs i anslutning till bergrumslager för olja eller gas har ofta till huvudsyfte att möjliggöra fortlöpande kontroll av grundvattenförhållandena under driftskedet. Så torde bli fallet med de borrhål som redovisas i KGs fig C2. Om sådana hål medräknats i KGs statistiska betraktelse blir den givetvis missvisande.

3 Lokaliseringen av oljelagringsanläggningar bestäms normalt inte enbart av bergkvaliteten utan även i hög grad av belägenheten i förhållande till hamnar och industrier. Anpassningsmöjligheterna till förekommande svaghetszoner är små jämfört med ett slutförvar för högaktivt avfall.

4 Jämförelsen mellan malmprospektering och undersökningar för ett slutförvar är helt irrelevant. Vid malmprospektering gäller det att bestämma läge, storlek och halt hos mineraliseringar för att få underlag för en lönsamhetsberäkning och ett investeringsbeslut. Vid de nu aktuella undersökningarna för ett slutförvar gäller det att få bekräftat att ett område, som bedömts geologiskt gynnsamt innehåller tillräckligt stora block med tillräckligt tätt berg. Anläggningen kan sedan geometriskt utformas så att deponering av avfall sker endast i

berg med de erforderliga egenskaperna och inte i eller intill förekommande sprickzoner. Den slutliga detaljutformningen bör fastställas först under det tidiga byggnadsskedet, då kontrollundersökningar utförts från schakt och tunnlrar.

Kärnbränslesäkerhet

Box 5864

102 48 STOCKHOLM

SKI:s konsultgrupps granskningsutlåtande över de kompletterande geologiska undersökningarna på Sternö

De kompletterande geologiska undersökningar på Sternö, som Sveriges geologiska undersökning (SGU) utfört för KBS räkning, har granskats av ett antal konsulter, som tillkallats av SKI och nu avlämnat sina utlåtanden. SGU har tagit del av dessa och önskar med anledning härav anföra följande.

En av granskarna, professor Sven Hjelmqvist, Lund, som i sitt utlåtande utgår från de av regeringen ställda frågorna finner, efter en analys som nära motsvarar SGU:s egen, "att bergarten som sådan på Sternö är väl användbar för deponering av kärnkraftsavfall, men att det är osäkert om utrymmet är tillräckligt för 9 000 avfallskapslar i ett plan".

Härtill bör sägas att undersökningsområdet icke utgör någon geologiskt avgränsad enhet, utan att dess gränser dikterats av möjligheten att erhålla markägarens undersökningstillstånd. Samma bergformationer, med likartade egenskaper, uppbygger berggrunden inom vidsträckta omgivande områden.

Övriga medlemmar av konsultgruppen presenterar en gemensam, starkt avvikande och negativ värdering av SGU:s undersökningsresultat. Denna bygger väsentligen på två grundläggande missförstånd:

1. Granskningsutlåtandet sid. 38: "På Sternö har utförts fem borrhål i avsikt att avgränsa ett för förvar lämpligt område."

Detta är helt fel. Borrhålen har utförts för att utvidga informationen om bergformationerna på Sternö på aktuellt djup. Som resultat finns nu tre borrhål i stället för tidigare endast ett, som i sina undre delar visar sektioner av mellan 220 och 570 m längd, där den genomsnittliga vatten genomsläppligheten är åtminstone 100 gånger lägre än vad som förutsatts i KBS säkerhetsanalys. Ytterligare ett borrhål, Ka 3, visar en motsvarande 400 m lång undre del. Det återstående borrhålet, Ka 4, som placerades nära en känd, större krosszon, visar avvikande förhållanden.

De fyra andra borrhålen slutar alla i tätt berg. De undersökta bergformationerna avgränsas därför ej av borrhålen. Geologiskt sett sträcker sig dessa bergformationer i själva verket över stora områden i södra Blekinge.

x) I Ka 3 har ingen enkelmanschettmätning utförts. Utförda dubbelmanschettmätningar anger dock lika låg vattengenomsläpplighet som i övriga täta sektioner.

2. Granskningsutlåtandet, sid. 60: "Enbart det faktum att en bred NNO gående sprickzon delar förekomstområdet i två delar, gör att detta ej uppfyller de av KBS tidigare framhållna geologiska förutsättningarna för ett helt säkert förvar."

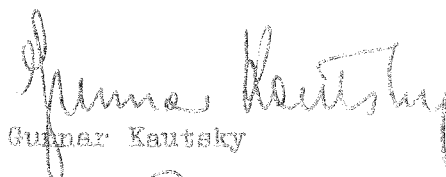
SGU kan inte finna stöd för påståendet att frånvaron av sprickzoner utgör ett villkor för ett säkert förvar. SGU önskar framhålla att en kartläggning av förekommande sprickzoner, tvärt emot vad konsultgruppen hävdar, på intet sätt har avgörande betydelse för den geologiska undersökningens syfte i nuvarande skede. Vid SGU:s planläggning av de komplementerande undersökningarna har i stället följande synpunkt varit vägledande: "Självfallet är kunskap om eventuella krosszoners läge och utbredning av största betydelse för ett bergförvars slutliga utformning. Av detta skäl har det av KBS föreslagna bergförvaret utformats som ett modulsystem, som kan anpassas till de lokalt rådande bergförhållandena. Härigenom reduceras frågan om eventuella krosszoners läge till en ekonomisk fråga, som inte berörs av villkorlagen" (KBS, grön II, sid. 118). Mot denna bakgrund framstår konsultgruppens jämförelser mellan föreliggande undersökning och de krav som ställs på förundersökning för oljelagrlagsrum resp. gravor, som obefogade.

Utöver dessa två huvudpunkter innehåller utlåtandet en rad andra påpekanden och misstolkningar. Dessa saknar emellertid avgörande betydelse. SGU önskar dock understryka att utlåtandets påstående att pumpundersökningar skulle vara lämpligare vid föreliggande undersökning än mätningar med vatteninpressning är felaktigt. Likaså bör framhållas att observationer i tre av de utförda borrhålen bevisar att den breda överskjutningszon, som enligt konsultgruppen skulle ta bort en stor del av förvarsutrymmet, inte existerar i det läge som angivits. Däremot är konsultgruppens markering av sprickzonen öster om Kölön berättigad. Dessa punkter behandlas närmare i bifogade tekniska kommentarer, som utarbetats av docent Otto Brotzen, avd.dir. Leif Carlsson, forskningsingenjör Gunnar Gidlund, docent Gunnar Kautsky, geolog Sören Scherman och avd.dir. Ulf Thoregren.

SVERIGES GEOLOGISKA UNDERSÖKNING



Gunnar Ekevärn



Gunnar Kautsky



Otto Brotzen
(SGU:s konsult)

TEKNISKA KOMMENTARER TILL
SKI KONSULTGRUPPS GRANSKNINGSUTLÅTANDE
AVSEENDE KOMPLETTERANDE GEOLOGISKA
UNDERSÖKNINGAR PÅ STERNÖ

Sveriges geologiska undersökning

Otto Brotzen

Leif Carlsson

Gunnar Gidlund

Gunnar Kautsky

Sören Scherman

Ulf Thoregren

Uppsala mars 1979

Sprickzoner

SGU har i fig. 1 i utvärderingsrapport februari 1979 presenterat en karta över Sternö-områdets större sprickzoner. Dessa zoner är inlagda på grundval av kart- och flygbildstudier, topografiska indikationer samt observationer av hållar och borrhämnor.

SKI:s konsultgrupp för geologifrågor har förutom de zoner SGU presenterat, antagit att ytterligare fyra zoner direkt berör det undersökta området på Sternö.

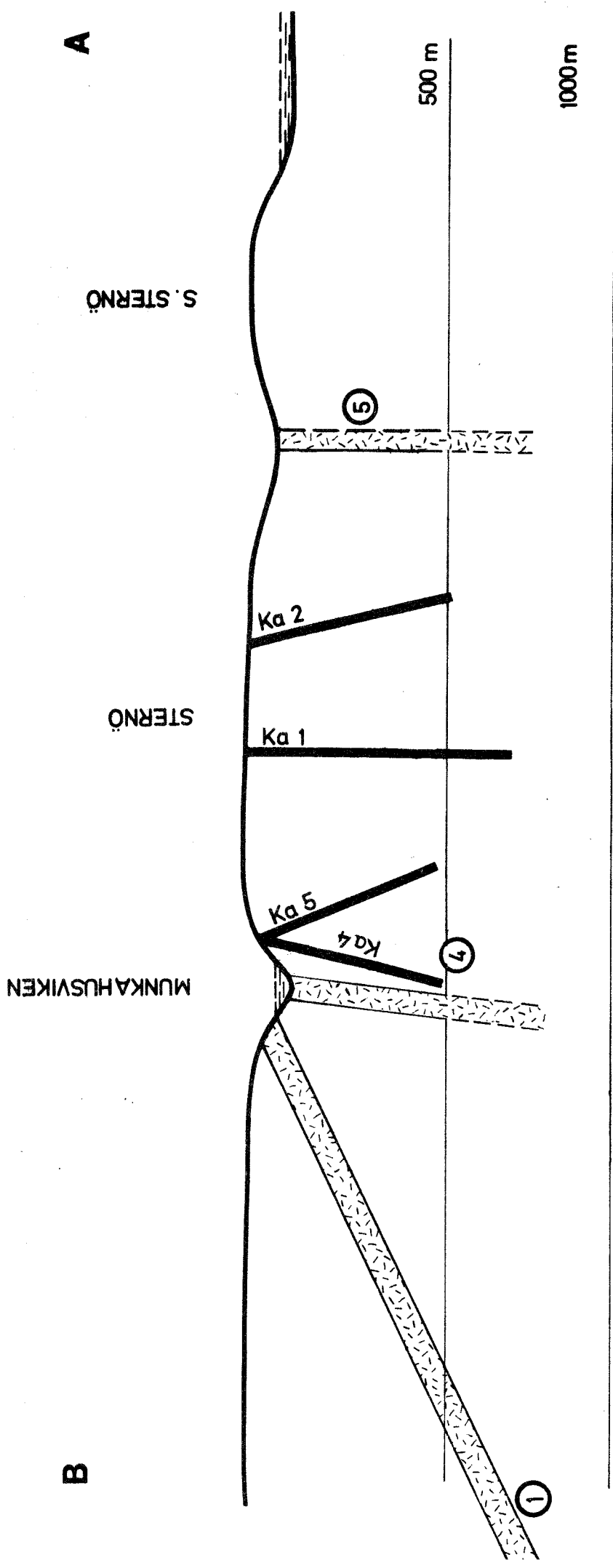
En av dessa zoner, betecknad med nr ② i profilen i granskningsutlåtandets figur 3.1:8, skäres där av borrhål Ka 1 och Ka 2. Med det angivna läget skulle zonen också återfinnas i borrhål Ka 3. Zonen påstås av konsultgruppen vara en mäktig flack överskjutning med en effektiv bredd av ca 250 meter (granskningsutlåtandet, sid. 23).

En överskjutning av den storleken borde tydligt ha registrerats vid kärngranskningen pga utpräglad uppkrossning, leromvandling och mylonitisering. Ingenting av detta har dock registrerats vid karteringen av borrhämnorna. Även vid förnyad genomgång av respektive kärnor har inga tecken på en sådan överskjutning kunnat registreras. Detta innebär att observationer i tre borrhål bevisar att denna flacka överskjutningszon inte existerar med det läge och den bredd som konsultgruppen angivit.

SKI-gruppen hävdar att sprickzonen i Munkahusviken har en lutning av ca 65° mot söder och tväras av borrhål Ka 4. Denna zon har av SGU bedömts stå brant. Detta grundas på regionala tektoniska studier, vilka också tyder på att zonen är av skjuvkaraktär.

Borrhålet Ka 4 har utförts för att undersöka sprickzonens effekt på sidoberget. Den förhöjda sprickfrekvens som registrerats motsvarar närheten till sprickzonen. Det finns inget observationsunderlag från detta borrhål som bekräftar granskningsgruppens påstående att sprickzonen lutar 65° mot söder.

Fig. 1
SGU, mars 1979



- 1 OXHAGA NABB ÖVERSKJUTNINGSZON
- ~~2 Ka 2 ÖVERSKJUTNINGSZON (SANNOLIK)~~
- ~~3 SANNOLIK ÖVERSKJUTNINGSZON~~
- 4 MUNKAHUSVIKENS KROSSZON
- 5 KROSSZONEN MELLAN N O S. STERNÖ

Fig. 2

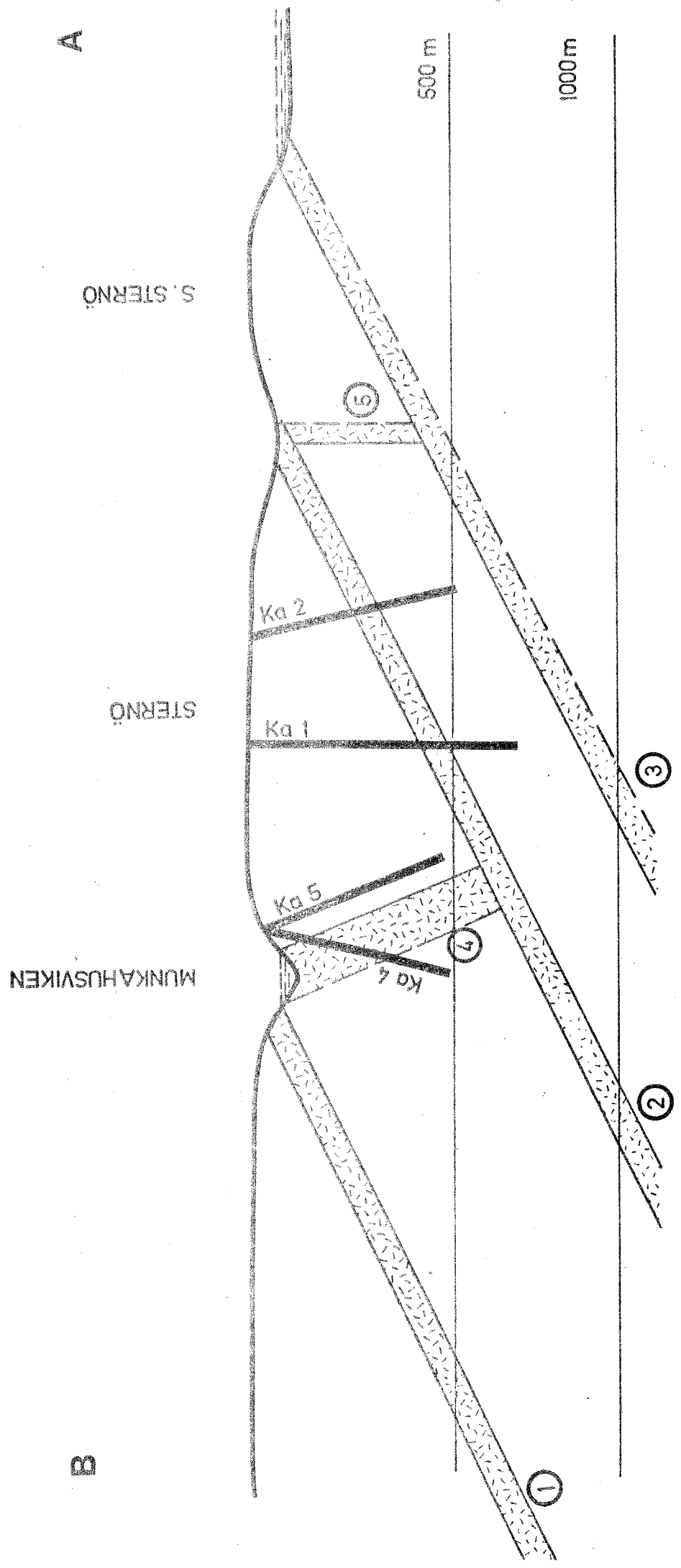


Fig 3.1:8

Fig. 1 visar den diskuterade profilen, korrigerad med hänsyn till anförda förhållanden, och fig. 2 visar konsultgruppens egen framställning av samma snitt genom berggrunden.

Sprickzon nr ⑨ på figuren 3.1:9 behandlas i kapitel 2.1.5 i SGU:s utvärdering på följande sätt: "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 sprickzonen. Permeabilitetsförhöjningen i sprickzonen är av samma storleksordning som de normala variationerna av permeabiliteten ovan 300 m i berggrunden. Zonens begränsade utsträckning och permeabilitet visar att den förmodade spricklinjen saknar betydelse för helhetsbilden." Ingenting har framkommit som ändrar denna bedömning

Sprickzon nr ⑩ på fig. 3.1:9 har SGU inte kunnat påvisa genom kart-, flygbilds- och markstudier. Förhöjningen av sprickfrekvensen i den övre delen av borrhål Ka 3 är i stället förknippad med tensionszonen genom Sternö.

Granskningsgruppens markering av sprickzon nr ⑧ är berättigad.

Berggrunden inom undersökningsområdet

Konsultgruppen har i sin granskningsrapport gjort följande uttalande:

Sid. 31:

"Över Sternö saknas fortfarande en detaljerad geologisk berggrundskarta, som visar de exakta gränserna för olika förekommande bergarter, deras strykning och stupning."

I teknisk rapport "Kompletterande berggrundsundersökningar inom Finnsjö- och Karlshamnsområdet" på sid. 70, presenterar SGU en berggrundskarta i skalan 1:10 000 över Sternö.

Vidare konstaterar SGU:

"Berggrunden består av följande huvudbergarter:

kustgnejs
gnejsgranit
Karlshamnsgranit

I områdets östra del förekommer en bredare gång av diabas med skarpa kontakter mot sidoberget."

"Gränserna mellan Karlshamnsgraniten, gnejsgraniten och kustgnejsen utgör (med undantag av de ytliga Karlshamnsgranitgångarna) sannolikt inte någon svaghetszon, eftersom det här inte är fråga om skarpa intrusionskontakter. I stället ger de mycket diffusa övergångarna mellan Karlshamnsgraniten och kustgnejsen intrycket av att den förra är bildad mer eller mindre på platsen, ur den finkorniga kustgnejsen."

Konsultgruppen godtar uppenbarligen denna beskrivning, när den på sid. 38 anför följande:

"Berggrunden på Sternö består av s k kustgnejs, gnejsgranit och Karlshamnsgranit. Gränsen mellan de olika bergarterna är inte skarp, utan kustgnejsen övergår via gnejsgranit successivt i Karlshamnsgranit."

Dessa kontaktförhållanden motsäger konsultgruppens slutsatser om att bergartskontakterna skulle motsvara svaghetszoner och innebära särskilda risker för sprickbildning.

Permeabilitetsmätningar

För att bestämma egenskaper hos en vattenförande formation (bergmassa) måste en hydraulisk störning skapas och effekterna av denna störning mätas och analyseras. Störningar kan åstadkommas genom att under kontrollerade former skapa över- resp. undertryck hos grundvattnet vilket motsvaras av vatteninpressning resp. provpumpning.

Teorierna för utvärdering av de vattenförande egenskaperna är i båda fallen desamma. Det är därför de praktiska förutsättningarna som får bestämma val av metod.

I föreliggande undersökning har ett av de väsentliga målen varit att bestämma fördelningen och utsträckningen av de vattenförande och mindre vattengenomsläppliga sektionerna i borrhålen. Denna typ av information erhålles ej med konventionella pumpförsök.

Endast mycket omfattande tekniska arrangemang och tidskrävande arbete skulle göra en pumptest jämförbar med vatteninjektion. Dessutom saknas praktisk erfarenhet från pumpförsök av detta slag.

En lättare framkomlig och sedan många år beprövad metod är vatteninjektion. Denna används vid motsvarande undersökningar rörande deponering av högaktivt avfall i bl a följande länder: Canada, Frankrike, Storbritanien och USA.

Vid pumpning eller vatteninpressning kan störningsförlopp registreras i närliggande observationshål, såsom också föreslagits av SKI:s geologgrupp. Tiden för denna störnings fortplantning beror ej på om störningen åstadkommes genom pumpning eller vatteninjektering. Störningen är istället beroende av bergets vattenförande egenskaper. För att störningen skall nå 100 m ut i ett homogent berg med permeabilitetsvärdet $k = 10^{-11}$ m/s fordras en tidsrymd av ca 500 dygn.

Till skillnad från konventionella pumptester kan enkelmanschettmätningar utföras i olika avsnitt av berggrunden, vilket ger en mer detaljerad bild av bergets vattengenomsläppliga egenskaper i an-

slutning till borrhålen.

Den bergvolym som omfattas av permeabilitetsmätningarna beror av bergets vattenförande egenskaper, som närmare utretts i KBS Teknisk Rapport 79-06.

För att kunna registrera störningsförloppet längre in i en bergmassa bör testerna utföras under längre tider, jfr ovan. Vid sådana längre tester kan effekter av begränsningar i form av tätare resp. mer vattenförande partier av bergmassan analyseras med hjälp av de transienta tryckuppbyggnadskurvornas senare delar. Det är dock under den tidigare delen av dessa kurvor, när dessa begränsningseffekter ej inverkar, som permeabiliteten med minsta osäkerhet utvärderas.

Sådana transienta tryckuppbyggnadskurvor har analyserats inom begränsat antal sektioner och korta tidsrymder. Resultaten hittills visar teoretiskt genomgående på något lägre permeabiliteter än beräkningarna med konventionell formel angivna i KBS Teknisk Rapport 61.

Vattenförlustmätningar ger en bild av permeabiliteten i borrhålens direkta närhet. Höga uppmätta permeabiliteter representerar större bergvolym än låga permeabiliteter. Borrhålens geometriska placering tillsammans med övrig berggrundsgeologisk information ger dock underlag för enbedomning av permeabilitetsbestämningarnas giltighet för större bergvolym och därmed en allmän bild av permeabiliteterna inom ett undersökningsområde (jfr SGU:s utvärderingsrapport feb. 1979).

Synpunkter på "Granskningsutlåtande avseende KBS-utredningen,
SKI 1979-03-12".

Undertecknad har av KBS fått i uppdrag att framföra synpunkter på ovanstående utlåtande. På grund av den mycket korta tid som stått till förfogande behandlas endast ett begränsat antal frågor av rent berggrundsgeologisk och geofysik karaktär.

De nedan redovisade synpunkterna baseras på de erfarenheter som vunnits av såväl vetenskaplig som praktisk geologisk verksamhet inom västra Blekinge och vissa omgivande regioner.

1. Överskjutningszoner

På sidorna 21 och 22 samt i fig. 3.1:7 och 3.1:8 diskuteras ett antal överskjutningszoner som antages genomsätta berggrunden på Sternöhalvön. Med utgångspunkt från den överskjutning som konstaterats i oljelager på Oxhaga Nabb konstrueras tre överskjutningszoner (fig. 3.1:7 och 3.1:8). Som motivering anföres bl a att överskjutningszoner ofta uppträder parallellt i gnejsterrängar. Enligt fig. 3.1:8 bör överskjutning nr 2 klart framträda i borrhålen Ka1 och Ka2.

Att på grundval av denna enstaka observation konstruera tre överskjutningszoner är absolut inte försvarbart. För övrigt kan framhållas att kustgnejsen vanligen inte uppvisar den tendens till parallella överskjutningar som förekommer i en del andra gnejsterrängar.

Som framhållits ovan bör överskjutningszon nr 2 tydligt framträda i borrhålen Ka 1 och Ka 2. För att konstatera huruvida så var fallet besökte jag den 14.3.1979 Sternö och studerade där tillsammans med dir. C.O. Morfeldt och representanter för KBS och SGU aktuella delar av borrhämnarna från borrhålen Ka 2 och Ka 3. Kärnorna från de tidigare borrhålen av Ka 1 ned till 500 m förvaras på annan plats, varför de ej kunde besiktigas. Delar av övriga kärnor från Ka 1 studerades.

För samtliga dessa borrhämnor gäller att inga som helst spår, som kan sättas i samband med en överskjutning, kunde konstateras. Eftersom den förmodade zonen möjligen kunde tänkas beröra den djupaste delen av borrhål Ka 3 undersöktes även aktuella delar av denna kärna. Inte heller denna visade någon antydning till överskjutning. Något bevis för överskjutningszon nr 2 föreligger alltså inte enligt min mening i borrhämnorna.

Jag finner det anmärkningsvärt att konsultgruppen på så bristfälliga grunder konstruerar två stora överskjutningszoner som så klart påverkar utrymmet för ett förvar på Sternöhalvön. Någon besiktning av aktuella borrhämnor har tydligen inte utförts.

2. Munkahusvikens kross- och sprickzoner

På sidorna 23 och 24 samt på fig. 3.1:5 och 3.1:9 har Munkahusvikens sprickzon markerats. Zonen framträder topografiskt i Munkahusviken och har av KBS antagits vara vertikal. Borrhål Ka 4 borrades för att undersöka zonen. Undersökningen av borrhämnorna visar ett antal sprickgrupper och sprickzoner. De flesta av sprickorna är uppbrutna äldre, kalcit-epidotläkta sprickor, vars riktning oftast är med kärnan längsgående. Detta talar enligt min mening för ett antal sprickgrupper och sprickzoner som har övervägande betydligt brantare stupning än vad som antages i fig. 3.1:5. Jag anser också tveksamt om borrhål Ka 4 verkligen nått den egentliga zonen. Att döma av borrhämnorna kan de relativt smala sprickzoner, som avbryts av hela kärnpartier, snarare tolkas som sidoyttringar till den egentliga zonen under Munkahusviken. Detta innebär att den horisontala bredden av sprickzonerna blir mindre och förskjutes längre mot NV än vad som antagits av konsultgruppen.

3. Sternödiabasen

På sidorna 24, 25, 33 och 34 diskuteras den breda diabasgång som genomsetter Sternöhalvöns östra del i riktning ca N 30° O.

Undertecknad har tillsammans med prof. Ingemar Larsson, KTH för ett 10-tal år sedan utfört en geologisk och magnetisk undersökning av Sternö-diabasen. Alla iakttagelser i fält där blottningar av kontakten sidoberg-diabas förekommer visar entydigt på en vertikal stupning.

Diabasens kontaktzon har av konsultgruppen antagits vara en "snabb vattenströmningsväg". Detta förutsätter att tektonisering har ägt rum i anslutning till gången med åtföljande uppkrossning. Några tecken på en dylik tektonisering föreligger emellertid inte. Synliga kontakter förefaller täta med finkorniga salband. Man bör dessutom betänka att stora delar av Sternö-diabasen har brutits som blocksten vilket klart antyder att någon nämnbar tektonisering av gången inte har förekommit.

Min åsikt är att gången kan betraktas som vertikal men jag vill samtidigt påpeka att diabasen i sig själv är att betrakta som ett heterogent inslag i den för övrigt ur bergteknisk synpunkt homogena bergmassan på Sternö-halvön. Den kan alltså inte tänkas ingå i den del av bergmassan som är tillgänglig för ett förvar.

I en uppsats (Larsson-Stanfors i Geophysik und Geologie, Folge 15) redovisas resultatet av magnetiska mätningar över diabasgångar i västra Blekinge. Vad Sternögången beträffar visar det sig att diabasen här har en susceptibilitet som oftast är av samma storleksordning som sidobergarternas, varför möjligheten att mera ingående lokalisera Sternödiabasen med magnetometriska metoder är mycket små. Detta bekräftas för övrigt av SGU:s flygmagnetiska undersökningar. Härmed bortfaller givetvis också möjligheten att av magnetiska resultat bedöma diabasgångens stupning.

4. Geofysikaliska mätningar

På sidan 34 framhålls att magnetometriska mätningar skulle kunna fastställa gränserna mellan gnejsen och de olika granitiska bergarterna på Sternö.

Utförda magnetiska mätningar i västra Blekinge visar att Karlshamnsgraniten med sin avvikande höga susceptibilitet framträder i stort gentemot kustgnejs och gnejsgranit som har låg susceptibilitet. Någon skillnad mellan kustgnejs och gnejsgranit kan i allmänhet inte konstateras.

Bergmassan på Sternö är inte litologiskt enhetlig. Den består av kustgnejs, gnejsgranit och Karlshamnsgranit. Karakteristiskt är att kontakterna mellan bergarterna är diffusa. Oftast förekommer en gradvis övergång mellan de olika bergartsleden som är dessutom synnerligen oregelbundet fördelade i bergmassan. Dessa faktorer gör det mycket svårt att med hjälp av magnetometri få en någorlunda klar bild av bergartsfördelningen på Sternö.

Även om bergmassan på Sternö inte är litologiskt enhetlig anser jag den vara homogen ur bergteknisk synpunkt.

Lund 1979-03-16



Roy Stanfors
fil.dr.

Till Statens Kärnkraftinspektion

"KBS Kompletterande geologiska undersökningar i Sternöområdet"

Vid den av Kärnkraftinspektionen tillsatta konsultgruppens slutsammanträde den 9 mars visade det sig helt omöjligt att åstadkomma en godtagbar kompromiss, varför jag fann mig nödsakad att avlämna ett särskilt yttrande. På grund av den begränsade tid, som stod till buds, blev detta med nödvändighet något kortfattat. På SKI:s anmodan till mig (skriv. 1979-03-14) att utförligare redogöra för varför jag inte kunde godtaga den övriga gruppens slutledning, får jag härmed lämna följande mera preciserade motivering.

SKI:s uppdrag till konsultgruppen gällde att besvara frågan, om berget på Sternö var av tillräckligt god beskaffenhet för att motsvara kraven i KBS säkerhetsanalys samt om den tillgängliga bergmassan var tillräckligt stor.

I konsultgruppens granskning av berggrundsförhållandena, i det följande kallad "rapporten", finns ej ett ord om den rådande bergartens beskaffenhet, fastän detta var en av de båda huvudfrågorna. Av de mycket omsorgsfullt gjorda borrhärnegångarna dm för dm (inte alls summariska som påstås i rapporten sid. 32) framgår klart, att berget är av utomordentligt god beskaffenhet med hela, långa borrhärnor, ringa sprickfrekvens och ingen kärnförlust. Detta gäller oavsett om bergarten är gnejs, gnejsgranit eller granit. Bortsett från bh Ka 4, som avsiktligt riktats mot en förmodad sprickzon, utgör sammanlagda bredden av mätbara sprickzoner under 400 m djup en försvinnande liten del av hela borrhärnelängden: I bh Ka 1 = 0.3 % av 402 m, i bh Ka 2 = 0.7 % av 178 m, i bh Ka 3 = 0.5 % av 374 m och i bh Ka 5 = 0.3 % av 202 m.

Jag skall i det följande inte uppehålla mig vid en del allmänt hållna, helt betydelselösa anmärkningar och inkonsekvenser i den geologiska granskningsdelen utan inskränker mig till vad som för mig varit väsentligt vid mitt ställningstagande.

Som stöd för sitt underkännande av KBS Kompletterande geologiska undersökningar utgår rapporten från en hypotetisk "Spricktekonisk sammanställning över Sternö" (fig. 3.1:10). Jag kan inte ansluta mig till denna

framställning. Flertalet av de sprickzoner som anges är löst grundade eller ogrundade konstruktioner. På kartan finns 14 sprickzoner markerade och numrerade. Av dessa är endast två (nr 1 och 2) påvisade genom borrhningar, en (nr 3) är sannolik av andra skäl. Övriga markerade zoner grundar sig på antaganden.

Här skall endast beröras två av dessa, därför att de kan tänkas ha större inflytande på det för avfall användbara utrymmet.

Kartans sprickzon nr 11 betecknas som sannolik överskjutning med 20° - 30° stupning mot NV. Som skäl härför anföres, att en överskjutning, kännetecknad av en bred lersköl, påvisats i ett oljeberggrum på Oxhaga Nabb norr om Munkahusviken. (Varken i bh Ka 1, Ka 2 eller Ka 3, som enligt konstruktionen skulle skäras av denna överskjutning, har påträffats någon lersköl, som kunde ge anledning till jämförelsen, inte heller något annat, som tyder på att en överskjutning ägt rum här. Följaktligen anser jag, att den bild av en överskjutningszon (med senare tillägg "sannolik"), som återges med beteckningen 2 på fig. 3.1:8 saknar stöd i verkligheten och inte kan utgöra grund för en bedömning av utrymmesmöjligheterna på 500 m djup. Den kärnförlust på 10 cm, som omnämnes i rapporten på sid. 21 ("ger kärnförluster"), berodde enligt den geolog, som granskat borrhkärnan, på att ett 10 cm långt stycke av kärnan tappats bort. Att som anföres på sid. 22, det skulle vara vanligt inom gnejsterrängar, att dylika överskjutningszoner upprepas med vissa mellanrum, är obekant för mig. Event. överskjutningar har inget med bergarten som sådan att göra.

Vad som anföres om diabasgången på östra Sternö är icke överensstämmande med verkligheten. På grund av den betydelse, som ifrågavarande diabasgång tillmätts vid granskningen, får jag redogöra något utförligare härför.

Enligt rapporten sid. 24 f, finns inte angivet, hur diabasen stupar och var den återfinns på 500 m nivå. "Eftersom det inte finns någon detaljerad geologisk karta går det inte att se om diabasen löper obruten eller om den är förskjuten vid krosszonerna".

I själva verket förelåg en detaljerad karta i skalan 1:1000 över en del av diabasen, vilken förelades gruppen. Enligt denna stupar diabasen vertikalt. Det är helt osannolikt, att en diabasgång av denna bredd (över 200 m) skulle ändra stupning på ett markant sätt djupare ner.

Vidare sägs, att diabasen "måste ges en bred skyddszon, icke minst med tanke på att ev. rörelser i berggrunden kan inträffa längs det svaghetsplan, som diabasen utgör".

Häremot kan anföras, att diabasgången med finkornig kontakt är sammanläkt

med sidostenen. Några rörelser utmed gränsen har inte påvisats, och någon påverkan på gränsen diabas/sidosten har inte ägt rum under tidigare nedisningar. Diabasens ålder är c:a 900 milj. år. Den har vid brytning i ett flertal stembrott kunnat uttagas i ovanligt stora, hela block, vilket tyder på att den inte varit utsatt för några betydande rörelser efter sin bildning.

Vidare sägs (sid. 25) att det förefaller sannolikt att diabasen är förskjuten i sidled, där sprickzonerna 5,6 och 11 skär densamma. Detta antagande har i och för sig inte någon större betydelse, men eftersom det framföres som viktigt, måste jag säga dels att sprickzonerna i fråga är hypotetiska, dels att det inte finns något som helst bevis för att en förskjutning av diabasen skulle ha ägt rum på sätt som anges på kartan fig. 3.1:10.

På sid. 33 står: "Diabasens kontaktzon betyder en snabb vattenströmning genom berggrunden". Detta skulle varit riktigt, om diabaskontakten samtidigt utgjort en rörelse- och förskiffringszon, men så är inte fallet, se ovan. Jämförelsen med smala, ofta slingrande diabasgångar av helt annan typ i mellansvenska gruvor är ovidkommande.

Mitt slutomdöme är, att de hypotetiska konstruktioner av sprickzoner, som anges på kartan fig. 3.1:10, är alltför löst grundade för att utgöra underlag för en objektiv bedömning av utrymmesmöjligheten för ett tänkbart förvar.

Lund 1979-03-18

Sven Hjelmqvist

1979-03-19
C-O MORFELDT

SYNPUNKTER PÅ GRANSKNINGSUTLÅTANDE AV SKI:s
KONSULTGRUPP FÖR GEOLOGIFRÅGOR, AVSEENDE
KBS-UTREDNINGEN "KÄRNBRÄNSLECYKELNS SLUTSTEG".

Efter att ha tagit del av geo-gruppens utlåtande av den 9 mars 1979, och sedan jag i detalj studerat borrhärnorna från Sternö-området i Karlshamn, kan jag uttala följande:

Geo-gruppen underkänner på ett mästrande sätt den geologiska utredning, som gjorts av SGU.

Med anledning härav vill jag framhålla att berggrundsgeologi inte är någon exakt vetenskap och att ingen geolog har "röntgensyn". Vid bergundersökningar på djupet arbetar geologerna efter en förväntningsmodell, som man byggt upp efter terränganalyser etc. på markytan. Dessa förväntningsmodeller eller geologiska filosofier kan skilja sig avsevärt från en geologgrupp till en annan.

Det är mycket svårt att på förhand avgöra vilken modell som är den rätta. Det är därför ägnat att förvåna att geologgruppen så utan vidare anser sig kunna "sabla ner" vad SGU:s expertgrupp kommit fram till. Det är först genom borrhning av långa hål med kontinuerlig provtagning, "borrhärnor", som man kan kontrollera om förväntningsmodellen stämmer.

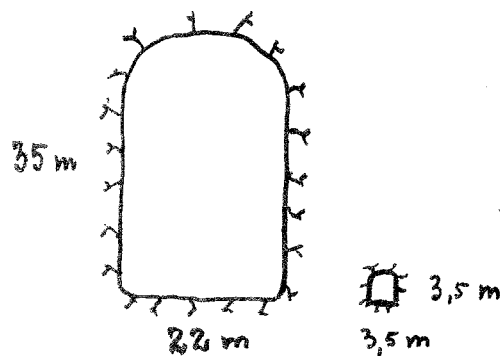
De överskjutningszoner som geo-gruppen antagit i sin förväntningsmodell och som enligt gruppen allvarligt begränsar den acceptabla bergmassan har jag inte kunnat återfinna vid granskningen av borrhärnorna.

De utförda borrhålen har sålunda bekräftat, att geo-gruppens tolkning (förväntningsmodell) är felaktig.

Geo-gruppen har starkt kritiserat undersökningarnas ringa omfattning och anför som exempel att mycket mer omfattande undersökningar vid byggande av oljelagringsanläggningar i berg alltid utförs liksom för undersökning av malmkroppar.

Mot detta resonemang har jag mycket allvarliga anmärkningar att göra liksom mot det sätt på vilket man hanterar de olika undersökningsinsatserna vid jämförelsen.

Samtliga oljelagringsanläggningar som geo-gruppen refererar till ligger alla med taket i det sprickiga ytberget. Vid rekognoscering och projektering av bergförlagda oljelager gäller det därför att hitta ett bra bergparti i en "höstack" av bergsprickor. Olje- och gaslager är tekniska system som har mycket litet gemensamt med det av KBS föreslagna avfallslagret. Jämför t. ex. storlekarna på bilagda figurer.



De bergmekaniska problemen är således av en helt annan svårighetsgrad än de som uppträder i mindre tunnlar. Det finns gott om mindre tunnlar i ytberget under våra tätorter, för vilka icke görs några undersökningar alls.

Att ytligt belägna oljelager invid havet kan behöva tätas är en vanlig företeelse. De höga tätningskostnader som anförs för oljerummen i Karlshamn är sålunda inget anmärkningsvärt och har ingenting med berggrundens beskaffenhet på djupet att göra.

Uppgiften om höga bergspänningar vid oljelagringsanläggningarna vid Brofjorden är felaktig i såväl de anläggningar som varit i funktion i flera år liksom i den som nu är under utförande har inga störningar vad gäller anläggningarnas storstabilitet inträffat.

Någon anledning att befara bergtryck på 500 meters nivån i Karlshamn som skulle kunna äventyra storstabiliteten i de små bergrum (spännvidd 3,5 m) som planeras finns enligt min uppfattning inte.

När man kvalitativt och kvantitativt inventerar en malmfyndighet genom borrhning står man inför helt andra problem än de som man möter när man projekterar slutförvaret.

Varken bergstabiliteten, sprickor eller vatten är vid malmundersökningar av primärt intresse.

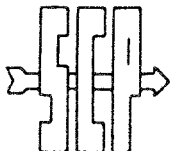
Jag finner alltså att geo-gruppens jämförelse mellan undersökningsinsatserna för oljelager respektive malmförekomster med de som gjorts i Karlshamn icke är relevanta och således ej heller det sätt på vilket gruppen räknar om undersökningsinsatserna i antal borrhål per kvm mark. Den räkneövning som presenterats är inte "i överensstämmelse med geologisk vetenskap och erfarenhet".

Ett på geologiska grunder utsatt och riktat undersökningshål kan ge säkrare geo-upplysningar än tiotals hål okritiskt satta i ett rutnät enligt en viss statistisk filosofi.

Jag vill också framhålla att det finns ett stort antal oljelagringsanläggningar i berg i Sverige där inget eller några få kärnborrhål utförts, de har ändå byggts med gott resultat.

De fyra borrhål som utförts i Karlshamn visar att en mycket hel bergmassa finns i det nu undersökta området, samt att förekommande bergarter har en ur bergteknisk synpunkt mycket goda egenskaper. Naturligtvis skall, när en anläggning projekteras, kompletterande borrhål utföras, så att anläggningen kan ges den bästa placeringen och utformningen ur såväl bergmekanisk som geohydrologisk synpunkt.

Man kan naturligtvis undersöka och kontrollera berg med allehanda moderna metoder och instrument. Jag är av den uppfattningen att ingen metod kan bättre avslöja bergets hemligheter på djupet än en kärnborrhål kompletterad med vattenförlustmätning.



SCANDPOWER AS

INTERNATIONAL CONSULTANTS

Civ.ing. Alf Larsson
c/o Statens Kärnkraftinspektion
Box 27106
S-102 52 STOCKHOLM, Sverige

DATE : Kjeller 19.Mars, 1979

YOUR REF.:
OUR REF. : PON/GL

Kan høyaktivt avfall lagres "helt sikkert" i Sternø-området?

De kompletterende geologiske undersøkelsene som er gjennomført i Sternø-området har vist at en rekke av de forutsetningene som KBS selv har oppstilt ikke er oppfylt i Sternø. KBS's sikkerhetsfilosofi er basert på at avfallet i slutt-lageret er omgitt av en serie mer eller mindre uavhengige barrierer. Viser det seg at en av disse barrierene ikke tilfredsstillende de gitte forutsetninger kan dette i visse tilfelle kompenseres ved å øke kvaliteten på en eller eventuelt flere av de øvrige barrierer. Det kan derfor være rimelig å fremsette spørsmålene: Kan høyaktivt avfall lagres "helt sikkert" i Sternø-området?, og Hvilke endringer i KBS's opprinnelige forslag vil eventuelt være nødvendige?

Ingen av spørsmålene kan umiddelbart besvares, men følgende betraktninger synes relevante:

1. Bergmassens homogenitet

Bergmassen i Sternø består av tre ulike, omenn beslektede, bergarter: gneis, gneisgranitt og granitt, med bl.a. ulike varmeledningsevne, varmeutvidelses-koeffisient og holdfasthet. Det er dessuten sannsynlig at den naturlige spenningstilstand vil variere fra bergart til bergart. Hva som vil skje når denne inhomogene bergmasse oppvarmes er et meget komplisert problem og er ikke behandlet av KBS.

En tilfredsstillende utredning om dette problem må være en forutsetning for at Sternø kan komme i betraktning som sluttlageringsplass.

2. Kross- og sprekksoner

For å tilfredsstillende kravene om minimal vannstrøm gjennom sluttlageret og lang transporttid for grunnvannet fra lageret til biosfæren har det vært

../2



KBS's forutsetning at lagringsområdet ikke skulle gjennomskjæres av større kross- eller sprekk-soner. En 80 m bred sprekkzone omtrent midt gjennom det aktuelle området er påvist av SGU, mens konsultgruppen for geologi-frågor har påvist en annen sprekkzone som stuper ca. 20° og som med stor sannsynlighet skjærer gjennom 500 m's nivået innen den aktuelle lagringsområdet.

Den vannmengde som kommer i kontakt med avfallssylindren har direkte betydning både for kapslingens effektive levetid og for glassets oppløsningstid.

Det er mulig at tilstedeværelsen av disse sprekksoner kan kompenseres gjennom injektering av betong i sprekkene samt anvendelse av høykompakterte bentonitblokker rundt avfallssylindren og der hvor tunellene passerer sprekksoner eller større, vannførende sprekker. Anvendelse av høykompakterte bentonitblokker er imidlertid ikke forutsett ved sluttlagring av høyaktivt avfall fra opparbeiding.

3. Målemetoder for permeabilitet

To forskjellige målemetoder er anvendt; dobbeltmansjettmålinjer og enkeltmansmålinger. SGU og KBS mener at enkeltmansjettmålingene gir de mest pålitelige måleresultater. Dette høres i og for seg rimelig ut, men forskjellen mellom de to sett måleresultater er så stor at det burde ha vært gjennomført spesielle forsøk for å klarlegge årsaken til forskjellen. Forklaringen at det skyldes lekkasje ved mansjettene er ikke urimelig men burde vært underbygget, for eksempel gjennom direkte målingen av lekkasjen. Den meget store forskjell i måleresultatene kan indikere at en av de to målemetoder, eventuelt begge, er upålitelig eller at det har vært feil på det anvendte utstyr.

4. Grunnvannskjemi

Det er vanskelig å forestille seg at et sluttlager på Sternø etter forsegling skulle mettes med ferskvann. Langt troligere vil det finne sted en innstrømning av havvann med en Cl⁻ konsentrasjon på ca. 4000 mg/liter, eller 10 ganger den (kortvarige) maksimalverdi som er antydnet av KBS. Hvor lenge dette saltvann vil dominere er usikkert, men med den ringe tilstrømning av ferskvann kan det vare meget lenge før saltvannet fortrenses av ferskvann.

Det kan få store konsekvenser for kapslingens effektive levetid idet korrosjon av titan og bly ikke er vurdert for slike forhold. Videm sier dog i Scandpower-rapporten at selv saltkonsentrasjoner tilsvarende havvann trolig ikke vil ha noen vesentlig betydning, men heller ikke ScP har gransket kapslingens levetid under den forutsetning at havvann trengte inn i sluttlageret. Dette problem må derfor utredes nærmere, eventuelt må det anvendes helt andre materialer i kapslingen.



5. Grunnvannsstrømninger

KBS har tidligere vist at vannstrømningen gjennom det "tette" berg er minimal, og at vannstrømningen i alt vesentlig foregår i sprekker i berget. De strømlinjebilder som KBS viser i Kompletterande geologiska undersökningar tar imidlertid overhodet ikke hensyn til de sprekkesoner som omgir sluttlageret på de 3 sider, og heller ikke til den sone som går midt gjennom lagringsområdet og som er påvist av SGU. Både strømlinjebilder og tilhørende kurver over transporttider er derfor urealistiske.

En mer realistisk romlig modell er av stor interesse, ikke så meget av hensyn til vannets transporttid ettersom bl.a. SCP's konsekvensberegninger viste at transporttiden ikke er av vesentlig betydning, derimot kan det kanskje være mulig å vise at såvel brønn-alternativet som innsjø-alternativet kan elimineres for Sternø-området. En eliminasjon av brønnalternativet vil redusere maks. individ-doser med en faktor på ca. 10. Kan også innsjø-alternativet elimineres økes faktoren til ca. 1000. (KBS IV, fig. 6-7). Dette kan altså, muligens, vise seg å være en betydelig fordel for Sternø fremfor Finnsjøområdet. (Sammenlign forøvrigt NGU's forslag til kriterier for et eventuelt norsk sluttlager for høyaktivt avfall).

Det er ikke mulig på basis av de av KBS dokumenterte undersøkelser i Sternø, å akseptere at Sternø er anvendelig for et sluttlager av høyaktivt avfall etter det foreliggende forslag fra KBS. Det kan imidlertid ikke utelukkes, at ytterligere utredninger og undersøkelser av området sammen med visse tillemperinger av det konsept som tidligere er fremlagt av KBS, sammen med revisjon av relevante deler av den foreliggende sikkerhetsanalyse (KBS IV), kan vise at det faktisk er mulig å etablere et "helt sikkert" sluttlager i Sternø.

Med vennlig hilsen
SCANDPOWER A/S

Per Ole Nielsen



Statens Kärnkraftinspektion
Box 27106
102 52 STOCKHOLM

Ert tjänsteställe, handläggare

Ert datum

Er beteckning

FortF tjänsteställe, handläggare

FortF föregående datum

FortF föregående beteckning

Angående påstådd normal borrhinsats vid projektering av bergrum
med höga krav

Med anledning av uppgifter i granskningsutlåtande av den konsultgrupp som kärnkraftinspektionen anlitat avseende normal borrhinsats för projektering av bergrum för drivmedel eller i övrigt höga krav anser vi oss nödsakade att lämna följande synpunkter och korrigeringar.

Inledningsvis vill vi omtala att Fortifikationsförvaltningen är det militära försvarets byggande myndighet och svarar för projektering, byggande och drift av olika berganläggningar som har gemensamt höga krav på täthet och stabilitet. Bland dessa finns bl a oljelager på vattenbädd. Fortifikationsförvaltningen är jämte Vattenfall och ÖEF den myndighet som har längst erfarenhet av projektering och byggande i berg inom anläggningssektorn.

Avgörande för vilken borrhinsats som är normal är beroende av vilken information man har över området. Det kan vara tidigare undersökningar eller andra utförda projekt inom området.

Oftast sker undersökningen stegvis. Man förfar schematiskt på följande sätt:

1. För att förlägga ett objekt räcker det oftast att utföra en markkartering kompletterad med ett eller ett par kärnborrhål för att kontrollera indikationer på svaghetszoner inom tilltänkt nivå för bergrummet. Antalet hål står inte i något linjärt förhållande till den markyta man vill undersöka utan till den information man erhåller från markytan i form av krosszoner o dyl.

2. Vid detaljutformning kan man ofta behöva komplettera borrhningarna antingen genom att ha alternativa lösningar med hänsyn till den information man skaffar sig under utsprängningen av anläggningen eller genom komplettering av ytterligare några hål.

Vid genomgång av utförda berganläggningar under en tioårsperiod 1968 - 1978 har vi funnit att man för anläggningar i storleksordningen 100 000 m³ genomsnittligt borrhål 0 - 3 kärnborrhål baserade på geologiska förutsättningar.

Omfattningen av kärnborrhål vid Fortifikationsförvaltningens projektering har med mindre variationer varit av samma storleksordning som överstyrelsen för ekonomiskt försvar ansett vara rimligt i samband med projektering av oljelager av samma storleksordning. Att man vid utförandet borrar ett antal hål för att kontrollera grundvattenytan utanför anläggningen eller göra vattenridåer är inte relevant för frågeställningen, nämligen att söka lämplig bergkropp för förvar.

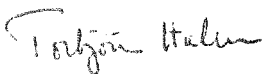
I granskningsutlåtande kap C 1 har man angett antal borrhål för olika oljelager, summerat dessa och gjort en extrapolering av antal borrhål mot 1 000 000 m² undersökningsyta. Detta beräknings sätt står inte i överensstämmelse med utnyttjande av geologiskt kunnande på grund av att:

1. Anläggningarna ligger inom olika områden.
2. Antalet hål är inte direkt proportionellt mot undersökningsytan. Man kan således från samma borrhinsats kopplat med sunt geologiskt kunnande använda en berglimpa för oljelager av olika storleksordning.
3. I angivet hål i exemplet har även inräknats hål för grundvattenobservation. Jfr fig C 2 i utlåtandet.

Uppgiften att det skulle krävas 100 hål i ett område med stora partier sprickfattigt berg är därför felaktigt och direkt missvisande.

Att man i ett senare läge vid projektering kan behöva komplettera och kontrollera att man har tillräckliga skyddszoner runt förvaret är däremot nödvändigt. Dessa borrhningar görs då lämpligen från den nivå förvaret skall ligga varvid förvaret detaljjusteras med hänsyn till orientering och geometrisk utsträckning.

Fortifikationsförvaltningen
Befästningsavdelningen
Konstruktionsbyrån
Utredningssektionen



Torbjörn Hahn

Kopior:

KBS

GD

ÖD

CB

C Bk

Bku

Ärendet

Arkivet



GEOLOGISKA INSTITUTIONEN

KUNGSTENSGATAN 45 - BOX 6801

113 86 STOCKHOLM

TELEFON : 34 08 60

Late Cenozoic Geophysics

Tel 34 08 60, ankn 179

Projektledare: Möerner, Nils-Axel, FD, d
B 231, ankn 179

Kaptensbacken 5, 133 00 Saltsjöbaden,
tel 717 18 67

Sekr: Thord, Ingrid, ankn 179

The Stockholm Paleomagnetic Laboratory
Tel 34 08 60, ankn 179

Till

officiellt

Statens Kärnkraftsinspektion

Sehlstedtsgratan 11

Box 27106

10252 Stockholm

Eftersom KBS skyndade sig att avge "motrapport" mot den som avgavs av SKI:s konsultgrupp för geologifrågor (12/3-79) och herr A. Hedgarn i anledning därav säger (DN 17/3-79) "vi har inte beställt inläggen, men vi ska naturligtvis läsa dem", vill även jag inkomma med en rapport belysande allmänna förutsättningar, nya data rörande berggrunds rörelser i Blekinge och vid Sternö och geodynamiska möjligheter till långtidsförvaring i berggrund.

Stockholm den 21/3 1979

Nils-Axel Möerner

(docent)

Rapport:

Geologiska utfästelser och realiteter vad gäller slutförvaring av kärnbränsleavfall i berggrunden: Några kommentarer och synpunkter, samt nya data (4 sidor, 4 figurer)

Bilagor:

- (1) Telexmeddelande från "Neotectonics Commission" (12/9-78)
- (2) Earth movements and Neotectonism in Fennoscandia: some comments (mars-79)
- (3) Vad säger de utländska remisserna? (25/8-78)

Geologiska utfästelser och realiteter vad gäller slutförvaring av kärnbränsleavfall i berggrunden:
Några kommentarer och synpunkter, samt nya data

Nils-Axel Möner

(Geologiska Institutionen, avd. "Late Cenozoic Geophysics", Stockholms Universitet)

1. - Tendens

70-talets kärnkraftsproblematik karaktäriseras tveklöst av en ökad osäkerhet och en ökad medvetenhet om vår bristfälliga kunskapsnivå och problemens verkliga omfattning. Många av dem som deltog i 1975-års riksdagsbeslut har vidimerat sin dåvarande bristfälliga insikt i problemen. AKA-utredningen av 1976 är pacerad (med alla sina långtgående utfästelser och garantier). KBS-gul av 1977 får ett med tiden allt sämre läge. De utländska remisserna gav en synnerligen grav kritik. Den enda verkligt tunga rösten för KBS-projektet, Prof Rankama, ingår själv i SKI:s geologgrupp och har nu gjort en helomvändning (se nedan punkt 8). Vad finns väl nu kvar till stöd för KBS-gul? KBS-grön av 1978 är under remissbehandling. Eftersom den gäller direktförvaring måste garantierna och säkerheterna vara än rigorösare än för KBS-gul.

Den internationella organisationen "Neotectonics Commission" som bl.a. specialstuderar frågan "nuclear waste stability problems" uttryckte sin syn i ett telexmeddelande till förre energiministern. Detta är väl värt att beakta. Kopia bifogas som Bilaga 1.

2. - Regeringsbeslutet av 5/10-78

I regeringsbeslutet säger man "Den kompletterande geologiska undersökningen bör därför visa att det finns en tillräckligt stor bergsformation på aktuellt djup och med de egenskaper som KBS:s säkerhetsanalys i övrigt förutsätter".

Vad är det: en tillräckligt stor bergskropp måste ges uttömmande analys av nu rådande geologiska-
-hydrologiska förutsättningar, samt underkastas en genomgående analys av dessa förutsättningars stabilitet/instabilitet med tiden.

Mot bakgrund av detta skall KBS:s ursprungsrapport + kompletterande rapport bedömas:

- (1) tillräcklig volym? - klart nej (säger SKI:s geologgrupp, och visst är det så)
- (2) förutsättningar idag? - nej, ofullständiga analyser (säger SKI:s geologgrupp, och visst är det så)
- (3) framtida förutsättningar? - klart nej (säger undertecknad, Neotectonics Commission, många remissorgan. KBS har praktiskt taget helt ignorerat denna fråga)

Mot denna bakgrund är det obegripligt varför det skulle vara ett "dilemma" att underkänna ansökan trots att "konsekvenserna av ett underkännande blir helt orealistiska" (cit. Lindell, DN 10/3-79). Ett godkännande skulle ju inte bara vara "ett hot mot rättsmedvetandet" (op. cit.) utan ett grovt övergrepp mot forskning, demokrati och rätt i Sverige.

3. - SKI:s geologgrupps rapport

Rapporten bör tala för sig själv. Den ger en god analys av Sternö's förutsättningar och de ofullständiga undersökningarna där.

Man frågar sig verkligen hur KBS vågar påstå sig uppfylla säkerhetskraven och karakterisera så stora bergsvolymer utan elementära grunddata: ett tätt (och välplacerat) bormät, en strukturell analys i yta och djup, geofysiska mätningar, etc. Självfallet är det som man säger "oundvikligen nödvändigt att veta var denna diabasgång återfinns på 500 m nivån" (återigen en häpnadsväckande lucka).

Den överskjutningstektoniska bild som SKI:s geologgrupp presenterar (Fig. 3.1:8) är intressant och utgör den mest logiska syntesen av befintligt informationsmaterial. Den är i god överensstämmelse med de rörelser som området genomgått och genomgår (se nedan punkt 4). P.g.a. de få borrhningarna och deras olyckliga placering är det självfallet att bilden inte kan betecknas annat än som högst sannolik - ett förtätat borrhät torde dock bara komma att göra bilden ännu sämre ur KBS:s synpunkt. Dessutom förekommer ju 8 andra ytliga sprickzoner som inte integrerats med överskjutnings bilden.

Geologgruppens överskjutningsbild går inte att "neutralisera" med en snabb motrapport så som KBS tycks ha åsyftat (DN:s intervju med Lars B. Nilsson säger "Geologer står mot geologer, anser sig kraftbolagen ha bevisat. Nu räknar man med ett tvetydigt svar från inspektionen"), (DN 21/3-79)

X) Detta är helt jmrceinstens formulering. Lars's arm.

4. - Berggrundsblock och oregelbunden landhöjning i Blekinge

Blekinges berggrund består av olika berggrundsenheter (av högst varierande ålder). Dessa möts just vid Sternö (Fig. 1), som så väl i ytan som i djupet visar i högsta grad olikartad berggrund. Från KBS-håll har hävdats att bergartskropparna - trots sina olika egenskaper - inte rört sig inbördes: "bergartskontakten är dock icke av tektonisk karaktär". SKI:s geologer skriver att denna slutsats "kan därför icke anses vara underbyggd". Frågan kan enkelt och sakligt utredas. Lantmäteriverket har 25 fixpunkter i Blekinga och ytterligare 10 fixpunkter i dess närhet, vilka avvägts med 60 års mellanrum. Dessa visar ingen likformig landhöjning.

De 35 fixpunkterna har markerats (fyllda trianglar) på Wiklanders geologiska karta över Blekinge (KBS-TR-25, Fig. 1). Punkternas rörelser i mm/år har plottats i en nord-sydlig profil (A-B) och i en öst-västlig profil (C-D) med markering av berggrundsindelningen. Karta och profiler återges i Fig. 1. (Notera att vid dragningen av landhöjningslinjerna har fixpunkter i fast berg prioriterats gentemot sådana i lösa block).

Den nord-sydliga (A-B) profilen visar en knäpunkt just vid bergartsgränsen äldre/yngre granitoider (detta visar även diagram över fornstrandlinjer; t.ex. KBS-TR-18, Fig. 21). Den öst-västliga (C-D) profilen uppvisar en mycket oregelbunden landhöjning: den äldre granitoiden ligger svagt stjälpd åt väster, Karlshamnsgraniten ligger starkt stjälpd åt öster med språngartad kontakt till kustgnejsen som ligger svagt stjälpd åt väster. Alltså en mycket oregelbunden bild: ovedersäglig och objektiv. Vem

kan längre påstå att berggrundsensheterna inte rör sig inbördes? Vid Sternö där just kustgnejs och Karlshamnsgnit möts är skillnaderna synnerligen stora (Fig. 1 anger 0,18 mm/år i skillnad).

Fig. 1 ger ett gott exempel på hur oregelbundna rörelserna i berggrunden i Sverige i själva verket är. Intensifierad (specialbeställd) repeterad precisionsavvägning borde vara en självklarhet innan man beslutar om slutna berggrundsförvaring överhuvudtaget ens är möjlig.

5. - Stora Skalvet 1904

Stora Skalvet 1904 hade en mycket stor effekt över hela södra Skandinavien (Fig. 2). Det är väl beskrivet av E. Svedmark (SGU, C-211, sid. 1-124, 1908).

Detta skalv, liksom så många andra, har anknytning till Väner-Vättern regionen, ett område som är speciellt geodynamiskt aktivt idag. De nord-sydliga diabaserna i Blekinge har anknytning till ett av de aktivaste skedena inom denna zone (för omkr. 1 miljard år sedan). Det är därför intressant att se att Lister-området hade extra stark känning av skalvet, vilket antyder samband (på större djup) med huvudområdet.

6. - Geodynamisk kunskap och långtidsprognoser

Under de senaste två åren har synnerligen mycket adderats till vår kunskap om Fennoskandiens jordskorperörelser och allmänna geodynamik (en summarisk sammanfattning ges i Bilaga 2). Bara delar av detta är ännu känt - det mesta ligger "in press". KBS har inte alls tagit del av detta material liksom överhuvudtaget något av det nyare materialet. Deras geodynamiska bild är närmast en 50-tals bild och måste anses som helt föråldrad (bl.a. därav den interna SGU debatten).

Inte kan vi låta denna viktiga fråga baseras på en föråldrad geodynamisk bild? Det är ju vår kunskap om pågående och förgången geodynamik som skall ligga till grund för en noggrann analys av framtida geodynamiska skeenden och olikheter. KBS har överhuvudtaget inte befattat sig med seriösa framtidsanalyser. Dessa måste tillkomma innan någon som helst bedömning kan göras om KBS-metodens möjligheter. Det är emellertid inte optimism utan pesimism om metodens möjligheter som tilltar med tid och ökad kunskap.

KBS ger förmenta långtidsgarantier. Emellertid har Westermark (och Wikman) spritt idén att kapslarna, tack vare det snabba sönderfallet av strontium och cesium, kan tillåtas haverera efter 1000-år. Man frånser då från övriga aktiva ämnen liksom effekten av återcirkulation av plutonium. Det fria plutonium som erhålls vid upparbetning måste användas - om det inte skall bli avfall igen - i bldreaktor eller lättvattenreaktor. Bldreaktor anses vi inte ha några planer på. Återcirkulering via lättvattenreaktorer är ännu på experimentstadiet och innebär (förutom starkt ökade hälsorisker) att strålfarliga actinider ackumuleras i avfallet, som därigenom får ett helt annat aktivitets spektrum än det som förutsättes i Westermarks 1000-års-filosofi (KBS ger ingen analys av detta). Någon 1000-års-gräns existerar inte. För barriär efter barriär måste vi ha verkliga säkerhetsgarantier vilka kan visas gälla under mycket långa tidsperioder. Någon sådan kunskap har vi inte idag - och är mycket långt ifrån.

Om man tillåter sig applicera Westermarks farliga och felaktiga minimi-tid-filosofi på alternativet direktförvaring, blir tiden minst 30.000 år. För sådana tidsrymder har vi inga som helst garantier idag, varför detta genast och klart kan utmönstras som orimligt idag - och säkerligen under många dekader, om det verkligen någonsin kan bli möjligt sådana långtidsgarantier, vilket det inte finns några som helst indikationer på idag.

7. - Bedömningsgrund, förvaringsmetoder, valmöjligheter

Slutsatsen blir (se även Bilaga 1 och 3) att vi idag helt saknar kunskapsgrund för ett eventuellt bejakande av KBS:s metoden. Ett sådant beslut måste föregås av 5-10 års intensiv forskning. Föga talar för att vi ens då kommer att kunna bejaka metoden.

Direktförvaring (sluten eller öppen) torde aldrig komma att kunna garanteras p.g.a. avfallets långa och höga aktivitet. Till förvaring efter upparbetning hör antingen bridreaktor (som inte kan godkännas idag) eller återcirkulering (som ännu befinner sig på experimentstadiet och saknar tillverkningsanläggning) med ackumulerande actinider i avfallet och synnerligen svåra skydds- och säkerhetsproblem.

Situationen för "nuvarande reaktorers avfall" respektive "avfall från fortsatt utbyggnad & laddning" åskådliggörs i två diagram (Figs. 3-4).

8. - Rankamas omslag ett föredöme

De utländska remisserna gav KBS en svidande vidräkning (Bilaga 3). Endast 3 positiva instanser fanns; IAEA, Akin & Hare och Rankama. De två förstnämnda saknar verkligt intresse eftersom de var synnerligen jäviga. Rankama är en stor och mångsidig forskare och hans odelade optimism var svårförstålig - utan honom skulle de utländska remisserna aldrig kunnat låtas frånses sin förkrossande kritik av KBS-rapporten.

Rankama, som ingår i SKI:s geologgrupp (liksom Huseby, som var med att utarbeta den relativt positiva remissen från NGU), står nu bakom den svidande kritik geologgruppen ger KBS:s "kompletterande geologiska undersökningar". Detta innebär en oerhörd omsvängning. Endast en stor vetenskapsman som har kraft att låta informationen bestämma och övertyga torde kunna göra en sådan omsvängning. Detta borde kunna inspirera till efterföljd.

Med Rankamas (och Husebys) omsvängning blir höstens utländska remisser nu fullständigt utan tungt stöd. Detta borde ha synnerligen stor betydelse vid den fortsatta bedömningen av KBS-projektet.

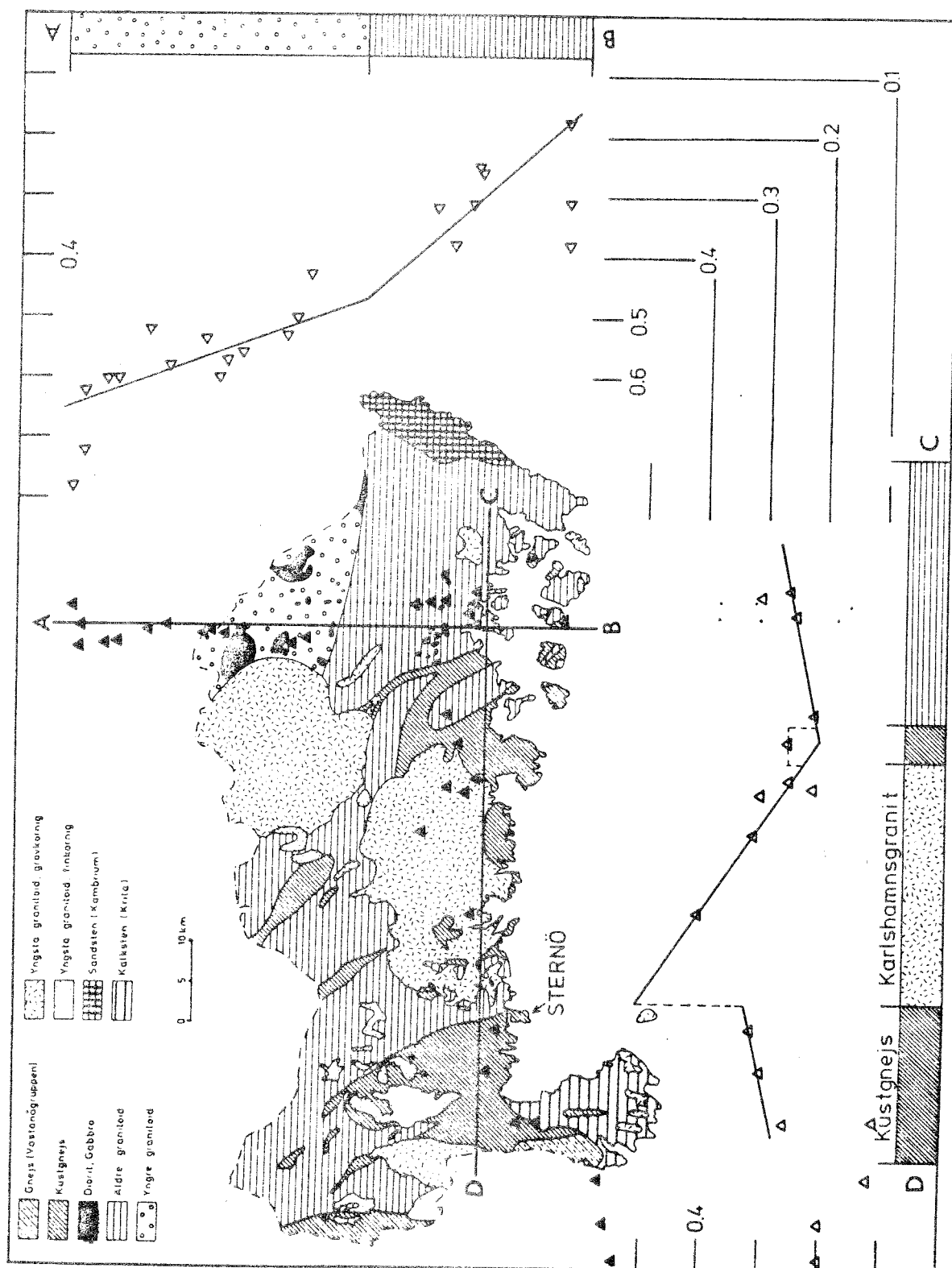


Fig. 1. Landhöjningsdata i mm/år (trianglar på karta och i två profiler) visar - otvetydigt och helt objektivt - att rörelserna är höjrt oregelbundna med stora inbördes rörelseskillnader mellan Blekinges olika berggrundsenheter, speciellt vid berggrundsgränsen genom Sternö.

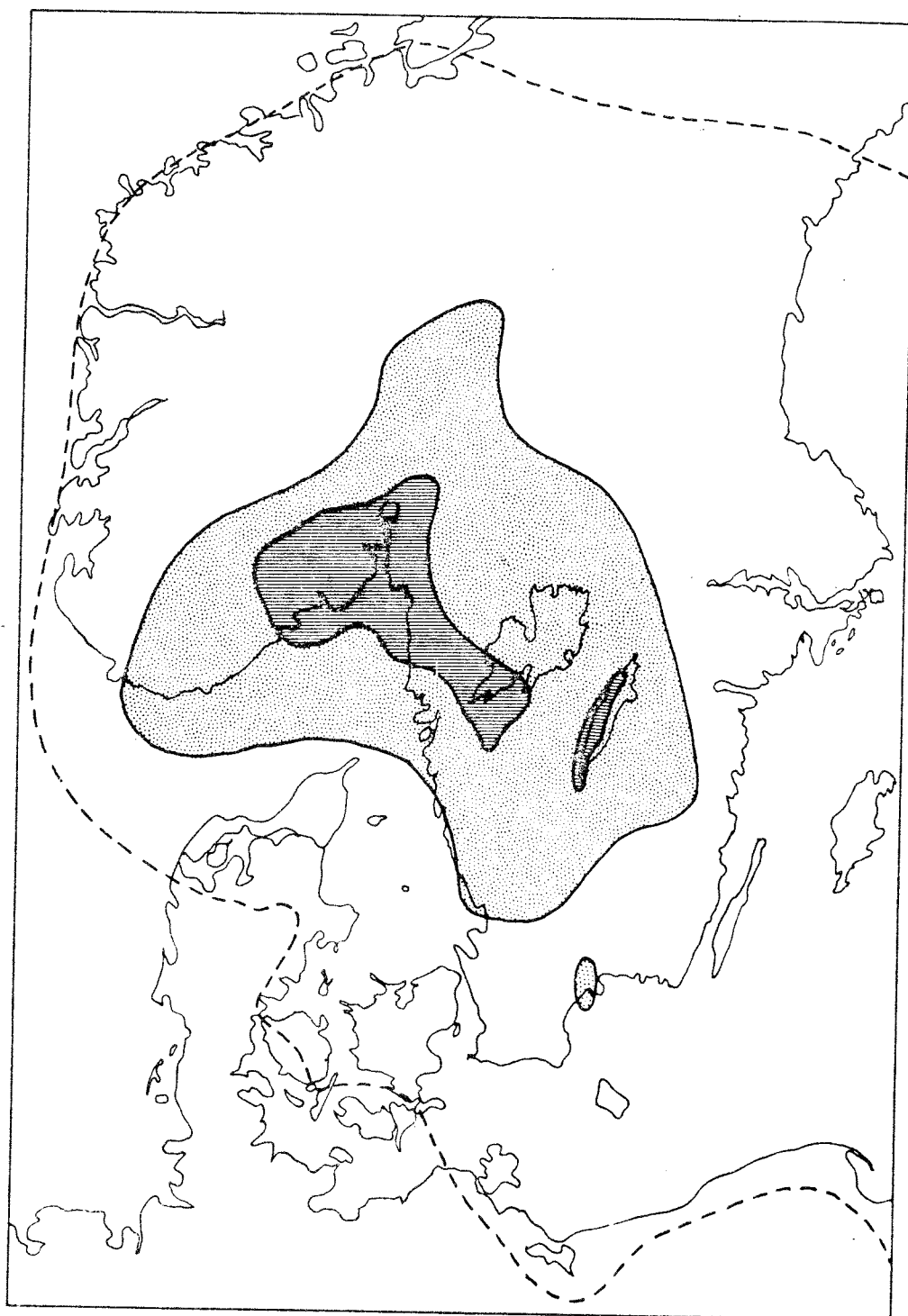


Fig. 2. Den 23/10 1904 inträffade en större jordbävning i Skandinavien (liknande skalv inträffade: 13/4 1851, 22/12 1759, och 1497). Skalvet registrerades på 445 olika platser i Sverige (den sträckade linjen anger gränsen för det makroseismiska området). Prickade områden karakteriserades av "rörliga föremål falla omkull, gips och murbruk falla från tak och väggar, kyrkklockor klämta - allmän förskräckelse". Streckade områden karakteriserades dessutom av "skorstenar, stengärdsgårdar o.s.v. störta ned, rämnor uppstår i husmurar". Notera det fristående prickade området på gränsen mellan Skåne och Blekinge. Verkliga jätteskalv torde ha inträffat ca. 10.000 och 9000 BP (se Bilaga 2, sid 2).

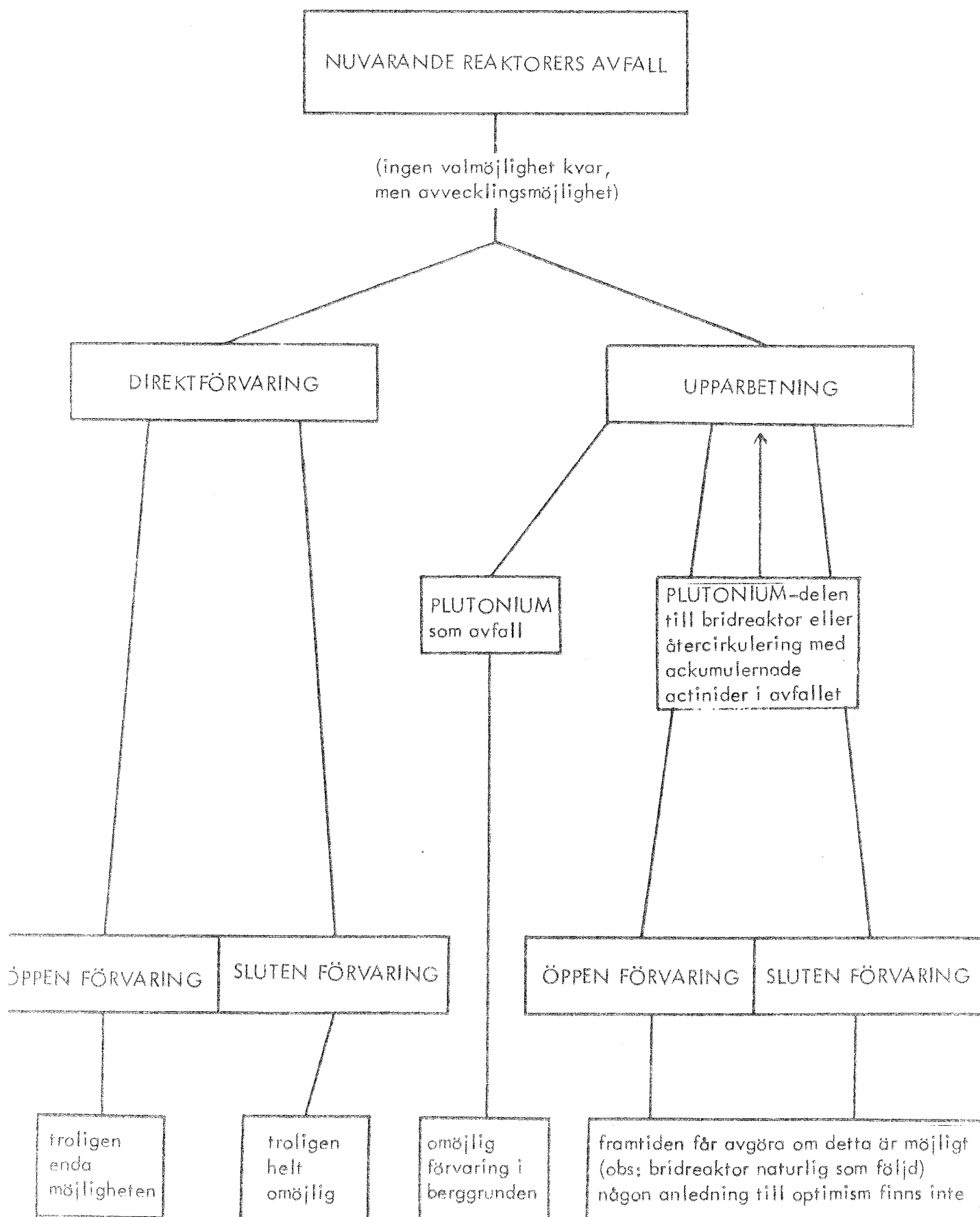


Fig. 3.

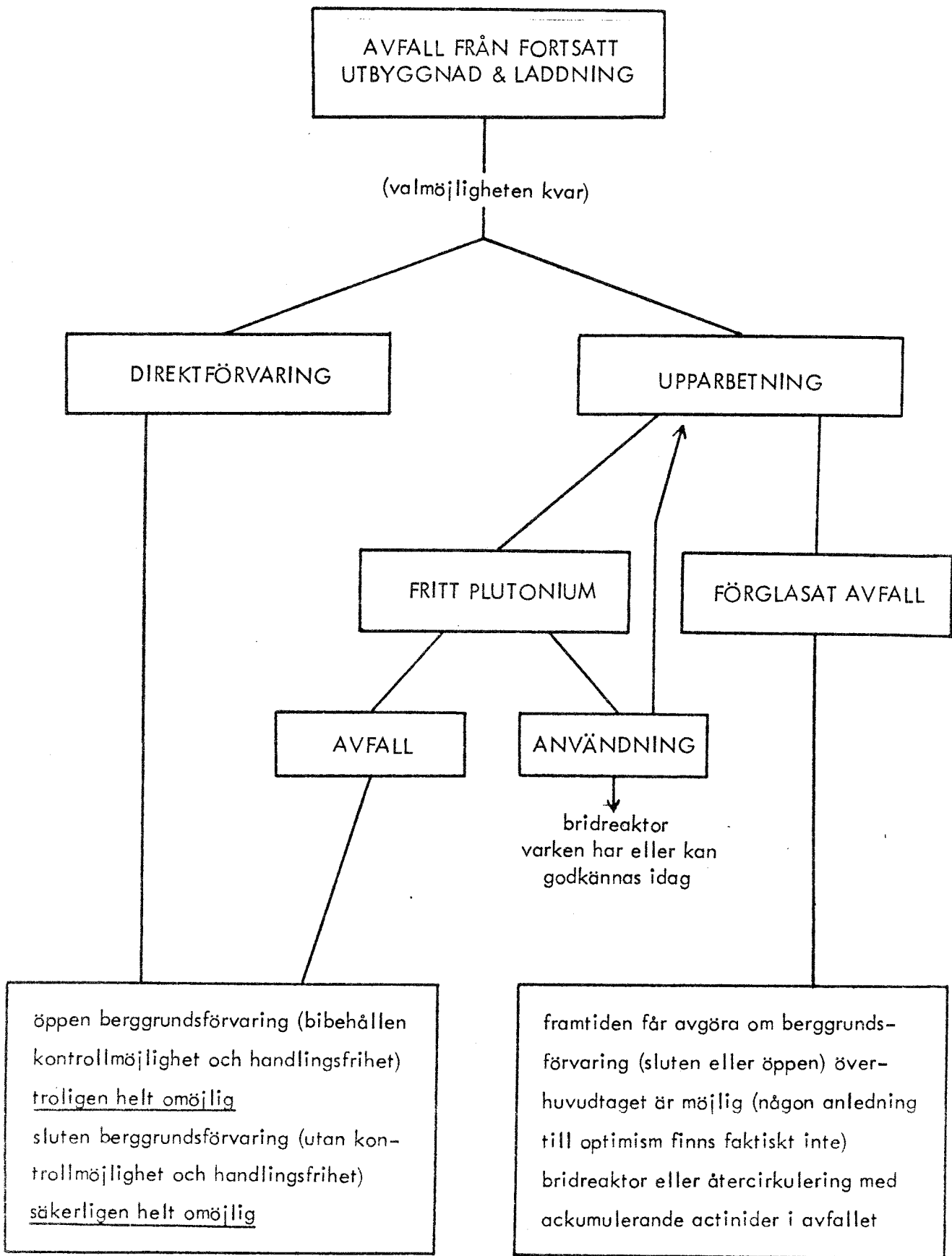


Fig. 4.

1979-03-21

Några synpunkter på geologiskt granskningsutlåtande

I granskningsutlåtandet tillmäts uppgiften att förvaret skulle ligga i kustgnejs en avgörande betydelse för bergförvar. Utförd vatteninläckning. (Rapport inlämnad till KBS) över berganläggningar på olika ställen i Blekinge har inte kunnat styrka någon skillnad i vatteninläckning eller sprickfrekvens mellan dessa bergartsled.

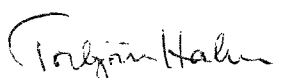
Huruvida det är kustgnejs eller Karlshamnsgranit syns oss därför vara av liten betydelse. De större tektoniska störningar som genomkorsar landskapet drabbar såväl gnejsen som granit i lika omfattning. Någon avgörande skillnad avseende makrosprickor syns ej heller föreligga vid bergbyggnation på andra ställen inom landet. Däremot är sprickbilden i mindre skala helt olika beroende på mikrostrukturen i själva bergarten. Denna sprickbild har dock ej någon betydelse för vattengenomströmning eller stabilitet av förvaret.

Vidare förekommer uppgifter att gjorda antaganden angående stupning av diabasgång ej finns belyst. Geologiska data från området (stanfors) samt mätning av diabasgång i samband med bergrumsbygge längre västerut ger vid handen att gångarna i diabassvärmen stupar vertikalt $85 - 90^{\circ}$, varför jämförelsen med diabasgångar i Bergslagen är en smula långsökt. Jfr. kap

I samband med ett bergrumsbygge i kustgnejsen hade man svårighet att erhålla färskvatten (Kustgnejsen var mycket sprickfattig), varför under tecknad rekommenderade att göra snedhål mot diabaskontakten. Denna var då helt tät, varför påståendet att diabas alltid har kontraktionsprickor ej kan få gälla generellt.

Vidare har undertecknad svårt att förstå detta excercerande med krosszoners stupande. Avgörande för frågeställningen är att man genom borrhiningarna erhållit tillräckligt stora volymer med sprickfattigt berg för att visa att det går att lägga ett bergförvar med tillräckliga säkerhetsmarginaler. Storleken av detta förvar får då göras med hänsyn till den detaljinformation man skaffar sig vid projektering. Undersökningen är därför tillräcklig för att man med ledning för permeabilitetsmätningar i sprickfattigt berg (in situ proverna för Stripa är relevant för de homogena partierna i Sternö-området) med tillräcklig grad av säkerhet ha visat att man i normal god svensk berggrund kan hitta bergpartier som uppfyller KBS:s egna krav. Ett stort antal bergrum med lång tillfartstunnlar har visat att det finns stora homogena bergkroppar både i Blekinge och annorstädes.

Jag vill dock framhålla att det inom t ex Filipstadsgranit-områden i östra Värmland finns områden som är mer storbrutna, där man med stor sannolikhet kan hitta större hela volymer än i Sternö-området.



Torbjörn Hahn
Fil.lic - geolog

Kopior:
Kärnkraftsinspektionen
C Bk

KONSULTGRUPPEN FÖR GEOLOGIFRÅGOR

PM

1979-03-23

Kärnkraftinspektionens konsultgrupp för geologifrågor, med undantag av professor Sven Hjelmqvist, vill lämna följande synpunkter på KBS kommentarer till utlåtande av SKI:s konsultgrupp för geologifrågor. I fortsättningen citeras KBS kommentarer genom angivande av sid nr.

sid 3 "Konsultgruppens majoritet utgår i sina bedömningar från egna allmänt formulerade kriterier och beaktar ej totalsynen i KBS säkerhetsanalys. Den mycket kategoriskt formulerade slutsatsen baseras således på felaktiga premisser och faller även utanför gruppens kompetensområde."

Gruppen har gjort sina bedömningar enligt KBS I egna krav och säkerhetsanalysen. Gruppen vill peka på att KBS I i löpande text i sina huvudrapporter framfört ett antal förutsättningar för säkerhetsanalysen men ej redovisat dem i samlad form. Vi bifogar därför de avsnitt i KBS II Geologi och KBS IV Säkerhetsanalys, som vi fäst speciell vikt vid (med våra understrykningar). I konsultgruppen ingår också P O Nielsen, Scandpower, specialist på dessa frågor.

Gruppen har enbart bedömt den geologiska barriären. Denna bedömning har gjorts utifrån de kvalitativa och kvantitativa förutsättningar som KBS själv har uppsatt för sin säkerhetsanalys.

sid 4 "Uppgiften att KBS angivit förutsättningar, som utesluter en uppdelning av förvaret i två delar saknar grund."

Detta sägs beträffande vårt ställningstagande till den belagda NNO gående mittsprickzonen, som delar förvaret. I KBS IV säkerhetsanalys finns bland annat

följande punkter på sid 103.

KBS IV Betydelse för slutförvarets säkerhet
 sid 103 Sammanfattningsvis har de av KBS genomförda studierna av berggrunds rörelser som menligt kan påverka säkerheten visat

 - att inom områden som omges men inte genomkorsas av sprickzoner är sannolikheten utomordentligt låg för att nya strömningsvägar (bergsprickor) skall öppnas

sid 4 "Bland de 'ytterligare sprickzoner' som avses har en av KG angiven s k överskjutningszon (betecknad med ll i KG:s fig 3.1.:9) en avgörande betydelse för vilket deponeringsutrymme, som finns tillgängligt på 500 m djup. Några tecken på att denna zon förekommer i verkligheten har inte iakttagits vid granskningen av borrhämnarna från hålen Ka 1, Ka 2 och Ka 3, som genomkorsar det aktuella bergpartiet. Inte heller permeabilitetsmätningarna i dessa hål har indikerat någon sådan zon."

Sprickzonen finns tydligt verifierad av SGU, både i borrhämnarsgranskningen och i permeabilitetsmätningarna (se bilagor). I Ka 2 t ex som en kärnförlust av 1 dm vid 330 m. Detta betyder oftast ett så kraftigt uppkrossat berg (alltså en glidyta) att ingen borrhämnare erhålls, dessutom finns en rad öppna sprickor, se bilagda permeabilitetsmätningar. KBS påstående är, som framgår av bilagorna, ej korrekta. (Kärnförlusten kan ingen se vid en kärngranskning). Konsultgruppen anser att den mest sannolika tolkningen är att sprickzonen är en överskjutningszon. Detta är givetvis en hypotes på samma sätt som att den NNO-gående sprickzonen av SGU tolkats som en tensionszon. Det föreliggande materialet är otillräckligt för en säker tolkning. För konsultgruppens slutsatser är tolkningen av sprickzonens karaktär av mindre betydelse, då enbart det faktum att en bred sprickzon finns i Ka 2, visar att sprickzonen alltid på ett eller annat sätt skär in i förvarsområdet. Detta tillsammans med övriga påvisade sprickzoner ger

underlag nog för att uttala att Sternöområdet ej uppfyller av KBS I och säkerhetsanalysen ställda krav.

sid 16 "KG:s markering av sprickzon nr 8 är berättigad.
 Anm. Det må påpekas att även om man utgår från att KG:s felaktiga bild av förekommande sprickzoner skulle gälla (fig 3.1:10 i KG:s utlåtande), finns inom Sternöområdet utrymme för slutförvar i ett plan av högt aktivt avfall från 30 års drift av 2 st reaktorer."

Detta utrymme är icke undersökt med några borrhål, och vilka sprickzoner som kan finnas är okänt. Ett alltför litet område som omges av sprickzoner spricker lätt upp vid eventuella rörelser i berggrunden och kan därför icke accepteras.

sid 5 "Konsultgruppen anför att avsaknanden av vetenskapligt belagda mätmetoder gör att man inte med säkerhet kan fastställa att man funnit berg, som uppfyller de ställda kraven. De felkällor i borrhålmätningarna, som är av störst betydelse, är av den art att de uppmätta permeabilitetsvärdena blir högre än de verkliga. Detta stöds bland annat av undersökningar som utförts i Stripa."

Vid vattenförlustmätning i borrhål i berg med så låga permeabiliteter som 10^{-11} à 10^{-12} m/s blir influensradien omkring borrhålet extremt liten (Extrapolation av tabellvärdena i KBS TR 79-06, sid 20, ger influensradier av storleksordningen några centimeter eller någon decimeter). I en bergmassa, som genomkorsas av ett system av sprickor med inbördes avstånd av en eller flera meter, får man vid vattenförlustmätningen inte en strömningsbild som tillnärmelsevis efterliknar strömningsbilden vid en storskalig grundvattenrörelse

i bergmassan. Därtill finns vid dessa små permeabilitetsvärden speciellt stor risk att föroreningar i vattnet kan fastna i bergets mikrosprickor och tunna makrosprickor och därigenom minska bergets permeabilitet. Förhållandet har observerats vid laboratorieförsök med såväl grundvatten som vattenledningsvattnet. Eventuell inverkan vid borrhålsmätningar i lågpermeabelt berg bör utredas noggrant. Bland annat ovanstående förklarar varför osäkerhet föreligger om dels tillförlitligheten i de av KBS bestämda permeabilitetsvärdena, dels i vilken grad som de är representativa för en stor bergvolym.

Konsultgruppen hade inte tillgång till KBS TR 79-10 och TR 79-11 vid tiden för granskningsarbetet. Tiden har inte medgivit en detaljgranskning av dessa nya rapporter.

I KBS I, geologidelen, står under rubriken Syfte:

"När avfallet eller dess kapsling kommer i beröring med grundvattnet kan en viss upplösning ske. Denna beror på materialens egenskaper och den kemiska sammansättningen hos vattnet. Provtagning och analys av grundvattnet på aktuella djup ingår därför i programmet."

Konsultgruppen har anmärkt att några vattenprov från aktuella djup (500 m nivån) i Blekinge ej presenterats av KBS.

sid 5 "KBS tidigare redovisade utredningar visar att även mycket stora variationer i grundvattnets sammansättning inte påverkar förutsättningarna för säkerhetsanalysen. De variationer, som är tänkbara inom Sternöområdet, faller inom tillåtliga gränser."

Konsultgruppen har uppfattat att tillåtliga gränser bland annat bestämmas av det variationsområde hos vattenkvalitén, som KBS lämnat till Korrosionsinstitutet och dess referensgrupp för bedömning av kapslingsmaterialens livslängd (Bilaga A TR-107).

Konsultgruppen bedömer att även variationer utom tillåtliga gränser är tänkbara och att provtagningar och analyser är nödvändiga för att belysa bergvattnets sammansättning.

Under den tid förvaret är öppet och måste länshållas kommer sannolikt havsvatten att tränga fram till förvaret.

Konsultgruppen har tagit del av SGU:s yttrande, vars innebörd är oklar speciellt med hänsyn till SKI:s anvisningar till gruppen och regeringsbesluten.

Konsultgruppen vill i övrigt här endast beröra några punkter i SGU:s yttrande.

"Härtill bör sägas att undersökningsområdet icke utgör någon geologiskt avgränsad enhet, utan att dess gränser dikterats av möjligheten att erhålla markägarens undersöknings-tillstånd. Samma bergformationer, med likartade egenskaper, uppbygger berggrunden inom vidsträckta omgivande områden."

"De fyra andra borrhålen slutar alla i tätt berg. De undersökta bergformationerna avgränsas därför ej av borrhålen. Geologiskt sett sträcker sig dessa bergformationer i själva verket över stora områden i södra Blekinge."

Konsultgruppens uppgift har enbart varit att bedöma de geologiska och geohydrologiska förhållandena i Sternöområdet.

"SGU kan inte finna stöd för påståendet att frånvaron av sprickzoner utgör ett villkor för ett säkert förvar."

KBS anser att det är närvaron av sprickzoner som utgör ett hot mot ett helt säkert förvar (KBS IV sid 103).

"SGU önskar framhålla att en kartläggning av förekommande sprickzoner, tvärtemot vad konsultgruppen hävdar, på intet sätt har avgörande betydelse för den geologiska undersökningens syfte i nuvarande skede."

Med hänsyn till bland annat sprickzonernas stora betydelse för grundvattnets strömningsmönster och transporttid från ett slutförvar till markytan, finner konsultgruppen detta konstaterande av SGU märkligt (KBS II, sid 49 och KBS IV sid 62).

Konsultgruppen är införstådd med att SGU arbetat under begränsade tidsresurser och att bland annat därför alla önskade undersökningar kanske ej kunnat utföras.

Beträffande C-O Morfeldts synpunkter på konsultgruppens granskningsutlåtande kan anföras att slutförvaret på 500 m djup, trots den i jämförelse med oljelagringsrum ringa tunnelarean, ansetts ge anledning till kvalificerade bergmekaniska bedömningar. Härom vittnar flera av KBS tekniska rapporter (22, 29, 48, 49, 64, 76, 89, 92, 104). Morfeldt synes också ha förbisett att borrhålsundersökningarna etc skall lämna underlag för geohydrologiska bedömningar av mycket stor vikt.

Några betydelsefylla krav och anvisningar för den geologiska barriären enligt KBS

KBS II

Arbetet avser bl a att klarlägga att berggrunden utgörs av en lämplig och enhetlig bergart som har tillräcklig utbredning även på flera hundra meters djup. Detta är av betydelse, då sämre förhållanden kan befaras i gränsen mellan olika bergarter. Förekomsten av sprick- och krosszoner, som kan påverka förvarets utformning eller dess säkerhet, måste också belivas.

sid 5

I fråga om grundvattnet behövs uppgifter på hur mycket vatten, som kan komma i beröring med avfallet. Detta kräver mätningar av bergets vattengenomsläpplighet och teoretiska beräkningar av hur flödet avtar med djupet. Sådana beräkningar ger också underlag för att bestämma utspädningen av det vatten, som varit i kontakt med avfallskapslarna.

När avfallet eller dess kapsling kommer i beröring med grundvattnet kan en viss upplösning ske. Denna beror på materialens egenskaper och den kemiska sammansättningen hos vattnet. Provtagning och analys av grundvattnet på aktuella djup ingår därför i programmet.

sid 42

I tabell 5-1 som är hämtad ur /5-16/ anges analysvärden från ett antal brunnar och borrhål i norra Uppland. I tabellen anges även inom vilka intervall olika analysvärden bedöms ligga.

sid 49

... Kännedomen om befintliga sprickzoner är av stor vikt för ett bergförvar. Genom att lokalisera förvaret till ett område utan stora förkastningslinjer, och till ett berggrundsblock, som begränsas av svaghetszoner, där eventuella spänningar kan utlösas, kan påverkan av unga förkastningsrörelser undvikas.

sid 59

Effekten av framtida bergrörelser i bergpartier utan större sprick- och rörelsezoner kan försummas.

KBS IV

Betydelse för slutförvarets säkerhet

Sammanfattningsvis har de av KBS genomförda studierna av berggrunds-rörelser som menligt kan påverka säkerheten visat

sid 103

- att sannolikheten för sådana rörelser i den svenska berggrunden är synnerligen låg
- att inom områden som omges men inte genomkorsas av sprickzoner är sannolikheten utomordentligt låg för att nya strömningssvagar (bergsprickor) skall öppnas
- att bergpartier som vid utförandet av slutförvaret visar sig ha hög sprickfrekvens inte bör utnyttjas för förvaring
- att varken föreslagna buffertskikt eller kapsel skadas även om för svenska förhållanden betydande jordbävningar skulle

sid 62

Permeabilitetskonstanten, k , är beroende av förekomst av och geometri hos sprickor i berget.

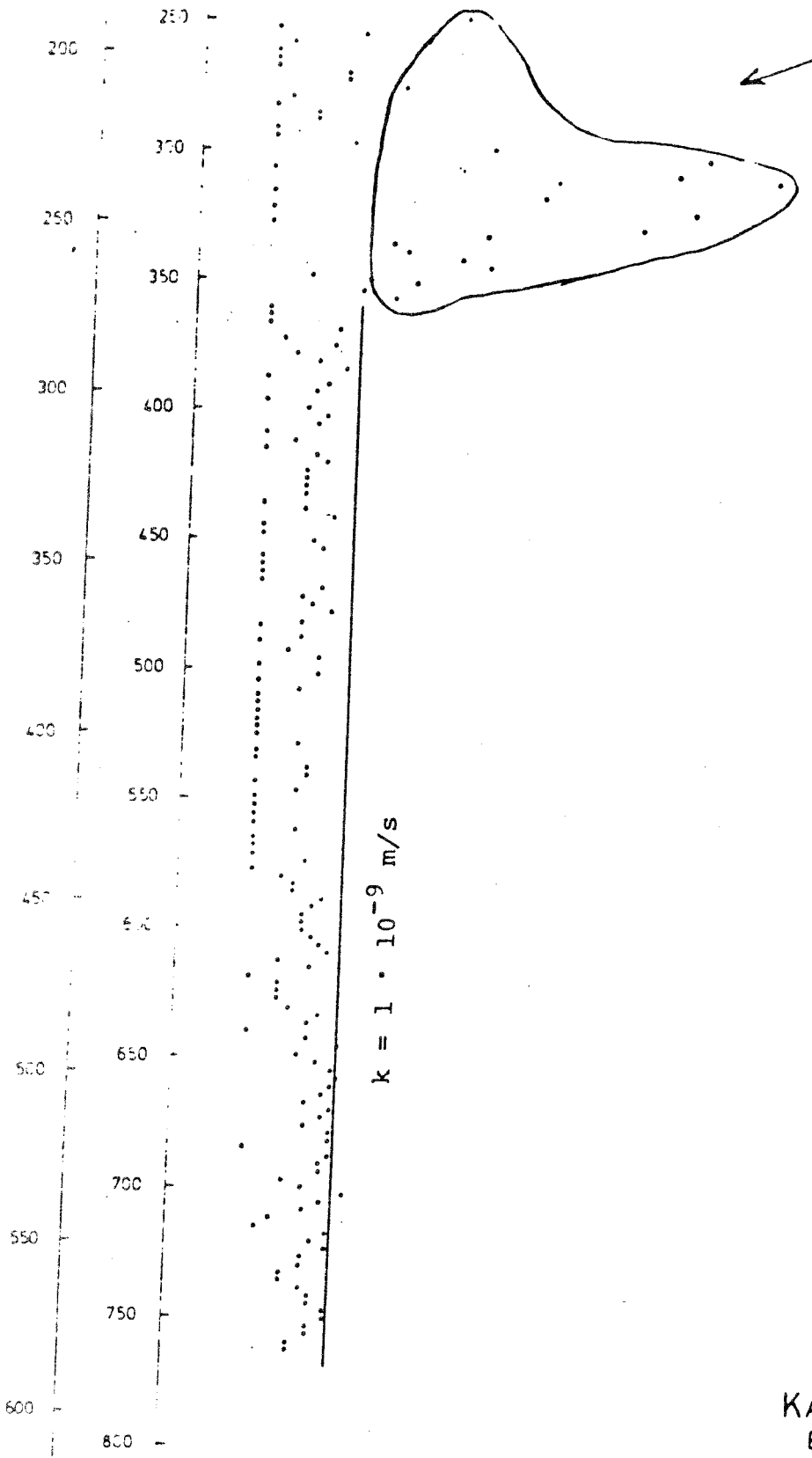
sid 65

Då det tillsvdare inte kan säkert visas att grundvattnets transporttid från ca 500 m djup mera generellt uppgår till flera tusen år, har i konsekvensanalysen använts det mycket försiktiga värdet 400 års transporttid i tätt berg.

Fig 3.2.3

Mätgräns

10^1 10^2 10^4 10^7 10^8 k (m/s)



Sprickzon NNO gående
som delar förvaret
enl KBS

$k = 1 \cdot 10^{-9}$ m/s

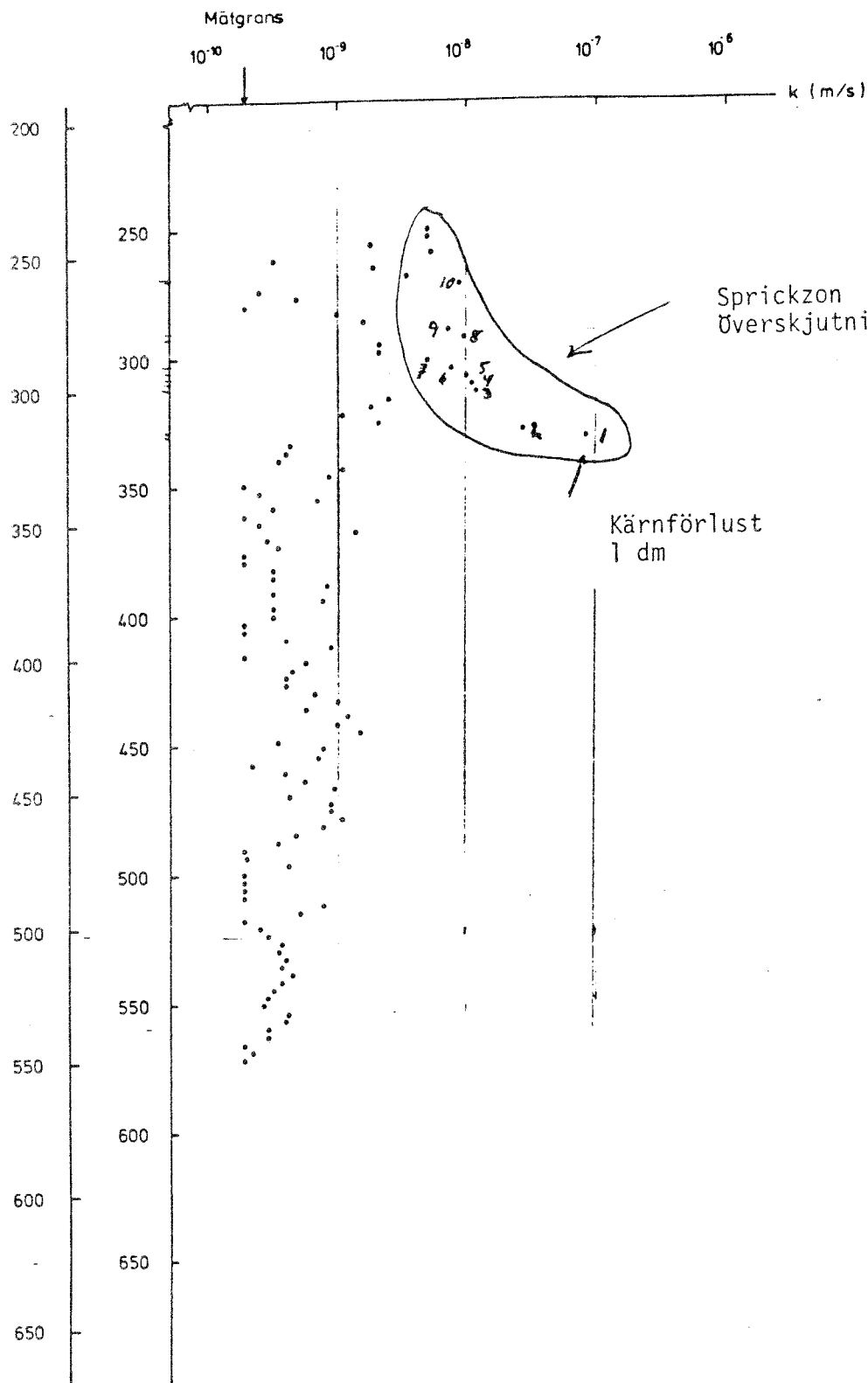
Differenstryck
• • 0.20 MPa

KARLSHAMN
Borrhål Ka 3
Permeabilitetsbestämning
3m mätsektion

Sveriges geologiska undersökning
Berggrundsbyrån
1979

Djup under
bergytan (m)

Borrhåls
längd (m)



Djup under bergytan (m) Borrhåls-
längd (m)

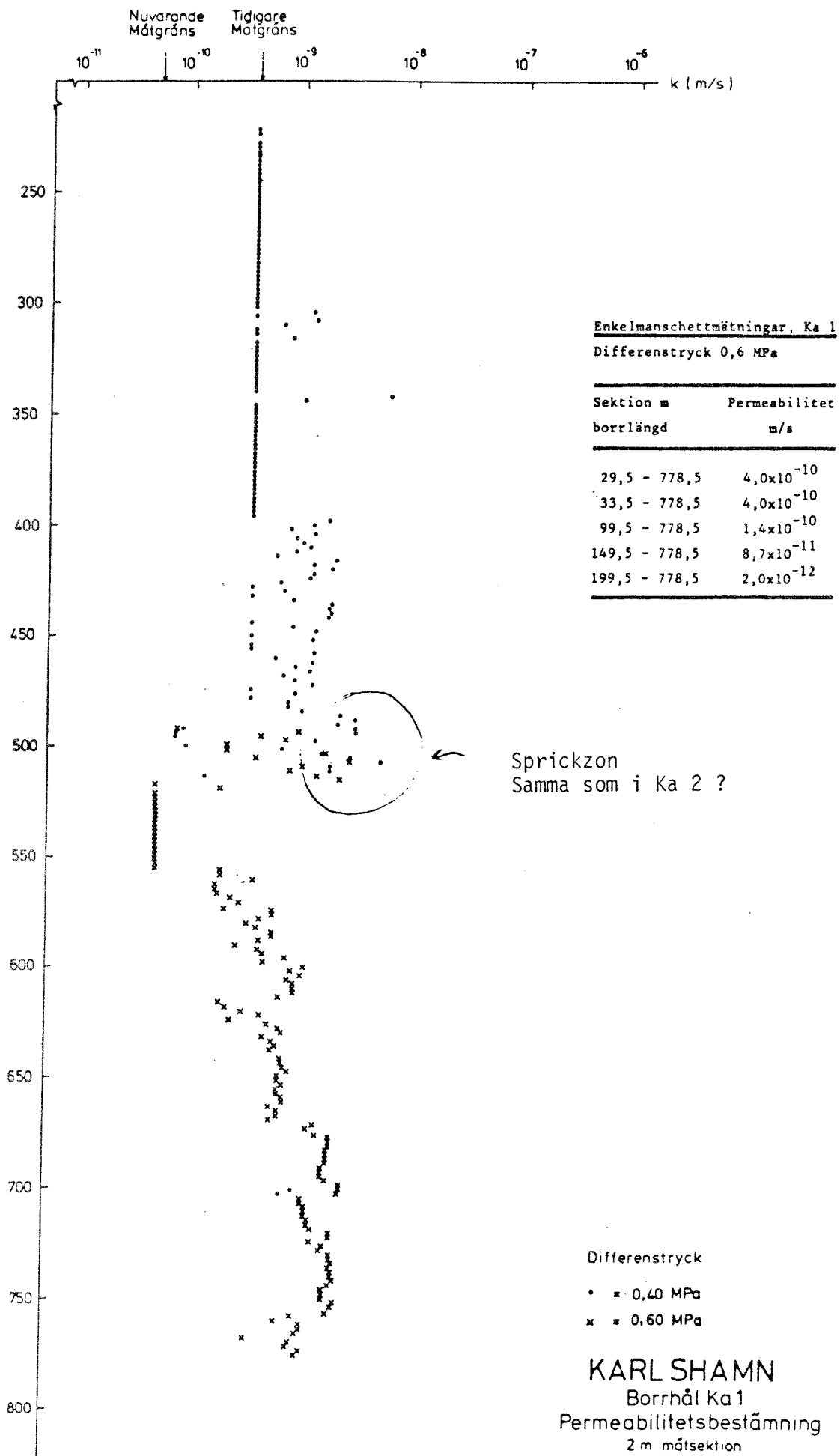
Differenstryck

$\Delta p = 0,20 \text{ MPa}$

KARLSHAMN
Borrhål Ka2
Permeabilitetsbestämning
3m mätsektion

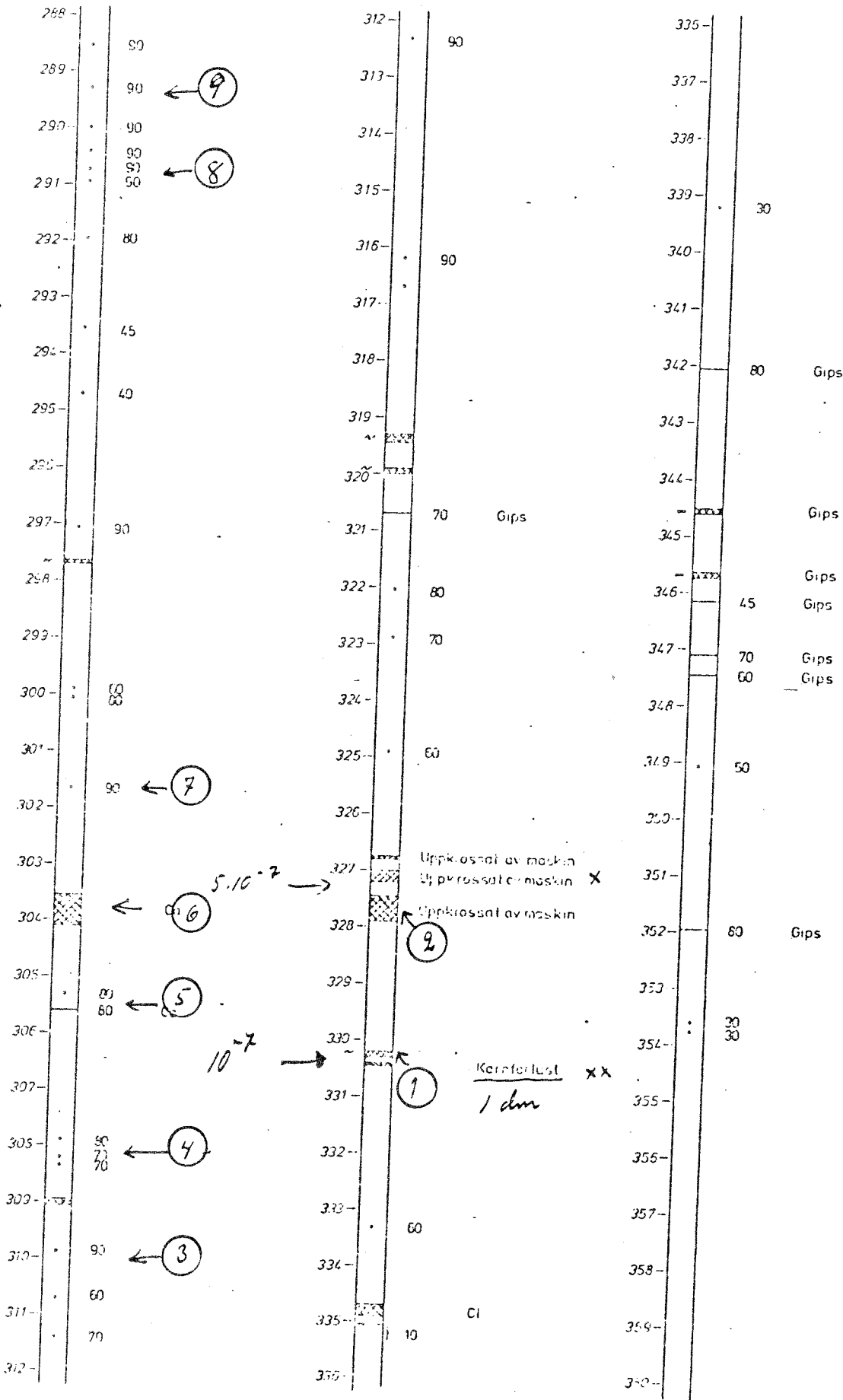
Sveriges geologiska undersökning
Berggrundsbyrån
1979

Figur 5b.

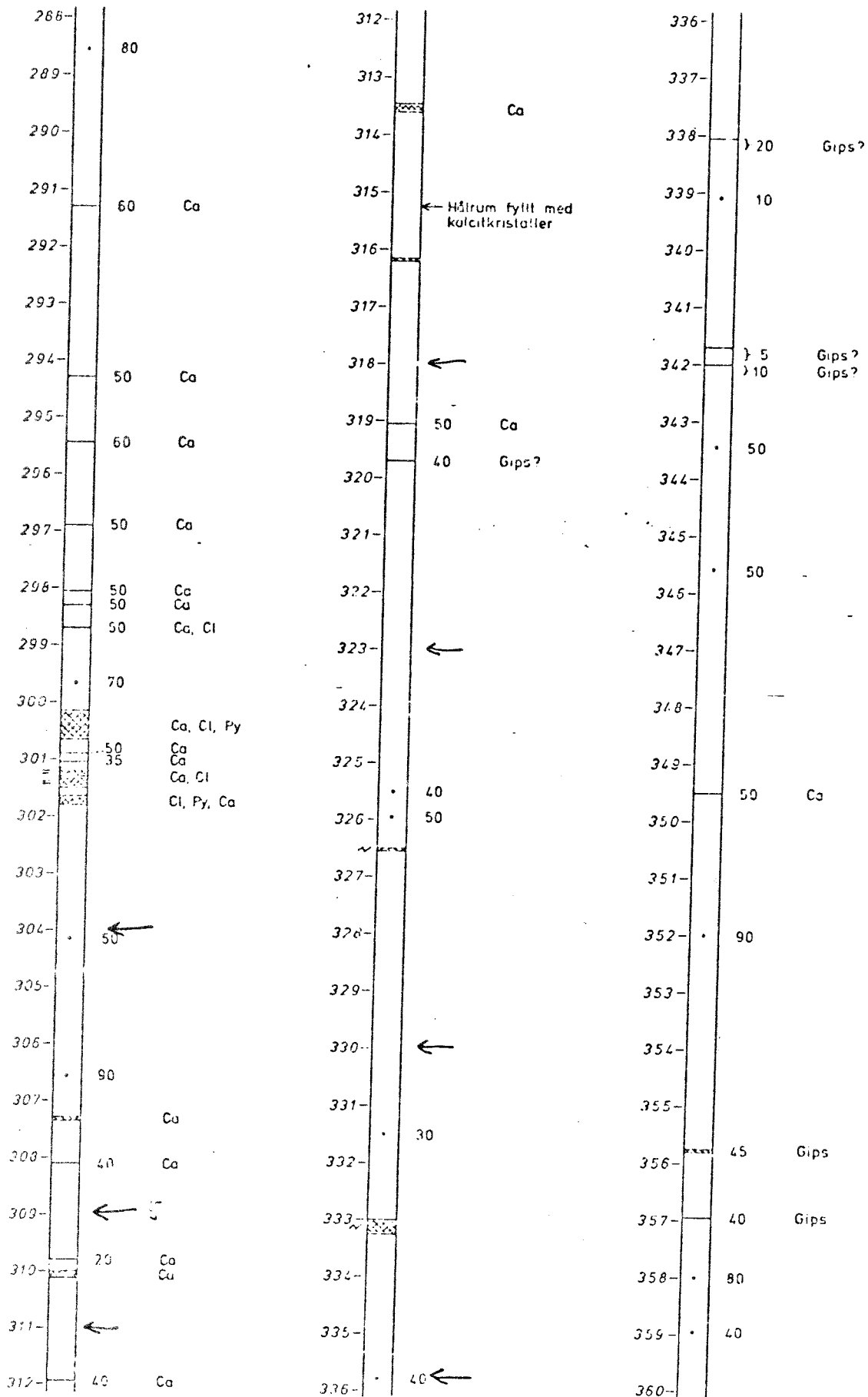


Figur 5a

KARL SHAMN
 Borrhål Ka 1
 Permeabilitetsbestämning
 2 m mätsektion
 Sveriges geologiska undersökning
 Berggrundsbyrån
 1978



x Obs. Vattenförlust
 xx Obs. Vattenförlust kärnförlust



ÖVERSKJUTNINGSZONER

Överskjutningar av större och mindre berggrundsblock är vanliga i svenskt urberg, fastän de är svåra att konstatera vid normal geologisk ytkartering. De geologer som arbetat i gruvor känner väl till dessa fenomen och överskjutningszoner har påvisats i alla större gruvor i landet. Där har det också varit naturligt att noga studera dem, eftersom de klipper av malmerna och förkastar delar av dem. Nedan följer vad Geijer och Magnusson skriver om dessa i "De mellansvenska järnmalmernas geologi", SGU ser Ca nr 35.

"Yngre (postarkäiska) förkastningar.

Förkastningar, yngre än samtliga led i berggrunden, utom några smärre diabasgrupper, som äro samtida med dylika förskjutningar, äro mycket vanliga företeelser inom den mellansvenska malmregionen. I somliga fyndigheter ha de åstadkommit rubbningar i sådan skala, att de innebära betydande olägenheter för gruvdriften, och det är troligt, att de allra flesta av våra gruvor ha att uppvisa åtminstone en eller annan förkastning av sådan betydelse, att den måste angivas på gruvkartan. Mycket vanligt är, att förkastningar påträffas under jord också uti områden, där man icke i dagen funnit någon antydning om dem. Förklaringen är naturligtvis den, att förkastningsplanens utgåenden i bergytan i allmänhet bilda sänkor och därför bli jordtäckta, varför deras existens observeras endast i sådana fall, där rubbningarna framgå av bergartsfördelningen, sådan denna framträder genom de blottade hållarna.

Den praktiska betydelsen av förkastningarna - i allmänhet negativ¹ - växlar inom de vidaste gränser. I några malmfält ha träffats förkastningar av sådan betydelse, att de bortskurna malmpartierna över huvud taget icke rimligen kunna nås med underjordsarbeten från samma gruva. I andra fall åter kan 'den förkastade fortsättningen av malmen' lokaliseras utan alltför stora svårigheter. Städs innebär dock förefintligheten av förkastningar ett oregelbundet element i fyndighetens geologi, vilket kan förorsaka kännbara olägenheter för brytningen även om de extra undersökningsarbeten, som förkastningarna nödvändiggöra, icke skulle vara särskilt omfattande. En ofta förbisedd sida må också betonas: när sidostupning eller fältstupning i en fyndighet beräknas av motsvarande punkters lägen på två olika nivåer i gruvan, kan förbisedandet av en mellankommande förkastning, även om denna i och för sig är obetydlig,² föra till ett väsentligt felaktigt mått på stupningen. Vidare märkes förkastningarnas roll ur säkerhetssynpunkt, samt såsom ofta starkt vattenförande plan.

Förkastningsplanets karaktär. Mycket ofta är förkastningen utbildad såsom en 'släppsköl', vid vilken de båda berggrundsblock, som förskjutits i förhållande till varandra, ligga nästan direkt ihop, åtskilda endast av en mycket tunn, vanligen med finkrossat berg eller med klorit fylld spricka. I andra fall, särskilt då rörelsen varit mera betydande, föreligger en 'lersköl' med en packning emellan släppväggarna, några cm eller några dm tjock, av dylikt finmalet bergartsmjöl, i fuktigt tillstånd plastiskt och sålunda lerliknande. Skivor av sidostenen ingå ofta i förkastningens sprickfyllnad.

Metodik för förkastningarnas tolkande. Ehuru de förkastningar, som iakttagas i våra gruvor, på intet väsentligt sätt skilja sig från förkastningen annorstädes, torde det vara lämpligt att här helt kort fästa uppmärksamheten på några av de metoder, som kunna komma ifråga, då man finner en malm 'sluta emot en förkastning' och sålunda ställes inför uppgiften att lokalisera dess fortsättning på andra sidan om förkastningsplanet.

Vid allt arbete med förkastningsproblem gäller det först och främst att aldrig glömma, att rörelsen skett i tredimensionellt rum. Tvådimensionella bilder - plankartor, profiler - äro nödvändiga hjälpmedel vid utredningen, men få ej binda föreställningen. De giva exakta bilder av förskjutningen sådan den framträder i vissa snitt, men kunna ytterligt lätt förleda till felaktiga slutsatser. Vid varje mera besvärligt problem bör man, för att ej tappa bort den tredimensionella problemställningen, försöka använda någon modell, om också av det mest primitiva slag. Varje dylik hjälp är välkommen."

Vidare sägs på sid 115:

"I många fall uppträda förkastningar i serier, i form av ett system av inbördes nära parallella plan. Ställvis uppträda två eller flera dylika system, korsande varandra. Såsom det bästa exemplet från vårt område torde Dalkarlsberg böra nämnas, men även Blanka (i Ramsberg) kan anföras."

I många fall har gruvans fortbestånd berott på om geologerna kunnat avgöra hur förkastningen skurit genom malmfältet och var den förkastade delen av malmen skulle kunna återfinnas. Detta arbete är förenat med många kärnborrhål och undersökningsorter, där förkastningszonen genomborras och studeras.

Ett känt geologiskt förhållande är att en dylik förkastningszon varierar kraftigt i bredd och utbildning från borrhål till borrhål, från undersökningsort till undersökningsort. På en plats finns den som en några dm bred zon av bergartsfragment i en lerig massa, på en annan plats återfinns endast en lersköl av någon cm:s bredd med för övrigt ett relativt helt berg. Är förkastningsplanet utbildat som en lersköl eller som en zon av söndermalt berg, återfinns den icke i borrhärnan, därför att den mals sönder och spolas bort vid borrhningen. Detta noteras då som en kärnförlust.

Enligt Geijer och Magnussons text ovan:

"I andra fall, särskilt då rörelsen varit mera betydande, föreligger en 'lersköl' med en packning mellan släppväggarna, några cm eller några dm tjock av dylikt finmalet bergartsmjöl."

Det finns alltså även betydande rörelser i berggrunden, som endast efterlämnar en "lersköl", som är några cm tjock. Denna lersköl blir sedan en kärnförlust om ett borrhål går igenom den.

Kärnförluster uppstår lättast där svaga eller "trågsiga" bergpartier står ungefär vinkelrätt mot borrhningsriktningen. Borrhningen går ej att utföra utan att borrhkronan med ett avsevärt tryck pressas mot berget samtidigt som spolvatten pressas mellan berget och borrhkronan. När den skär snett genom svaga partier erhålls ibland en borrhkärna, men när den pressas vinkelrätt mot förmår de svaga partierna icke att trycka upp den i kärnborrhret av kärnfångarringen fasthållna borrhkärnan. Följden av detta blir att borrhkronan och borrhkärnan i kärnborrhret verkar som en massiv enhet mot det svaga partiet och detta mals sönder och spolas bort. Denna tekniska ofullkomlighet

har ännu ingen lyckats övervinna. Detta på grund av att om icke kärnfångarringen anpassades så att den höll kvar borrhärnan, skulle borrhärnan ramla ut och bli kvar i hålet, när man vid avslutad borrhning lyfter upp borrhsträngen.

Som ovan sagts beror kärnförlusten på svaga partier. De kan bestå av lerskölar eller mycket sprickrika eller sönderkrossade bergpartier eller oftast en kombination av båda. Är kärnförlusten endast någon dm är det sannolikt att svaghetszonen står mycket tvärt mot borrhningsriktningen. Dylika uppkrossade svaga partier finns oftast i botten på överskjutningszoner, där de utgör själva glidplanet. Det är således där det ena bergblocket glidit på det andra som uppkrossningen sker och berget mals sönder till bergartsfragment och lera. Vid överskjutningar är det då vanligt att det övre blocket, det som rört sig, också spricker upp, under det att underlaget förblir intakt. Detta är också vad borrhärnskarteringen och vattenförlustmätningen i borrhålet Ka 2 visar, nämligen en bred zon med sprickor som avslutas med trasigt berg och en kärnförlust på 1 dm och därefter helt och bra berg. På denna grund har konsultgruppen bedömt det sannolikt att en överskjutningszon kan föreligga.

Enligt SGU:s borrhärnskarteringar finns mellan 253 och 330 m angivet sprickor och enstaka krosszoner. De flesta av dessa skär ungefär vinkelrätt mot borrhärnan, mellan 327 och 328 m uppkrossat berg och vid 330 m noteras 1 dm kärnförlust. Jämföres borrhärnskarteringen med vattenförlustmätningen (se fig 3.2.2 i granskningsutlåtandet) är det uppenbart att sprickorna icke bara finns i borrhärnan utan också i berget. Att det alltså här finns en bred vattenförande sprickzon i berget, som avslutas med en kärnförlust, framgår av SGU:s dokumentation.

14.44 #
11041 SWEATO 15
16361 ATOM N

26.3.1979

ATT: CIV.ING. ALF LARSSON

VEDR. KBS'S KOMMENTARER TILL UTLÅTENDE AV SKI'S KONSULTGRUPP
FÖR GEOLOGIFRÅGER,
DATERT 1979.03.19

EN DEL SYNSPUNKTER PÅ KBS'S KOMMENTARER BLE OVERSENDT TIL SKI
1979.03.23 SOM DET FREMGÅR AV DISSE HAR GRUPPEN OPPFATTET SIN
ARBEIDSIKSTRUKS SLIK AT DENNS OPPGAVE VAR BEGRENSET TIL ALENE
AT BEDÖMME DEN GEOLOGISKE BARIEREN.
KOMMENTARENE FRA KBS VISER AT DENNE OPPFATNING DELS AV KBS.
LIKEVEL FREMHEVER KBS AT KONSULTGRUPPEN IKKE HAR SETT PÅ HELHETEN,
PÅ DE ÖVRIGE BARIERER, PÅSIKKERHETSANALYSEN. UNDERTEGNEDE VIL
GJERNE I DENNE ANLEDNING FÅ FREMKOMME MED FÖLGENDE SYNSPUNKTER:

SOM DET UNDERSTREKES I KOMMENTARENE FRA KBS ER SIKKERHETSANALYSEN
BASERT PÅ TILSTEDEVÄRELSEN AV EN REKKE BARIERER MELLOM DET RADIO-
AKTIVE AVFALLET OG BIOSFÄREN.
KBS NEVNER OGSÅ AT 'SÄKERHETSANALYSEN INRYMMER MYCKET KONSERVATIVE
FÖRUTSETNINGER I FLERA LED'. DETTE ER OGSÅ KONKLUSJONEN AV
SCANDPOWERS TIDLIGERE GRANSKNING AV DE GULE KBS-RAPPORTER.

DEN NYE KONSEKVENSANALYSE SOM BLE UTFÖRT UNDER SCANDPOWERS
GRANSKNING VISTE OGSÅ AT K. AKTIVITETSNIVÅET I UTSLIPP TIL RESI-
PIENTEN IKKE ER SPESIELT FÖLSOMT SELV FOR RELATIVT STORE VARIA-
SJONER I DE NEE ENKELTE BARIERERS EFFEKTIVITET.
UNDER SCP GRANSKNING FIKK JEG IMIDLERTID ET STERKT INNTRYKK AT
MEN DET BLANT DE ULIKE FAG-EKSPERTER VAR RELATIVT STOR ENIGHET
OM KAPSLINGENS EFFEKTIVE LEVETID OG GLASSETS OPPLÖSNINGSTID
VAR DET LANGT VANSKELIGERE Å KOMME FREM TIL FASTE KON-
KLUSJONER VEDRÖRENDE DEN GEOLOGISKE BARIERENS EFFEKTIVITET, FORDI
DENNE BARIEREN ER LANGT MER KOMPLEKS ENN DE FORANNEVNT.
MIN KONKLUSJON AV UTTALELESENE FRA SCP'S KONSULENETR SAMT AV
DE ÖVRIGE REMISSUTTALLESER ER (SATT NOE PÅ SPISSEN) AT TRANSPORT-
TIDEN FOR GRUNNVANNET FRA SLUTTLAGERET TIL BIOSFÄREN TROLIG ER
FLERE TUSEN ÅR, MEN AT DETTE ER VANSKELIG ELLER UMULIG Å REVISE,
OG AT DET HELLER IKKE HELT KAN UTELUKKE AT TRANSPORTTIDEN ER
SÅ KORT SOM NOEN FÅ TI-ÅR. SCP KONSEKVENSBEREGNINGER VISTE
FOR ÖVRIGT AT TRANSPORTTIDEN, I HVERT FALL I DET UNDERSÖKTE
INTERVALLET FRA 40 TIL 2000 ÅR, IKKE HADDE NOEN VESENTLIG
BETYDNING FOR AKTIVITETSNIVÅET I UTSLIPPET.
DET ER OGSÅ INNLYSENDE AT SIKKERHETEN VED SLUTTLAGRING KAN
BEDRES GJENNOM AT ØKE KVALITETEN AV EN ELLER FLERE BARIERER,
FOR EKSEMPEL VED UTVIKLING OG ANVENDELSE AV BEDRE GLASSTYPER,
BRUK AV ANDRE OG MER KORROSJONSBESTÅNDFE MATERIALER I KPA-
SLINGEN, OVERGANG FRA IN-SITER KOMPACTERT BENTONIT-KVARTSSAND
TIL HÖYKOMPACTERTE BENTONIT-BLOKKER, DET ER SÅ LEDES INNEN
VISSE GRENSE, OGSÅ MULIG Å KOMPENSERE FOR EN EVENTUELL USIKKER
BARIERE VED Å ØKE KVALITETEN AV EN ELLER FLERE AV DE ÖVRIGE.

DET ER MIN OPPFATNING AT DET IKKE VIL VÄRE UMULIG Å VISE AT
ET 'HELT SIKKERT' SLUTTLAGER KAN ANLEGGES I EN GEOLOGISK
FORMASJON SOM BARE OPPFYLLER FÖLGENDE 2 KRAV:

- BESKYTTER SLUTTLAGERET MOT EKSTREME YTTRE PÅ VIRKNINGER
- BEVEGELSER I BERGET MÅ HÖYST KUNNE SKADE NOEN FÅ AV AVFALLS-
KAPSLERNE.

MED DETTE MENER JEG NATURLIGVIS IKKE AT MAN KAN GI AVKALL PÅ ALLE
ÖVRIGE KRITERIER FOR DEN BILEEE BIOLOGISKE BARIEREN, MEN BARE
ANTYDE AT ETABLERING AV ET SIKKERT SLUTTLAGER IKKE NÖDVENDIGVIS
ER BETINGET AV AT DEN GEOLOGISKE BARIEREN OPPFYLLER ALLE DE
KVALITATIVE OG KVANTITATIVE KRAV SOM ER FORUTSATT I KBS'SIKKER-
HETSANALYSE.

HVERKEN JEG ELLER KONSULTGRUPPEN FORÖVRIG HAR IMIDLERTID SETT
DET SOM SIN OPPGAVE Å VURDERE MULIGE ENDRINGER I DET KONKRETE
FORSLAG TLL INNKAPSLING OG DEPONERING AV HÖYAKTIVT AVFALL SOM
ER FREMSATT I KBS'D GULE RAPPORTER. DET ER DERFOR HELLER IKKE
GJORT NOEN BEDÖMNING AV OM DET ER MULIG, GJENNOM FORBEDRING
AV DE ÖVRIGE BARIERER, Å KOMPENSERE FOR DE INNVENDINGER
KONSULTGRUPPEN HAR FREMFÖRT MOT STERNÖ-OMRÅDET.
FOR ORDENS SKYLD GJÖR JEG OPPMERKSOM PÅ AT DETTE SKRIV IKKE
HAR VÄRT FORELAGT DE ÖVRIGE DELTAKERNE I KONSULTGRUPPEN, OG
OVERSTÅENDE GIR ALENE UTTRYKK FOR MINE PERSONLUGE SYNSPUNKTER.

MED VENNLIG HILSEN
PER OLE NIELSEN

SCANDPOWER

16361 ATOM N#

Till Statens Kärnkraftsinspektion

"KBS Kompletterande geologiska undersökningar i Sternöområdet"

Efter att ha tagit del av professor Sven Hjelmqvists brev 1979-03-18 till Statens Kärnkraftsinspektion vill jag framföra följande. Detta b
utgör svar på ett från SKI 1979-03-14 till Sven Hjelmqvist ställt
brev med anmodan att utförligare redogöra för varför Sven Hjelmqvist
ej kunde godtaga den övriga geologgruppens slutledning.

Det kunde även ha varit intressant att fråga övriga i SKI:s geolog-
grupp avseende Sven Hjelmqvists slutledning.

Jag svarar här för min egen syn på denna fråga.

Skillnaden ligger till stor del i att Sven Hjelmqvists gjort en geo-
logisk bedömning av "bergarten som sådan på Sternö" medan konsult-
gruppen gjort en granskning av huruvida de kompletterande geologiska
undersökningarna av berggrunden på Sternö "visar" att de krav som
uppställts i KBS är uppfyllda eller ej.

Granskning kan uppdelas på tre delar:

- Den rent geologiska delen
 - Vilka bergarter finns i denna bergmassa och hur förekommer de på förvarets nivå
 - Vilka sprick- och krosszoner finns inom förvarets bergmassa och vad har de för riktningar, storlek och betydelse
- den potentialteoretiska delen dvs bevisföringen för att strömnings-
tiden överstiger 400 år (även annan teknisk bevisning kan tänkas
t ex sorptionsberäkningar, hastighetsmätning av grundvattenrörelser
med vattentrogna spårämnen, C-14 datering och annan radioaktivdate-
ring av grundvatten när denna metod vetenskapligt accepterats).

Konsultgruppen har granskat den potentialteoretiska beräkningen.
Den har förklarat sig ej ha kompetens att granska i säkerhetsana-
lysen valda fördröjningsfaktorer.

- den grundvattenkemiska delen

Vilka kemiska egenskaper har bergvattnet i förvarets bergmassa och
vilka egenskaper får bergvattnet under byggnads- och fyllnings-
tiden och hur lång tid bibehålles en eventuellt förändrad vatten-
kvalitet.

Vid en granskning av dessa tre delar finner man att det brister i den geologiska kartläggningen, att krosszonerna ej beaktats i den potentialteoretiska beräkningen samt att grundvattenprov ej tagits från 500 m nivån.

Dessutom måste man göra den bedömningen att vare sig man gör ett stort eller litet förvar på Sternö så är oavsett bergkvalitén risken för saltvatteninträngning stor.

Detta gör att man vid granskningen ganska snabbt kan konstatera att KBS ej har "visat" att vissa i säkerhetsanalysen uppställda krav med säkerhet är uppfyllda.

För undertecknad har vattenkvalitéfrågan haft stor betydelse vid granskningen av om området kunde sägas uppfylla KBS kraven eller ej.

Jag håller med Sven Hjelmqvist om att berggrunden är av hög kvalitet men jag tycker kross och sprickzoner är otillfredsställande karterade. Gruppen har dock ej gjort någon jämförelse av bergkvalitén med andra områden då uppdraget enbart omfattat en granskning av om vissa uppställda krav i KBS säkerhetsanalys var uppfyllda eller ej.

I professor Sven Hjelmqvists brev står "I konsultgruppens granskning av berggrundsförhållandena i det följande kallad "rapporten" finns ej ett ord om den rådande bergartens beskaffenhet, fastän detta var en av de båda huvudfrågorna."

Som kommentar till detta kan sägas att KBS ej ställt några "speciella" krav på bergarten.

De "allmänna" krav som finns är att bergarten skall vara "lämplig och enhetlig" och att den skall "sakna särskilt värde".

För berggrunden finns kraven

att bergarten skall vara lämplig och enhetlig

att förekomsten av kross- och sprickzoner måste belysas

att bergvattnet skall provtagas på aktuellt djup och ha av KBS preciserad beskaffenhet såväl under ostörda som störda hydrauliska förhållanden

Eftersom KBS säkerhetsanalys ej ställt upp några "speciella" krav på bergarten förutom kanske i sorptionshänseende vilket konsultgruppen förklarat sig ej haft kompetens att bedöma (sid 59 i Granskningsutlåtandet) har vi ej heller uttalat oss om bergartens lämplighet. Vi har dock ingen anledning antaga att förekommande bergarter skulle vara olämpliga t ex vad beträffar kemisk sammansättning, tryckhållfasthet, permeabilitet eller sorption.

Ett önskemål är att bergartsprov upptages och eventuella skillnader i sorptionsegenskaper, permeabilitet, porositet och andra egenskaper bestämmas och att KBS även sätter upp vissa krav på bergarten i detta avseende. Vid en granskning kan därvid konstateras om de krav man vill ställa på bergarten är uppfyllda eller ej. Även sprickmineralen måste beaktas då sprickorna utgör vattnets viktigaste strömningsväg.

Sven Hjelmqvists slutsats "att bergarten är väl användbar för deponering av kärnkraftsavfall" är ett uttalande som inte är heltäckande då det inte innefattar berggrunden i dess helhet med sprickor och grundvatten.

Med vänlig hälsning



Anders Eriksson



1979-03-27

Er ref. 393/79, 394/79

Vår ref. A.1.1 335/79

Regeringen

Industridepartementet

Fack

103 10 STOCKHOLM

Uppdrag att bereda vissa ärenden enligt lagen (1977:140) om särskilt tillstånd att tillföra kärnreaktor kärnbränsle, m m

1. INLEDNING

Statens kärnkraftinspektion har av regeringen fått i uppdrag att bereda statens vattenfallsverks och Forsmark Kraftgrupp AB:s ansökningar om tillstånd att få tillföra reaktorläggningarna Ringhals block 3 och Forsmark block 1 kärnbränsle. Kärnkraftinspektionen har att med eget yttrande överlämna handlingarna i ärendet till regeringen senast den 30 mars 1979.

Regeringen hänvisar i uppdraget till sitt beslut den 5 oktober 1978 och till kraftföretagens ansökningar den 6 december 1977 och den 6 april 1978 samt till de av kraftföretagen den 20 februari 1979 kompletterade ansökningarna. Inspektionens uppdrag skall avse att bedöma de nu kompletterade ansökningarna.

I regeringsbeslutet den 5 oktober 1978 sägs att den kompletterande geologiska undersökningen borde "visa att det finns en tillräckligt stor bergsformation på aktuellt djup och med de egenskaper som KBS:s säkerhetsanalys i övrigt förutsätter". "Vad som sålunda fordras är enligt regeringens bedömning ytterligare

provborrhningar och därav föranledda mätningar i sådana bergsområden som enligt sökanden har de nyss nämnda angivna geologiska egenskaperna".

Regeringen har i beslutet den 22 februari begränsat uppdragets omfattning och givit exempel på krav som redan skall anses uppfyllda och som sålunda inte skall granskas på nytt av inspektionen.

2. KRAFTFÖRETAGENS KOMPLETTERANDE UNDERSÖKNINGAR

De kompletterande undersökningarna och deras resultat redovisas här som de är framställda i rapporten från KBS.

2.1 Redovisningens uppläggning

KBS har utfört ytterligare geologiska undersökningar inom de tidigare undersökta områdena vid Karlshamn och Finnsjön. Enligt kraftföretagen bekräftar de kompletterande geologiska undersökningarna den bild av de geologiska förhållandena, som tidigare redovisats.

Karlshamnsområdet har valts som exempel på ett område, som uppfyller villkorslagens krav.

2.2 Slutförvarets storlek och utformning

Kraftföretagen anser att det enligt villkorslagens krav är tillräckligt att redovisa slutförvarsmöjligheter för den mängd högaktivt avfall, som de två

reaktoranläggningarna Ringhals 3 och Forsmark 1 kommer att producera. Detta skulle ge den undre gränsen för slutförvarets dimensionering och motsvara ca 1 500 ton uran eller lika många avfallskapslar för en trettioårig driftstid. Denna undre gräns anses dock sakna intresse, då de kompletterande geologiska undersökningarna, enligt KBS, har påvisat betydande bergvolymmer med tillfredsställande egenskaper i karlshamnsområdet. Slutförvaret har utformats som ett tunnelsystem, förlagt helt på en nivå på 500 meters djup. Kravet är att den högsta yttemperaturen hos den varmaste avfallskapseln med viss marginal skall understiga 100°C .

KBS understryker att utredningar visat att slutförvarets säkerhetsmarginaler i hög grad påverkas av utformningen av vissa tekniska barriärer. Genom val av plats och djup för slutförvaret finns möjlighet att påverka de naturliga barriärerna mot spridning av olika ämnen i avfallet. KBS anger att fortsatta studier visat, att säkerhetsmarginalen i tidigare redovisning av slutförvaring av förglasat avfall i flera avseenden är tilltagen i överkant och att en förenklad utformning av förvaret är möjlig, utan att säkerheten äventyras. KBS pekar även på möjligheten att öka säkerhetsmarginalen genom olika åtgärder. I den kompletterande redovisningen förutsätts dock slutförvaret utformat helt enligt de principer, som tidigare redovisats.

2.3 Omfattning av nya undersökningar

Kompletterande geologiska undersökningar har utförts i tidigare undersökta områden öster om Finnsjön och på Sternö vid Karlshamn. Undersökningarna omfattar

geologisk kartering, borrning av fyra nya hål i vardera området, kartering av borrhålor, mineralogiska undersökningar samt bestämningar av permeabilitet. Dessutom har ytterligare geofysiska mätningar och analyser av grundvatten utförts.

Karlshamnsområdet har valts som exempel på ett område, som uppfyller villkorslagens krav. Kraftföretagen redovisar därför i sin ansökan endast resultat från kompletterande undersökningar i detta område. Fyra nya hål har här borrats till vertikala djup varierande mellan 522 och 595 meter. Ett tidigare borrhål har dessutom fördjupats från 500 till 790 meter. Undersökningarna anknyter till dessa fem borrhål. Lägena har valts bl a i avsikt att belysa förhållandena nära en känd sprickzon och att karaktärisera bergformationen i stort.

2.4 Kraftföretagens redovisning av undersökningsresultaten

Sprickförekomster

Kartläggning från ytan och granskning av borrhålor har visat att berggrunden kan uppdelas i tre olika huvudtyper: kustgnejs, gnejsgranit och karlshamnsgranit. Mineralogiskt är dessa bergarter varandra närstående. Kontakten mellan de tre bergarterna är inte av tektonisk karaktär utan bergarterna synes gripa in i varandra. Kustgnejs dominerar i ytberget, medan berg- et på tänkt anläggningsnivå i huvudsak byggs upp av gnejsgranit och karlshamnsgranit. Borrhålor har en allmänt låg sprickfrekvens. I ett borrhål, som borrats i direkt anslutning till en krosszon i Munkahusviken, finns dock på sina ställen intensiv sprickbildning, som visar områdets nordvästliga begränsning till en rörelsezon. Ingen skillnad i de tre huvudbergarternas uppsprickning i stort har registrerats. En översiktlig sprickkarta har upprättats över området, som utvisar

bergpartiernas begränsningslinjer.

Det undersökta området begränsas av spricklinjer i nordvästlig och nordostlig riktning samt av en öst-västlig spricklinje i områdets södra del. En spänningszon parallellt med en diabasgång i områdets östra del delar det undersökta området i två ungefär lika stora partier. Spänningszonen har av KBS bedömts vara 80 m bred på 300 meters djup och nå ned till föreslaget förvaringsdjup. Bergpartierna mellan spricklinjerna anges vara relativt homogena med avseende på sprickor och vattenföring.

Permeabilitet och grundvattenrörelser

KBS har utfört mätningar av bergets permeabilitet i fyra av borrhålen. Mätningarna har utförts dels som dubbelmanschettmätningar över relativt korta sektioner av borrhålen, dels som enkelmanschettmätningar över större borrhålssektioner. I senare fallet anger KBS att en lägre mätgräns för permeabiliteten är möjlig att uppnå. Inverkan av felkällor blir också mindre, då läckaget dels blir mindre än vid dubbelmanschettmätning, dels hänförs till en större mätsektion.

Permeabiliteter mindre än $2,2 \times 10^{-11}$ m/s erhöles i tre av borrhålen under 200, 300 resp 350 m vid enkelmanschettmätningar. Data från fältförsök på andra platser visar, enligt KBS, på effektiva porositeter i berget av $10^{-3} - 10^{-4}$. Den hydrauliska gradienten inom slutförvarets område på 500 m djup har av KBS angivits till 0,009 - 0,02. Vid porositeten 10^{-3} beräknar KBS för detta fall en strömningssträcka för grundvattnet av 1,0 resp 2,4 m under 400 år.

Grundvattnets rörelser i tre profiler inom det tänkta området för slutförvaret har beräknats med en tidigare utvecklade tvådimensionell modell. En permeabilitet av 10^{-9} m/s,

porositet av 10^{-3} samt grundvattenytan, som följer terrängen resp havsytan, ger enligt KBS en beräknad kortaste strömningstid för grundvattnet från förvaret till markytan eller havsbotten av 1 000 år.

Grundvattnets sammansättning

I de kompletterande undersökningarna har ingått analyser av vattenprover från 20 och 150 m djup i borrhålet Ka 1, i två observationshål från markytan nära befintliga bergrum samt från tunnel i anslutning till bergrummen. I vissa avseenden ligger analysresultaten utanför de intervall, som tidigare bedömts som sannolika för grundvatten i berg på 500 m djup. Detta gäller främst halten av sulfat. Resistivitetmätningar har utförts i tre av borrhålen och visar inte värden över tidigare antagna gränser. En reducerande miljö har påvisats i grundvattnet genom förekomsten av tvåvärt järn.

2.5 Kraftföretagens sammanfattande omdöme

Kraftföretagen anser att det på Sternö finns ett område, som skulle kunna användas för slutförvaring av avfall, som täcker en sammanlagd yta av $1,2 \text{ km}^2$. För 9 000 kapslar, motsvarande avfallet från 13 reaktorer under 30 år, krävs en yta av knappt 1 km^2 vid slutförvaring i en nivå. Borrhålsundersökningarna har visat mycket enhetliga egenskaper hos berget. Lokala defekter i berget förutsätts därför endast i begränsad omfattning förhindra utnyttjandet av vissa delar av det tänkta slutförvaret.

3 GRANSKNINGSRAPPORT FRÅN INSPEKTIONENS KONSULTER

3.1 Uppdraget

Inspektionen har vid beredningen av regeringens uppdrag anlitat en rådgivande konsultgrupp i geologifrågor. Konsulterna påbörjade ett förberedande arbete redan un-

der hösten för att enligt inspektionens önskemål snabbt kunna genomföra den egentliga granskningen.

Konsulterna har bestått av, dels en grupp anlitad genom Allmänna Ingenjörbyrå AB under administrativ ledning av tekn lic S Andersson och i övrigt omfattande geolog A Eriksson, Allmänna Ingenjörbyrå AB, fil lic A Wesslén, VIAK AB och tekn lic B Åberg, Stockholm, dels geologerna professor S Hjelmqvist, Lund, statsgeolog S Huseby, Norges Geologiske Undersökelse och professor K Rankama, Helsingfors Universitet. I gruppens arbete har även deltagit civ ing P O Nielsen, Scandpower A/S, Norge. De fyra konsulterna från Allmänna Ingenjörbyrå AB är desamma som inspektionen anlidade för granskning av geologifrågor i samband med kraftföretagens tidigare ansökan.

Inspektionen har i en särskild promemoria preciserat inriktningen av konsulternas arbete till att omfatta en bedömning av

- storlek på det bergparti som har de av KBS angivna egenskaperna,
- frekvens av sprickor och krosszoner samt dessas inverkan på bergets täthet och grundvattnets transporttid,
- salthalt hos grundvatten,
- temperaturstegring vid förvar i flera nivåer (inaktuellt efter ansökans inlämnande),
- bergets täthet och permeabilitet,
- grundvattnets transporttid.

Resultatet av granskningsarbetet skulle avges som en eller flera rapporter, där de nämnda egenskaperna bedöms och värderas.

3.2 Konsulternas granskningsrapport

Konsulterna har vid förberedelsen för det egentliga granskningsarbetet funnit det önskvärt att ha en föreställning om vilka generella lokaliseringskriterier, som bör uppfyllas. De har därför definierat geobetingade kriterier, som antas vara av betydelse för slutförvarets integritet och radionuklidernas rörelsemöjlighet i bergmassan.

Konsulterna avlämnade sin granskningsrapport till inspektionen den 12 mars 1979. En av konsulterna, professor Sven Hjelmqvist, har avgivit särskilt yttrande. Detta ingår i rapporten och har senare förtydligats.

3.2.1 Granskningsutlåtande från majoriteten av konsulterna

Berggrundsförhållanden och bergvolym

I granskningsrapporten framhålls att de utförda geologiska undersökningarna på Sternö omfattar fyra nya borrhål, fördjupning av ett tidigare borrhål, borrhärnekartering samt vattenförlustmätning över 250 m borrhålslängd.

De utförda borrhålen är enligt granskningsrapporten alltför få och är borrhålen i sådana riktningar, att de inte ens, om de alla visat sprickfritt och litologiskt enhetligt berg, hade räckt till för att entydigt visa att bergmassan uppfyller ställda krav, då de lämnar stora bergvolym, som inte är undersökta.

Tre av borrhålen visar, enligt konsulterna, kraftiga sprickzoner. Utöver de sprickzoner, som KBS visat, anser sig konsulterna kunna påvisa ytterligare ett antal sannolika sprickzoner i det undersökta området. Konsulterna uttalar som sin åsikt, att sternöområdet inte uppfyller de av KBS i säkerhetsanalysen uppställda kraven.

Permeabilitetsförhållanden och grundvattenrörelser

Konsulterna framhåller att förutsättningarna i KBS säkerhetsanalys är, dels att grundvattnets transporttid från slutförvaret till biosfären uppgår till minst 400 år, dels (i det troliga fallet) att grundvattenflödet omkring deponeringshålen uppgår till högst $0,2 \text{ l/m}^2$ och år. Om ett förvar skall bli praktiskt genomförbart, torde man, enligt konsulterna, inte kunna räkna med längre strömningsväg i det tätare berget än någon eller några tiotal meter mellan vissa delar av förvaret och en näraliggande sprickzon. För att transporttiden då skall bli minst 400 år, krävs homogent berg med en permeabilitet av ca 10^{-12} m/s . En transporttid av 400 år med hjälp av strömningsvägar, som har regional storleksordning, någon eller några kilometer, skulle kräva att bergmassan längs alla tänkbara strömningsvägar från förvaret är homogen och har en permeabilitet av ca $3 \times 10^{-10} \text{ m/s}$. Ett grundvattenflöde omkring deponeringshålen om högst $0,2 \text{ l/m}^2$ och år skulle kräva att bergets permeabilitet är ca 10^{-10} m/s .

I rapporten framförs åsikten att i ett berg med låg permeabilitet skulle sand-betonitblandningen i tunnlar och schakt kunna ha en högre permeabilitet än berget. Deponeringshålen, tunnlar och schakten skulle då erbjuda grundvattnet snabbare strömningsvägar än det omgivande berget. Tunnlar och schakt borde därför på ömse sidor om korsande sprickzoner och i övrigt med lämpliga mellanrum förses med tätande zoner.

Enligt konsulterna är det en öppen fråga om den mätteknik, som KBS använt för bestämning av bergets permeabilitet ger representativa permeabilitetsvärden för en större bergvolym omkring borrhålet. Konsulterna anser att det idag inte finns någon lämplig metod att bestämma permeabiliteten hos en större bergvolym, som har låg permeabilitet och tämligen stora avstånd mellan vattenförande sprickor. Beräkningar av grund-

vattenflödets storlek och grundvattnets transporttid måste därför bedömas med stor försiktighet.

Konsulternas slutsats är att det av KBS framlagda undersökningsmaterialet inte gör det möjligt att med säkerhet och på saklig grund fastställa att man på Sternö funnit berg som uppfyller de av KBS angivna kraven vad beträffar grundvattnets transporttid och grundvattenflödets storlek. Osäkerheten kan till stor del förklaras genom avsaknaden av vetenskapliga belägg för att de använda mätmetoderna ger en representativ bild av en större bergmassas permeabilitetsförhållanden.

Grundvattnets sammansättning

Enligt konsulternas bedömning är det av KBS redovisade analysmaterialet från Sternö otillräckligt för att verifiera grundvattnets sammansättning på 500 m djup.

Risken anses vidare som mycket stor för att saltvatten genom inläckning efter några års pumpning i förvaret kommer att utgöra en del av den pumpade vattenmängden. Det är mycket svårt att bedöma hur lång tid det kommer att dröja innan naturliga förhållanden åter blir rådande i grundvattnets kemiska sammansättning på 500 m nivån.

Konsulterna diskuterar även betydelsen av grundvattnets kemiska sammansättning och dess inverkan på bentonit, titan, bly och borsilikatglas. Konsulterna har inte ansett sig ha kompetens att bedöma bergets sorptionseffekter och valet av fördröjningsfaktorer.

Konsulternas slutsatser

Konsulterna anser kraftföretagens kompletterande undersökning på Sternö otillräcklig, då det fåtal borrhål som utförts lämnar stora delar av området oundersökta. Utförda borrhål och andra undersökningar visar på ett antal

kross- och sprickzoner, vartill konsulterna vid sin granskning av borrhärnematerialet funnit ytterligare sprickzoner av betydelse. Enbart det faktum att en bred i NNO gående sprickzon delar förvarsområdet i två delar anser konsulterna vara ett tillräckligt skäl för att området inte uppfyller de av KBS angivna geologiska förutsättningarna för ett helt säkert förvar.

För att grundvattnets transporttid skall bli minst 400 år krävs, enligt konsulterna, runt förvaret ett homogent berg med en permeabilitet av ca 10^{-12} m/s och i en utsträckning av någon eller några tiotals meter omkring deponeringshålen och tunnarna. För ett grundvattenflöde omkring deponeringshålen av högst $0,2 \text{ l/m}^2$ och år krävs en permeabilitet av ca 10^{-10} m/s. Mot bakgrund av det av KBS framlagda undersökningsmaterialet anser konsulterna att det inte är möjligt att med säkerhet fastställa, att man på Sternö funnit berg som uppfyller dessa krav.

Sammanfattningsvis anser konsulterna att sternöområdet:

- inte kan användas för det av KBS föreslagna förvaret,
- inte kan användas som ett referensområde för ett slutförvar.

Konsulterna uttalar ändå den bestämda åsikten att sternöundersökningarna inte visat att det i kristallinsk berggrund i Sverige skulle vara omöjligt att utföra förvar för förglasat avfall från upparbetning.

Särskilt yttrande av professor Sven Hjelmqvist

Hjelmqvist anför att den fråga han, som berggrundsgeolog, har haft att ta ställning till är om berget på Sternö är av tillräckligt god beskaffenhet för att motsvara de egenskaper, som KBS-projektets säkerhetsanalys föreskriver samt om den tillgängliga bergmassan är tillräckligt stor.

Hjelmqvist anser att valet av borrhpunkter borde ha föregåtts av en geologisk kartering och geofysiska mätningar. Han anser att ingen väsentlig skillnad föreligger beträffande sprickfrekvens mellan de i förvaret ingående tre bergartstyperna, som fungerar som en enhetlig bergmassa. Borrhningarna ger en bild av berggrunden som visar stora, hela block med på större djup glesa sprickzoner. Hjelmqvist pekar på de mätvärden för permeabilitet i berget som KBS uppmänt och understryker särskilt de låga permeabiliteter, som erhållits vid enkelmanschettmätningar. Dessa bekräftas av mätningar vid Stripa gruva. Han anser att säkerhetsanalysens förutsättningar synes vara uppfyllda beträffande grundvattnets kemi.

Det område som KBS anger som lämpligt för ett slutförvar inbegriper även en tidigare ö, Kölö, som förenats med Sternö genom fyllnadsmassor. Denna del av området omfattande en yta av 0,2 km² bör enligt Hjelmqvist undantas från slutförvaret. Han anser att det synes osäkert om 9 000 avfallsskapslar kan rymmas inom det användbara området vid förvaring i ett plan.

Sammanfattningsvis anser Hjelmqvist att bergarten som sådan på Sternö är användbar för avfallsdeponering, men att det är osäkert om utrymmet är tillräckligt för 9 000 avfallsskapslar i ett plan.

I en till inspektionen den 18 mars 1979 ingiven komplettering av sitt särskilda yttrande säger professor Hjelmqvist bl a att av de mycket omsorgsfullt gjorda borrhörnegångarna dm för dm framgår klart att berget är av utomordentligt god beskaffenhet med hela, långa borrhörnegångar, ringa sprickfrekvens och ingen kärnförlust. Detta gäller oavsett om bergarten är gnejs, gnejsgranit eller granit. Vidare anförs att de hypotetiska konstruktioner av sprickzoner, som anges på en i konsultrapporten insatt karta

över området (fig 3.1:10) är alltför löst grundade för att utgöra grunden för en objektiv bedömning av utrymmesmöjligheten för ett tänkbart förvar.

4 SKRIVELSER FRÅN KBS M FL MED KOMMENTARER TILL KONSULTERNAS GRANSKNINGSUTLÅTANDE, KONSULTERNAS GENMÅLEN, ANDRA RELEVANTA SKRIVELSER TILL INSPEKTIONEN

4.1 Skrivelser från KBS m fl

Sedan kärnkraftinspektionens konsulter avgivit sitt granskningsutlåtande har KBS lämnat vissa kommentarer till inspektionen den 20 mars 1979. Kommentarer från Sveriges geologiska undersökning och synpunkter från fil dr R Stanfors har bifogats. KBS har senare även översänt synpunkter från geolog C-O Morfeldt.

KBS diskuterar med hänvisning till kommentarerna från Sveriges geologiska undersökning konsulternas påstående, att de ytterligare sprickzoner, som finns inom området, skulle innebära att förvaret inte uppfyller ställda geologiska krav.

KBS hävdar att konsulterna saknar grund för sitt påstående att en uppdelning av förvaret inte skulle vara tillåten.

KBS anser att det är entydigt belagt, att den över-skjutningszon, som konsulterna indikerar skulle gå igenom förvaret, inte förekommer med det läge och den bredd som konsulterna angivit. KBS stöder sig härvid bl a på förnyad kontrollbesiktning av aktuella borrhäror, som utförts av Sveriges geologiska undersökning, Stanfors och Morfeldt.

KBS kommenterar därefter konsulternas tveksamhet till den modell KBS anför för grundvattnets strömningsvägar och strömningstid. Man hänvisar till en ny rapport KBS TR 79-10, som utkommit efter det att granskningen av inspektionens konsulter slutförts. KBS framhåller

att det finns starkt stöd för slutsatsen, att i borrhålen uppmätta permeabilitetsvärden är att betrakta som representativa för blocken mellan sprickzonerna.

KBS har slutligen vissa synpunkter på konsulternas jämförelse mellan erforderliga borrhningar för dels ett förvar för högaktivt avfall, dels malmprospektering och förläggning av stora bergrum.

4.2 Konsulternas genmälen

Inspektionens konsulter har gjort vissa kommentarer till de nya skrivelserna från KBS. Professor Hjelmqvist har inte deltagit vid utformningen av kommentarerna. Särskilda skrivelser har också ingivits av två av konsulterna, nämligen P O Nielsen och A Eriksson. I konsulternas skrivelser förtydligas argument som tidigare framförts i huvudrapporten och behandlas avgränsningen av konsulternas uppdrag. Beträffande överskjutningszoner hänvisas till förhållandena i mellansvenska gruvor.

P O Nielsen framför i sin skrivelse till inspektionen den 19 mars 1979 som sin slutsats, att ytterligare utredningar och undersökningar av området tillsammans med vissa tillämpningar av det koncept som tidigare har framlagts av KBS, tillsammans med revision av relevanta delar av den föreliggande säkerhetsanalysen hos KBS, kan visa att det faktiskt är möjligt att etablera ett "helt säkert" slutlager i Sternö. I en senare skrivelse den 26 mars 1979 hänvisar Nielsen till den genomgång av säkerhetsanalysen för kraftföretagens tidigare ansökan, som Scandpower utfört.

A Eriksson ger i skrivelse den 26 mars 1978 vissa kommentarer till professor Hjelmqvists särskilda yttrande.

4.3 Inspektionen har erhållit skrivelser från L Ekbohm, Fortifikationsförvaltningen, T Hahn, N-A Mörner och G Wranglén.

5. INSPEKTIONENS ÖVERVÄGANDEN

5.1 Regeringens uppdrag till kärnkraftinspektionen

Av regeringsbeslutet den 5 oktober 1978 framgår att det fordras ytterligare provborrningar och därav föranledda mätningar för att visa att det finns en tillräckligt stor bergformation på aktuellt djup och med de egenskaper som KBS:s säkerhetsanalys i övrigt förutsätter. Regeringen anger i sitt uppdrag till kärnkraftinspektionen att kraftföretagen i sina tidigare ansökningar den 6 december 1977 och den 6 april 1978 "ansetts uppfylla lagens krav utom i ett avseende". Regeringens uppdrag till inspektionen innebär att inspektionen skall "bedöma de nu sålunda kompletterade ansökningarna i nämnda hänseende".

Regeringen har i beslutet den 22 februari begränsat uppdragets omfattning och givit exempel på krav, som redan skall anses uppfyllda och som sålunda inte skall granskas på nytt av inspektionen. Sådana krav är "KBS:s allmänna uppläggning, metod för slutförvaring och tekniskt utförande av förvaret, geologiska förutsättningar och mätmetoder samt säkerhetsanalys". Regeringen ansluter sig därvid till inspektionens tidigare yttrande. Detta innebär uppenbarligen att inspektionen inte i dessa avseenden skall ompröva de egenskaper och förutsättningar, som inspektionen redan behandlat.

Inspektionens uppgift är sålunda att bedöma den bergformation, som har de i säkerhetsanalysen från KBS angivna egenskaperna utifrån de förutsättningar, som regeringen angivit. Detta innebär att inspektionen skall bedöma sprickor och krosszoner, bergets täthet, grundvattnets transporttid och sammansättning samt områdets storlek.

Inspektionen anser det dock uppenbart, att resultatet av inspektionens granskning av de geologiska förutsättningarna för ett slutförvar sätts i relation till samtliga de säkerhetssystem som utgör grunden för kraftföretagens förslag till slutförvaring av högaktivt avfall.

5.2 Bergets geologiska egenskaper

5.2.1 Konsulternas arbete

Kärnkraftinspektionen har anmodat de konsulter, som inspektionen har anlitat för granskning av KBS kompletterande undersökning, att yttra sig över vissa specificerade frågor av rent geologisk karaktär. Konsulterna har emellertid i sitt huvudyttrande även behandlat frågor som rör regeringens uppdrag till inspektionen och tolkningen av den s k villkorslagen. Härigenom har konsulterna vidgat sina av inspektionen givna arbetsuppgifter till att omfatta frågor, som ligger utanför deras uppdrag eller det geologiska kompetensområdet.

Den form huvudrapporten från konsulterna fått, gör att inspektionen vid sina egna bedömningar måste fästa särskild uppmärksamhet på de delar av rapporten, där konsulterna gör tekniska bedömningar av det föreliggande materialet från KBS.

5.2.2 Sprick- och krosszoner

KBS anger i den rapport som bifogades kraftföretagens första ansökan att "berggrunden på den plats som senare skall utväljas måste utgöras av en lämplig bergart, som har tillräcklig utsträckning såväl i plan som på djupet. Förekomsten av sprick- och krosszoner kan påverka bergförvarets utformning och dess säkerhet". Vidare sägs beträffande deponeringshål att "inga hål kommer att placeras nära förkastningar och andra svaghetszoner i berget".

Såväl inspektionen som dess konsulter delar uppfattningen hos KBS att höga krav måste ställas på egenskaperna hos ett berg, som skall användas för slutlig förvaring av högaktivt avfall. Av denna orsak är det av stor betydelse att förekomsten av sprick- och krosszoner klarläggs, innan man tar ställning till hur ett föreslaget område för ett förvar kan användas. Inspektionen vill emellertid understryka, att anledningen till att sprickzoner och uppsprucket berg skall undvikas är bl a, att de utgör svaghetszoner i berget. Inverkan av enstaka sprickor måste bedömas utifrån deras genomsläpplighet (permeabilitet) för grundvatten.

Det område, som KBS har valt för förvaret, ligger på norra Sternö nära Karlshamn. Det begränsas i öster av en väl markerad diabasgång och i nordväst av en krosszon, som i princip följer Munkahusvikens sträckning. KBS anger även förmodade spricklinjer i nordöst, söder och sydväst. Vidare anför KBS att en förmodad spricklinje skär tvärs igenom det tilltänkta förvaret från SSV till NNO. De spricklinjer KBS hänvisar till baseras på topografiska indikationer samt observationer av hållar och borrhärlor.

KBS har låtit företa nya borrhärlor på Sternö för att få ökad kännedom om bergets beskaffenhet på stora djup, undersöka vissa förmodade svaghetszoner, få ökad kunskap om områdets östra delar, belysa förhållandena vid gränsen mellan sprickzon och ostörd bergrund samt utredna effekten på sidoberget av en sprickzon. Detta innebär, att man vid bedömning av en del av området främst måste stödja sig på den allmänna geologiska kunskap, som bl a undersökningsprogrammet givit, och inte på utförda borrhärlor.

Som resultat av de gjorda borrhningarna har vissa sprickzoner kunnat beläggas. Borrhålet Ka 4 berör Munkahusvikens krosszon och från undersökningar av detta borrhål och borrhålet Ka 5 kan vissa slutsatser dras om lutningen av krosszonen. Borrhålet Ka 3 skär igenom den förmodade spricklinje, som går diagonalt genom området och delar det i två delar.

De konsulter inspektionen anlitat för geologifrågor anser, att man måste antaga en svaghetszon mellan den tidigare ön Kölö och Sternö.

Vidare pekar majoriteten av konsulterna på att ytterligare en topografiskt antydd spricklinje finns omnämnd i en rapport från Sveriges geologiska undersökning. Denna linje sträcker sig från sydväst ett stycke in i det västra av de två områdena för förvaret. Konsulterna anser att man bör anta, att det finns en spricklinje, som är topografiskt antydd och som återfinnes mellan 91 och 100 m i borrhål Ka 3. Dessutom bör man enligt konsulterna anta förekomsten av en krosszon i västöstlig riktning, som följer de innersta delarna i Munkahusviken.

I en underlagsrapport från Sveriges geologiska undersökning den 2 februari 1979 anges, att man i ett berg-
rum i nordvästra kanten av Munkahusviken, enligt uppgift från professor Ingemar Larsson, påträffat en bred, lerfylld spricka i N 70°O med stupningen 20° åt NNW.

Larsson betecknar den funna sprickan som en överskjutningszon. På grundval av denna uppgift antar majoriteten av inspektionens konsulter att det finns ytterligare sådana överskjutningszoner i området och att en sådan zon skulle träffa det tilltänkta förvaret i ett plan som stupar 20 - 30° åt NNO. Konsulterna anser

att överskjutningszonen finns verifierad i borrhålen Ka 2 och Ka 1 och troligen också i Ka 3. I Ka 2 finns den mellan 250 och 330 m och i Ka 1 indikeras den i vattenförlustmätningarna som en vattengenomsläpplig zon omkring 500 m. I rapporten betecknas överskjutningszonen som sannolik.

KBS har gjort en förnyad genomgång av aktuella borrhälskärnor. I samband med denna nya genomgång framhåller KBS, att en överskjutningszon av den mäktighet kärnkraftinspektionens konsulter antagit, tydligt borde ha registrerats vid kärngranskningen på grund av utpräglad uppkrossning, leromvandling och mylonitisering. Ingenting av detta har dock registrerats vid karteringen av borrhälskärnorna. Även vid förnyad genomgång av respektive kärnor har inga tecken på en sådan överskjutning kunnat iakttas. Detta innebär enligt KBS att observationer i tre borrhål visar, att en fläck överskjutningszon inom det tilltänkta förvaret inte existerar med det läge och den bredd som konsultgruppen angivit.

Vidare har professor Hjelmqvist i kompletteringen till sitt särskilda yttrande angivit, att den bild av en överskjutningszon som återges i konsultrapporten saknar stöd i verkligheten och inte kan utgöra grund för en bedömning av utrymmesmöjligheterna på 500 m djup.

Med hänsyn till vad som framförts från bland annat professor Hjelmqvist och KBS anser inspektionen, att det inte är sannolikt att en sådan överskjutningszon som anförts av inspektionens konsulter, skulle finnas som kan inverka på förvarets säkerhet.

5.2.3 Grundvattenströmning och bergets täthet

KBS har bestämt permeabiliteten i borrhålen, dels med dubbelmanschettmätningar, dels med enkelmanschettmätningar. Den förra metoden har använts i borrhålen Ka 1, Ka 2, Ka 3 och Ka 5. Den senare metoden har använts för borrhålen Ka 1, Ka 2 och Ka 5. Permeabilitetsmätningar har inte utförts i borrhål Ka 4, som borrats i direkt anslutning till krosszonen i Munkahusviken. KBS ger i rapporten 79-06 en redogörelse för den använda mätmetoden och diskuterar även inverkan av eventuella felkällor.

För borrhålet Ka 1 uppmättes från 490,5 m och nedåt som högst $2,9 \times 10^{-9}$ m/s med dubbelmanschettmätning av 2 m sektioner. Enkelmanschettmätningar från nivån 199,5 till hålets botten på 778,5 m visar en medelpermeabilitet på 10^{-11} - 10^{-12} m/s.

För borrhålet Ka 2 har permeabiliteten för sektionen 248,8 - 332,8 m uppmätts till mellan $8,3 \times 10^{-8}$ m/s och $1,9 \times 10^{-10}$ m/s, som är undre mätgränsen. Sektionen 332,8 - 475,8 m visar värden mellan $1,2 \times 10^{-9}$ m/s och undre mätgränsen, med undantag av ett värde som är obetydligt högre. Sektionen 475,8 m till borrhålets botten visar permeabiliteter mellan 8×10^{-10} och $1,9 \times 10^{-10}$ m/s som är den undre mätgränsen. Enkelmanschettmätningar visar här som högst $6,2 \times 10^{-9}$ m/s och för sektioner under 400 m nivån uppmättes mellan 10^{-11} och 10^{-12} m/s.

Borrhålet Ka 3 visar relativt höga permeabiliteter i intervallet 299,6 - 359,6 m med flera värden omkring $1,5 \times 10^{-6}$ m/s. I avsnittet 359,6 - 764,6 m varierar värdena mellan 10^{-9} m/s och mätgränsen $1,9 \times 10^{-10}$ m/s.

Dubbelmanschettmätningarna i borrhål Ka 5 är svårtydbara eftersom fel uppstått på mätutrustningen. Enkelmanschettmätningar visar emellertid en medelpermeabilitet på $4,0 \times 10^{-12}$ m/s för sektionen 300 m till 577,8 m, som är hålets botten.

Inspektionens konsulter pekar i huvudyttrandet på de stora skillnader - 200 till 500 gånger - som finns mellan mätningarna gjorda med dubbelmanschetteknik och enkelmanschetteknik. Till en del kan detta enligt KBS förklaras genom att hydraulisk kontakt kan uppstå förbi manschetterna vid förekomst av sprickor parallella med borrhålet. Denna effekt är mera utpräglad vid dubbelmanschettmätningar än vid enkelmanschettmätningar.

Den anförda osäkerheten tas som utgångspunkt för slutsatsen från majoriteten av inspektionens konsulter att man idag inte har någon adekvat metod att bestämma permeabiliteten hos en större bergvolym som har låg permeabilitet och tämligen stora avstånd mellan vattenförande sprickor. Detta innebär också att man måste bedöma t ex beräkningar av grundvattenflödets storlek och grundvattnets transporttid med stor försiktighet.

Inspektionen vill i detta sammanhang hänvisa till regeringens uppdrag, som måste anses innebära, att inspektionen inte kan fordra att kraftföretagen för den kompletterande utredningen behöver använda andra mätmetoder än de som redovisades i den tidigare ansökan. Därtill kommer att mindre ändring av den mycket låga vattengenomströmning, som motsvarar KBS krav på en permeabilitet av 10^{-9} m/s, inte har någon avgörande inverkan på förvarets säkerhet.

Enligt inspektionens uppfattning har de mätningar, som KBS utfört i de borrhål som upptagits i Sternö, be-

kräftat att det finns bergmassiv, som har de permeabilitetsegenskaper som KBS angett för sin säkerhetsanalys. Områden med högre permeabilitet än 10^{-9} m/s mänt enligt dubbelmanschettekniken kan hänföras till spricksystem, som i allmänhet finns belagda i ansökningshandlingarna och i något fall framkommit vid granskningen. Om man tar större hänsyn till enkelmanschettmätningar, som anses ge de mest tillförlitliga värdena, förefaller inverkan av sprickor i de delar av området, som KBS angett som lämpligt för ett förvar, inte påverka de i medeltal låga permeabilitetsvärdena i någon större omfattning. Kravet på låg permeabilitet hos berget innebär enligt inspektionens åsikt ett krav på genomsnittligt låga värden. Enstaka högre värden måste kunna godtas.

Grundvattenströmningen inom och omkring Sternö har blivit föremål för en särskild utredning som redovisas i rapporten 79-08. Analysen har gjorts med användning av en tvådimensionell, radialsymmetrisk modell. Som ingångsvärden har valts en permeabilitet av 10^{-9} m/s och en porositet av 10^{-3} samt en grundvattennivå som följer markytan respektive havsytan. KBS anger att den kortaste beräknade transporttiden för grundvattnet att från slutförvaret nå upp till markytan eller havsbotten är 1 000 år. KBS räknar med att förvaret på 500 m djup har en permeabilitet av högst 10^{-11} m/s. Gradienten inom förvarsområdet beräknas till mellan 0,009 och 0,02. Detta skulle innebära en transportsträcka på 1,0 resp 2,4 m under 400 år.

KBS anger att deponeringshålen i karlshamnsoområdet kan placeras i berg med permeabiliteten 10^{-11} à 10^{-12} m/s. Detta innebär att en transporttid av 400 år uppnås redan inom ett fåtal meter från hålen.

Majoriteten av inspektionens konsulter har i sitt yttrande kommenterat KBS beräkningar. Huvudinvändningen är nu, liksom var fallet vid konsulternas granskning av kraftföretagens tidigare ansökan, att KBS i sina beräkningar inte tar hänsyn till de vertikala sprickzonerna, som enligt konsulterna sannolikt innebär en snabbare transport av grundvattnet till ytan och som dessutom förutsätts inverka på de hydrauliska gradienternas storlek.

Vid granskningen av KBS tidigare rapport, har inspektionen ingående behandlat vattenströmning i tätt berg och inte haft invändningar, som lett till ifrågasättande av den av KBS använda analysen. Inspektionens uppfattning är därför, att KBS beräkningssätt för grundvattenströmningen, som den läggs fram i de kompletterande undersökningarna, bör kunna godtas. Ytterligare material för belysning av denna fråga har, sedan inspektionens konsulter slutfört sin granskning, inlämnats av KBS i rapporten 79-10. Bl a behandlas där inverkan av sprickzoner på grundvattnets vandringshastighet.

5.2.4 Grundvattnets sammansättning

De konsulter inspektionen anlitade för granskningen av kraftföretagens tidigare ansökan har ingående bedömt, vilken inverkan grundvattnets sammansättning har på korrosion av kapslingsmaterial och på glasets urlakningshastighet. Senare undersökningar inom KBS har, enligt inspektionens uppfattning, stärkt de tidigare antagandena om en mycket låg syrehalt i svenska grundvatten på stort djup. En låg syrehalt ökar motståndskraften mot korrosion av kapslingsmaterialet. Rege-

ringens uppdrag till inspektionen medför, att inspektionen inte har sett som sin uppgift att ytterligare belysa korrosionen och glasupplösningshastigheten, utan inspektionen hänvisar där till sitt tidigare yttrande. Grundvattensammansättningen i det område som KBS undersökt får emellertid inte avvika från de tidigare analyserna i så hög grad, att de tidigare slutsatserna blir tveksamma.

Endast ett fåtal mätningar av grundvattensammansättningen har gjorts för de nya borrhålen. Vattnets ledningsförmåga, som är ett mått på mängden lösta salter, har mätts i tre borrhål. Den uppmätta ledningsförmågan ligger inom det intervall, som anges av KBS i kraftföretagens tidigare ansökan. Däremot visar sulfathalten högre värden i två av borrhålen.

KBS anger i rapporten 79-07 flera förklaringar till den högre sulfathalten, bl a närvaro av gips som sprickfyllnad, vilket har påvisats i borrhålen från borrhålen. Enligt inspektionens uppfattning har de något högre sulfathalterna ingen nämnvärd inverkan på korrosionen hos det av KBS valda kapslingsmaterialet.

Inspektionen har i sitt tidigare yttrande nämnt den då anlitate geologkonsultens uppfattning, att saltvatten med kloridhalter av högst 5 000 mg/l under den 70-åriga pumpningsperioden kan komma att tränga in i förvaret. Vidare framhölls möjligheten att förvaret, om det förläggs nära kusten, under samma period kan komma att påverkas av saltvatten, som från kusten tränger in under det söta grundvattnet. Detta skulle kunna innebära, att det av KBS angivna högsta värdet för klorid skulle kunna överskridas.

De nu anlitade konsulterna, inkluderande professor Hjelmqvist, gör samma iakttagelse. De påpekar att risken för att saltvatten under byggtiden när pumpning pågår kommer att utgöra en del av den pumpade vattenmängden, måste bedömas som mycket stor. Hur lång tid efter pumpningens avslutande det kommer att dröja, innan naturliga förhållanden åter blir rådande för grundvattnets kemiska sammansättning på 500 m nivå, är mycket svårt att avgöra.

Inspektionen anser, att man mot bakgrund av de här framförda uppfattningarna från inspektionens konsulter, inte kan utesluta möjligheten för saltvattenintrång till förvaret under den period då pumpning pågår. Denna omständighet behandlades ingående vid beredningen av inspektionens tidigare yttrande. Inspektionen har från KBS delgivits tekniska metoder, som skulle kunna förhindra kontakt mellan ev. inträngande saltvatten och avfallet.

5.2.5 Vikten av homogent berg

De utförda kompletterande borrhningarna har visat att berggrunden på Sternö inte är homogen utan består av kustgnejs, gnejsgranit och karlshamnsgranit. KBS anger i sin redovisning från borrhningarna, att bergartskontakten inte är av tektonisk karaktär utan att bergarterna synes gripa in i varandra.

Majoriteten av inspektionens konsulter anser att olika bergarter har olika egenskaper och att artskilda bergarter inte går att ha i bergmassan, om säkerhetskriterierna skall kunna uppfyllas. Vidare pekar konsulterna på att i borrhålet Ka 4, som berör en krosszon i Munkahusviken, gränsen mellan gnejs och gnejsgranit utgörs av en bred krosszon och att den därför kan vara tektoniskt betingad. Konsulterna anser emellertid,

att den blandning av gnejs, gnejsgranit och granit, som förekommer inom sternöområdet, skulle kunna vara acceptabel, men att det i så fall krävs ytterligare undersökningar av bergarternas mekaniska egenskaper för att t ex visa att uppvärmning av bergmassan inte förorsakar sprickbildning.

Professor Hjelmqvist säger i sitt särskilda yttrande, att gränsen mellan de olika bergarterna inte är skarp utan att kustgnejsen via gnejsgranit successivt övergår i karlshamsgranit. Detta kan studeras i borrhål Ka 1 och även i dagen. Med hänsyn till sprickfrekvens föreligger ingen väsentlig skillnad mellan de olika bergartstyperna, som fungerar som en enhetlig bergmassa. De smärre pegmatitgångar, som påträffas i gnejsen, skiljer sig med hänsyn till sprickfrekvensen inte från gnejsen. Med undantag av borrhål Ka 4, som avsiktligt riktats mot Munkahusvikens förmodade svaghetszon i nordväst, är bergarten i övriga fyra borrhål av övervägande mycket god beskaffenhet med långa, hela kärnor och ringa sprickfrekvens.

Kärnkraftinspektionen har tidigare framhållit, att KBS anser att berggrunden på den plats, som skall utväljas för ett förvar för högaktivt avfall, måste utgöras av en lämplig bergart, som har tillräcklig utsträckning såväl i plan som på djupet. Undersökningarna i Sternö har nu visat förekomsten av tre bergarter, kustgnejs, gnejsgranit och karlshamsgranit, som gradvis går över i varandra. Inspektionen anser i likhet med de konsulter den anlitat, att den omständigheten att flera olika mineral förekommer inte utgör något hinder för ett förvar. Vad som är av betydelse är om kontaktzonerna innebär stora risker för sprickbildningar. Varken KBS eller inspektionens konsulter har funnit några indikationer för en sådan ökad sprickbildning inom

förvaret. Professor Hjelmqvist anser att berget, trots den inhomogena sammansättningen, fungerar som en enhetlig bergmassa.

Med hänsyn till den framförda uppfattningen hos inspektionens konsulter, den ringa uppvärmningen av berget och den likartade mineralfördelningen hos de tre materialen anser inspektionen sålunda att berggrunden på Sternö, ur mineralogisk synpunkt, bör kunna anses som lämplig för ett förvar.

5.2.6 Förvarets storlek

Det förvar för högaktivt avfall, som KBS anser skulle kunna förläggas till Sternö, begränsas av en diabasgång i öster och i övrigt av fyra påvisade eller förmodade spricklinjer, sprickzoner och krosszoner. En påvisad sprickzon skär mitt igenom förvaret som härigenom delas i en östlig och en västlig del. KBS har vid sin bedömning beräknat en skyddszon om 50 m från redovisade sprickor. Sprickorna antas i de bifogade figurerna stå vertikalt utom sprickan i Munkahusviken, där sprickan har en sådan lutning att den kräver en skyddszon på 200 m sedd i markplanet. Totalt uppgår den av KBS angivna ytan som skulle vara användbar för ett förvar till $1,2 \text{ km}^2$. I tidigare ansökningar har angivits att 1 km^2 är tillräcklig för ett förvar om 9 000 avfallskapslar, vilket motsvarar avfallet från 30 års drift av 13 kärnkraftsaggregat.

Sveriges geologiska undersökning och inspektionens konsulter har angivit, att ytterligare spricksystem och svaghetszoner utöver de KBS angett i kraftföretagens ansökan kan förekomma. Konsulterna är överens om att ett område väster om en förmodad svaghetszon mellan den tidigare ön Kölö och Sternö inte bör komma ifråga för ett förvar. Det tillgängliga området minskar härigenom med ca $0,2 \text{ km}^2$.

Majoriteten av konsulterna diskuterar hur stor skyddszon som bör finnas intill en spricka samt även sprickzonens bredd. Konsulterna antar en sprickbredd på 100 m och en skyddszon på vardera sidan om sprickzonen på 50 m. Detta innebär att varje redovisad spricka inom förvaret skulle ta bort en strimla av 200 m bredd från förvaret. Om man förfar på detta sätt, skulle ca 0,4 km² återstå av förvarets yta, vilket enligt tidigare antaganden skulle vara tillräckligt för ca 3 600 avfallskapslar.

Inspektionen har tidigare berört den av konsulterna antagna överskjutningszonen, som skulle skära in i förvaret. Skulle man även undanta den del av förvaret som den antagna överskjutningszonen skulle beröra, minskar förvarets tillgängliga yta till ca 0,3 km² vilket enligt samma beräkningsgrund borde vara tillräckligt för ca 2 500 avfallskapslar.

Professor Hjelmqvist ansluter sig inte till konsultgruppen i övrigt utan anser att den användbara deponeringsytan endast bör minskas med 0,2 km².

Inspektionen vill peka på att den faktiska informationen om de områden, som enligt konsulterna skulle återstå för den större delen av förvaret och som utgörs av området öster om den spricka som skär tvärs igenom förvaret är knapphändig och främst kommer från topografiska indikationer. Endast ett borrhål, Ka 3, tränger in i områdets västra kant. Majoriteten av konsulterna finner detta så otillräckligt att de inte anser att KBS tillfredsställande har visat områdets geologiska egenskaper i enlighet med regeringens beslut den 5 oktober 1978.

Professor Hjelmqvist däremot drar slutsatsen, att bergarten som sådan på Sternö är väl användbar för deponering av kärnkraftsavfall, men att det är osäkert, om utrymmet är tillräckligt för 9 000 avfallskapslar i ett plan.

För egen del vill inspektionen understryka att även med de extrema krav på skyddszoner och antaganden om sprickor, krosszoner och överskjutningszoner som majoriteten av inspektionens konsulter framfört, fortfarande återstår ett område om ca 0,3 km². Detta område är tillräckligt för ca 2 500 avfallskapslar.

6. DE KOMPLETTERADE UNDERSÖKNINGARNA SOM ETT LED I KRAFTFÖRETAGENS FÖRSLAG TILL FÖRVARING AV HÖGAKTIVT AVFALL

Kärnkraftföretagen har för att möta villkorslagens krav på "... en helt säker slutlig förvaring av det vid upp- arbetningen erhållna högaktiva avfallet ..." valt att föreslå att avfallet förvaras i bergformationer ca 500 m under markytan. Återföring av radioaktivt material till biosfären hindras av ett antal "barriärer" varav några är naturliga och andra utgörs av tekniska konstruktioner. KBS har i sin tidigare utredning, som bifogats kraftföretagens ansökningar den 6 december 1977 och den 6 april 1978, gjort en analys av hur mycket de olika barriärerna sammanlagt betyder för säkerheten. KBS har som ingångsvärden för analysen använt värden, som på ett tekniskt sätt beskriver viktiga egenskaper hos de olika barriärerna.

Vid val av ingångsvärden för analysen, eller annorlunda uttryckt, vilka krav som ställs på de olika barriärerna, har KBS inte tagit ställning till om kravet egentligen behöver uppfyllas för var och en av barriärerna för att det önskade resultatet - försumbar påverkan på omgivningen av det radioaktiva avfallet - skall uppnås. KBS har i stället utgått från att höga krav skall ställas på

samtliga de barriärer, som kan påverkas vid val av metod och plats för avfallsförvaringen. Inspektionen anser att detta synsätt är riktigt. Det ledde också till att inspektionen i sitt yttrande över vattenfallsverkets ansökan om att få tillföra kärnbränsle till Ringhals 3 kunde tillstyrka denna ansökan under våren 1978.

Kärnkraftinspektionen vill emellertid framhålla, att inspektionen för sitt ställningstagande den 9 maj 1978 inte var av den åsikten, att var och en av de barriärer som KBS använt sig av i sin analys, måste ge det skydd som KBS antagit, för att slutresultatet skulle anses godtagbart enligt villkorlagens krav. Det fanns dessutom inte någon anledning för inspektionen att bedöma effekten av sådana säkerhetsbarriärer, som KBS inte hade tagit med i säkerhetsanalysen, t ex det använda fyllnads-materialiets fördröjande inverkan på vandrigen av radioaktivt material. Inspektionen anser det betydelsefullt för bedömningen av den av KBS föreslagna möjliga placeringen av ett förvar för högaktivt avfall på Sternö, att man beaktar den principiella uppbyggnaden av säkerheten för förvaret. KBS använder sig av flera barriärer, där styrkan hos en enstaka barriär kan vara större eller mindre, men där den sammanlagda styrkan skall utgöra en garanti för en helt betryggande förvaring.

Detta innebär att de krav på bergkvalitet, vattenflöde, vandringshastighet hos grundvattnet och grundvattnets sammansättning, som i vissa fall med siffervärden ingår i KBS säkerhetsanalys, var för sig kan tillåtas att variera inom ganska vida gränser, utan att den kombinerade effekten och därmed säkerheten avsevärt påverkas.

Regeringens beslut den 5 oktober 1978 innebär emellertid en formell begränsning av inspektionens bedömning av säkerheten hos ett förvar. I beslutet anförs nämligen, att den av kraftföretagen begärda kompletterande undersökningen skall visa, att det finns en tillräckligt stor bergformation på aktuellt djup och med de egenskaper som KBS säkerhetsanalys i övrigt förutsätter. En tolkning av denna formulering, som innebär att särskilt höga krav skulle ställas på den geologiska barriären skulle betyda, att de av KBS för säkerhetsanalysen valda värdena på vissa egenskaper hos berget finge en betydelse, som inte överensstämmer med grundprinciperna hos den av kraftföretagen föreslagna metoden för förvaring av högaktivt avfall.

Inspektionen anser att hela den principiella uppbyggnaden av ett system för säkerhetsbarriärer, som skall garantera en betryggande förvaring, måste beaktas.

7. INSPEKTIONENS SLUTSATSER

Statens kärnkraftinspektion har fått regeringens uppdrag att bereda ansökningar från statens vattenfallsverk och Forsmarks Kraftgrupp AB om tillstånd att få tillföra kärnbränsle till Ringhals 3 och Forsmark 1 enligt bestämmelserna i lagen 1977:140 i den omfattning, som närmare beskrivs i uppdraget.

Inspektionen har därvid granskat en rapport från KBS angående "Kärnbränslecykelns slutsteg, förglasat avfall från upparbetning, kompletterande geologiska undersökningar". Denna rapport har bifogats ansökningarna. Vidare har inspektionen haft tillgång till två rapporter från Sveriges geologiska undersökning, om-

fattande "kompletterande berggrundsundersökningar inom finnsjö- och karlshamnsområdena", samt "Utvärdering av de hydrogeologiska och berggrundsgeologiska förhållandena på Sternö". Dessutom har inspektionen beaktat vissa tekniska rapporter från KBS, som dels bifogats ansökningarna, dels översänts direkt till inspektionen.

Inspektionen har vid sin granskning av det omfattande materialet anlitat utomstående konsulter. Konsulterna har avgivit en rapport över sitt arbete. Särskilt yttrande har avgivits av en av konsulterna. Yttrandet har sedermera motiverats i en särskild skrivelse.

Inspektionen har även tagit del av bland annat vissa synpunkter på rapporten från konsulterna som framförts av KBS, Sveriges geologiska undersökning och fortifikationsförvaltningen. Inspektionen har i avsnitt 6 redovisat sin syn på den geologiska barriärens betydelse i förhållande till andra barriärer. Inspektionen anser inte att var och en av de barriärer, som KBS använt sig av i sin analys, måste ge det skydd, som KBS antagit för att slutresultatet skall anses helt säkert enligt villkorslagets krav.

I regeringens uppdrag till inspektionen hänvisas till regeringsbeslutet den 5 oktober 1978 och anges, att den kompletterade geologiska undersökningen skall ha visat att de geologiska kraven är uppfyllda för det undersökta bergområdet. Inspektionen finner att ytterligare klarhet vunnits om de positiva möjligheter, som finns att i svenskt berg slutförvara högaktivt avfall. Vid den formella bedömningen av om KBS visat att de geologiska kraven är uppfyllda är emellertid inspektionens styrelse inte enig om tolkningen av begreppet "visa" och därmed inte heller om att uppfyllandet av kraven har letts i bevis.

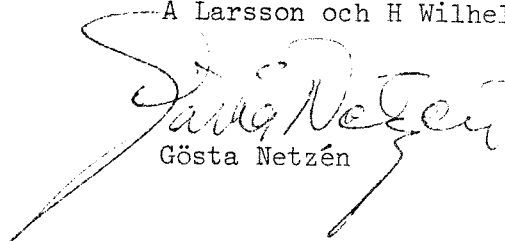
En strikt bevisföring finner inspektionen emellertid inte vara nödvändig. Inspektionen anser att betydelsen av de krav, som ställts på den geologiska barriären, inte bör överdrivas och att de mycket långsiktiga förloppen i berggrunden har föga praktisk betydelse, om övriga barriärer fungerar tillfredsställande.

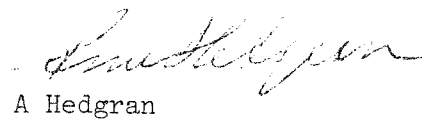
I helhetsbedömningen av säkerheten har den kompletterade undersökningen inte givit inspektionen skäl att ändra sin tidigare inställning, som framförts i remissyttrandet den 9 maj 1978, att KBS-projektets förslag till hantering av använt kärnbränsle och slutförvaring av högaktivt avfall uppfyller de krav villkorlagen ställer. Enligt inspektionens uppfattning pekar således det tillgängliga materialet på godtagbara möjligheter för förvaring i svenskt berg av avfallet från åtminstone de nu aktuella två reaktorerna.

Inspektionen vill i anslutning till detta med skärpa understryka vad som sades i inspektionens tidigare yttrande av den 9 maj 1978, då frågan enbart gällde Ringhals 3:

"Inspektionen vill framhålla att KBS-projektet tillkommit som en följd av de krav, som villkorlagen ställer på redovisning av framförallt den slutliga förvaringen av det högaktiva avfallet. Om tillstånd ges till laddning av Ringhals 3 enligt villkorlagens bestämmelser bör planer för slutliga anläggningar för hantering och förvaring av använt kärnbränsle och olika slag av radioaktivt avfall förverkligas. Ett forsknings- och utvecklingsprogram, som inriktas mot färdiga anläggningar, måste påbörjas eller i vissa fall fortsätta på grundval av verksamheten inom KBS eller programrådet för radioaktivt avfall".

I beslutet har förutom undertecknad ordförande deltagit styrelseledamöterna T B Johansson, L-G Larsson, B Lindell, K-E Olsson, P Unckel, N E Wååg och A Hedgran, den sistnämnde som föredragande. Mot beslutet reserverade sig K-E Olsson. T B Johansson anmälde att han kommer att avge särskilt yttrande. Reservationen och det särskilda yttrandet bifogas. Därjämte har närvarit tjänstemännen T Eckered, G Hedelius, A Larsson och H Wilhelmsson.


Gösta Netzén


A Hedgran

Bilagor: se särskild bilageförteckning

RESERVATION

Docent Thomas B Johansson vid SKIs styrelsesammantråde 70-03-27.

Jag har reserverat mig mot styrelsens beslut rörande yttrande till regeringen om ansökan från statens vattenfallsverk och Forsmarks Kraftgrupps AB om tillstånd enligt villkorslagen att få ladda Ringhals 3 och Forsmark 1.

Trots denna reservation anser jag att dessa reaktorer bör tas i drift. Det är således inte för att stoppa laddningen av dessa reaktorer jag har reserverat mig.

Jag anser att kunskapen om säkerhetsfrågorna kring avfallet inte nu motiverar ett stopp för laddning. Jag anser det tillvägagångssätt styrelsemajoriteten valt för att tillstyrka laddning principiellt betänkligt. Sammanfattningsvis, styrelsemajoriteten har minskat kraven på bevisföringens kvalité och stringens till en mycket låg nivå.

SKI borde, enligt min mening istället utnyttjat möjligheten (enligt verksstadgan) att föreslå en sådan författningsändring att laddning kan genomföras utan att riksdagens grundläggande ambition med villkorslagen ändras. Jag har i brev till styrelsen 790316 föreslagit en sådan v g:

SKI borde alltså beslutat att:

1. Meddela regeringen att det av regeringen formulerade kravet på "ytterligare provborrningar och därav föranledda mätningar för att visa att det finns en tillräckligt stor bergsformation på aktuellt djup och med

de egenskaper som KBS:s säkerhetsanalys i övrigt förutsätter" inte har uppfyllts. Mina skäl till detta framgår nedan.

2. Peka på möjligheten att, utan att ändra riksdagens intentioner med villkorslagen, ändå vinna erforderlig tid för tillräckliga undersökningar utan trycket från ett stort outnyttjat kapital i form av väntande reaktorer. Denna andra del av SKI:s yttrande är inte ett direkt svar på den av regeringen ställda frågan utan får ses mot bakgrund av ärendets vikt och myndighetens uppdrag att "föreslå de författningsändringar eller andra åtgärder som är påkallade eller i övrigt lämpliga" (Allm. verkstadgan SFS 1965:600).

SKI tolkade i sitt yttrande av den 8 maj 1978 över KBS-I villkorslagen så, att det är tillräckligt att anse det som sannolikt att en tillräckligt stor bergsvolymer med antagna egenskaper skulle kunna hittas i tid för programmet med slutförvaring. Regeringen godkände emellertid inte denna tolkning utan föreskrev i sitt beslut i oktober 1978 att villkorslagen skulle tolkas så, att existensen av en sådan bergsformation skulle visas.

Regeringen har nu uppdragit åt SKI att bedöma de därav föranledda kompletterande undersökningarna och att yttra sig om huruvida de uppfyller de krav regeringens tolkning av villkorslagen ställer. Dessa krav är alltså strängare än de SKI tidigare ansåg nödvändiga. Regeringen har dessutom i remissen den 22 februari 1979 gjort vissa inskränkningar i vad som skall granskas: "Regeringen har således, i likhet med den bedömning inspektionen tidigare har gjort,

ansett att förutsättningar för bifall förelåg bl a vad avsåg KBS:s allmänna uppläggning, metod för slutförvaring och tekniskt utförande av förvaret, geologiska förutsättningar och mätmetoder samt säkerhetsanalys".

Det måste vara politikernas uppgift att bestämma vilken grad av säkerhet som skall eftersträvas i samband med olika energiproduktionsverksamheter. På säkerhetsmyndigheterna ankommer det sedan att se till att den fastställda ambitionsnivån uppnås samt att förse statsmakterna med erforderliga tekniska upplysningar till grund för deras ställningstaganden i olika frågor rörande säkerheten.

Inspektionen har engagerat en expertgrupp för att granska sökandens dokumentering. Expertgruppen anser, med en reservant, att de gjorda undersökningarna inte uppfyller regeringens krav på att existensen är visad. De anser t o m att undersökningarna visar att den undersökta bergvolymen inte kan användas, vilket är ett betydligt starkare yttrande. Deras resonemang grundas på observationer i det material KBS redovisat och egna observationer på platsen.

Konsultgruppen anser, att det undersökta området på Stårnö innehåller sådana sprickor att utrymmet för förvar av avfallskapslar blir alltför litet. Endast den sydöstliga delen av området är opåverkat av nu kända eller sannolika sprickzoner. Inga borrhål har gjorts i denna del av området och jag är enig med styrelsemajoriteten om att informationerna om denna del av området "är knapphändig och främst kommer från topografiska indikationer." Detta är enligt

min mening inte att uppfylla regeringens krav på ytterligare provborrningar och därav föranledda mätningar.

Konsulterna har på en rad andra punkter framfört stark kritik.

KBS och SGU har, liksom de av KBS anlitate geologerna Stanfors och Morfeldt, kritiserat konsulternas yttrande. Fortifikationsförvaltningen har inkommit med vissa synpunkter. Geologen Mörner har till SKI skrivit och stött SKI:s geologer samt påtalat vissa andra brister i KBS undersökningar. SKI:s geologer har till inspektionen bemött den framförda kritiken.

Oenigheten bland geologerna är således betydande. Det är på sökanden bevisbördan ligger. Det är alltså KBS som skall visa att kraven är uppfyllda. Enbart svensk praxis och vanlig logik innebär att då betydande oenighet bland experterna i motsvarande situationer föreligger kan man inte anse att något bevissats. Naturligtvis under förutsättning att ena sidans argument inte kan underkännas. Enligt min mening föreligger dock ingen grund för detta på nuvarande kunskapsnivå. Kritiken av konsultgruppen har alltså inte visat att dennas utlåtande är behäftat med sådana brister att sökandens dokumentering kan anses utgöra det av regeringen begärda beviset.

Detta innebär naturligtvis inte att det är omöjligt att ytterligare undersökningar kan visa vad regeringen krävt.

Styrelsemajoriteten anser att "betydelsen av bergbarriären inte bör överdrivas och att de mycket långsiktiga förloppen i berggrunden har föga praktisk betydelse om övriga barriärer fungerar tillfredsställande." Enligt min mening har den internationella och in-

hemska granskningen av KBS-I material klart visat att kunskapsläget om alla barriärerna i dag är mycket begränsat. De som anser villkorslagets krav, på att säkerheten skall vara "visad", är uppfyllt, menar i stort att det är tillräckligt att man tror att man i framtiden kommer att kunna lösa alla återstående frågor. Denna nivå på bevisföringen menar jag inte svarar mot riksdagens ambitioner med gällande lagstiftning. Regeringsbeslutet i oktober 1978 och remissen i februari 1979 ställer klara krav på bergbarriären. Jag menar mot denna bakgrund att betydelsen av bergbarriären inte kan reduceras som styrelsemajoriteten gjort.

Det är därför, enligt min mening, bättre att konstatera att villkorslagets krav, oavsett vad man tycker om dem, ännu ej uppfyllts men att förhoppningar finns att avfallshanteringen kommer att kunna lösas tillfredsställande.

Som jag ser det var avsikten med villkorslagen att förvissa sig om det radioaktiva avfallet verkligen skulle kunna hanteras tillfredsställande innan detta avfall uppkommit. Riksdagen ville ha någon form av bevis för detta. Lagen omfattar nu reaktorerna 7 och uppåt. De 6 första är ej berörda av kravet rörande slutlig förvaring av avfallet. Dessa 6 reaktorer kommer att under sin livslängd (ca 30 år) alstra en viss mängd avfall. Riskerna med avfallet är knutna till mängden avfall. Samma mängd avfall kan dock alstras av flera reaktorer, men då under en kortare tid.

Tex skulle lika mycket avfall som de 6 alstrar under sin livslängd alstras av 10 reaktorer om de 10 var i drift till omkring 1992, 12 reaktorer skulle alstra samma mängd något fortare.

Syftet med villkorslagen skulle nu kunna knytas till mängden avfall istället för till antalet reaktorer. Detta ger möjlighet att vinna den tid som behövs för att genomföra noggranna undersökningar och därmed visa det som så många anser möjligt att visa. Tiden för detta skulle kunna sättas till ca 5 år. Detta skulle då också ge tid att klara ut den rad frågor som återstår och som berör glaset, kapslingen osv och som många granskare ansett kan lösas. Om en granskning då visar att alla krav är uppfyllda är saken klar. Skulle en granskning visa att olösta frågor då återstår, kan man börja tvivla på om de går att lösa. I så fall får man överväga om en under tiden uppgjord avvecklingsplan skall sättas i verket för att avveckla alla reaktorer till den tidpunkt då de tillsammans alstrat den redan nu accepterade mängden avfall.

Ett svar från SKI enligt den här skisserade linjen skulle svarat mot det nuvarande kunskapslaget i sakfrågorna.

Thomas B Johansson

1979-03-30

RESERVATION TILL BESLUT ANGAENDE

"Regeringens uppdrag till Statens Kärnkraftsinspektion att bereda vissa ärenden enligt lagen 1977:140 om särskilt tillstånd att tillföra kärnreaktor kärnbränsle m m".

INLEDNING

P g a skäl som jag i det följande kommer att utveckla har jag inte kunnat biträda majoriteten uppfattning att det föreligger möjlighet till bifall till laddning av aggregaten Ringhals III och Forsmark 1 enligt villkorslagen. Eftersom jag inte heller på alla delar kan instämma i styrelsens beskrivning av det föreliggande materialet, både det som inkommit ifrån KBS och den utvärdering som senare gjorts av den av styrelsen tillsatta konsultgruppen för geologifrågor, har jag sett det nödvändigt att också reservera mig ifråga om den beskrivande texten.

GRANSKNINGSRAPPORTERING FRÅN INSPEKTIONENS KONSULTER (3)

Under punkten med ovan nämnda rubrik redovisas tillsättningen av en rådgivande konsultgrupp i geologifrågor. Det påpekas mycket riktigt att konsultgruppen påbörjade ett förberedande arbete redan under hösten. Det framgår också av texten att inspektionen har i en särskild promemoria preciserat inriktningen av konsulternas arbete. Det är emellertid viktigt att notera att denna promemoria översänts så sent som 1979-02-15 till den rådgivande konsultgruppen. Det är också viktigt att "inspektionen" i detta avseende inte innebär inspektionens styrelse då styrelsen ej haft möjlighet att påverka promemorian före dess översändande till geologkonsulterna. Detta har betydelse för de

kommentarer och den kritik som konsultgruppen utsetts för är i majoritetsutlåtandets fortsatta text.

INSPEKTIONENS ÖVERVÄGANDEN (5)

Av regeringsbeslutet den 5 oktober 1978 framgår att det fordras "ytterligare provborrningar och därav föranledda mätningar för att visa att det finns en tillräckligt stor bergformation på aktuellt djup och med de egenskaper som KBS säkerhetsanalys i övrigt förutsätter." Detta beslut vantar statsrådet Tham i sitt brev med uppdrag till kärnkraftsinspektionen av 79-02-22 genom att hävda att på alla andra punkter är villkorslagens krav uppfyllda. Detta har 3-partiregeringen aldrig uttalat. Nämda brev från regeringen begränsar alltså uppdragets omfattning och ger exempel på krav som redan skall anses uppfyllda. Detta innebär att inspektionens uppdrag inte omfattar de egenskaper och förutsättningar som inspektionen redan behandlat.

Enligt min uppfattning bör dock inspektionen som säkerhetsmyndighet ha skyldighet att ge regeringen tillkänna alla nya fakta som kan ha betydelse för säkerheten. Att regeringen förlitar sig på föråldrade och icke tillförlitliga bedömningar är föga ursäkt för inspektionens tystlåtenhet i de fall nya fakta framkommit som ifrågasätter den säkerhet som tidigare bedömts föreligga.

BERGETS GEOLOGISKA EGENSKAPER (5)

2. KONSULTERNATS ARBETE (5.2.1)

Under denna punkt påpekas i majoritetsutlåtandet att konsulterna i sitt huvudyttrande även behandlat frågor som rör regeringens uppdrag till inspektionen och tolkningen av den s k villkorslagen.

Härigenom har konsulterna vidgat sina av inspektionen givna arbetsuppgifter till att omfatta frågor som ligger utanför deras uppdrag och geologiska kompetensområdet hävdas i majoritetens utlåtande.

I likhet med vad jag tidigare påpekat erhöll konsulterna sin instruktion i en PM från inspektionen först sedan de hade utfört en stor del av arbetet. Man kan anta att konsulterna under tiden före erhållandet av nämnda PM utgått ifrån den bedömning som slogs fast av inspektionens styrelse i sammanträde 1978-10-19. I § 2 i nämnda protokoll säges: Styrelsen tillstyrkte den allmänna uppläggningsen av arbetet som föreslogs av föredragande och beslöts

- att en sammanställning för inspektionens interna bruk skall göras av de punkter i KBS-rapporten som är relevanta för inspektionens granskning och till vilka hänvisning görs i regeringsbesluten av 78-10-05.

- att tillförlitligheten hos de undersökningsmetoder som är aktuella skall bedömas samt att information skall tas fram och vilket beslutsunderlag som normalt använts då beslut fattas om genomförande av projekt av typen byggande av stora bergrum och brytning av malm.

- att inspektionen nu skall uppdra åt experter inom geologiområdet att som konsulter biträda inspektionen i förberedelserna för och genomförandet av granskningen; att inspektionen skall välja lämpliga konsulter med utgångspunkt från att de namn som nämndes vid styrelsemötet; att andra experter än de anlitade konsulterna skall kontaktas under granskningens lopp.

Påpekande som sammanfaller med innehållet i detta beslut, har i samband med PM-en till geologerna gjorts av Thomas B Johansson och mig.

Det synes sålunda rimligt att konsulterna uppfattat sitt uppdrag betydligt mer omfattande än vad det senare beskrevs i inspektionens PM 1979-02-15 och så småningom begränsades till i regeringens brev 1979-02-22,

SPRICK- OCH KROSSZONER (5. 2.2.)

Av regeringsbeslutet 1978-10-05 framgår att det är sökanden, d v s KBS som skall visa att ett berg med beskriven kvalitet existerar. Styrelsens majoritet för med hänsyn till detta ett egendomligt resonemang. Man vänder på bevisbördan och säger att det inte är sannolikt att vissa av de sprickzonersom SKI:s geologer konstaterat förekommer.

Istället borde slutsatsen vara att med hänsyn till vad som framförts från KBS och från SKI:s geologgrupp kan inspektionen inte anse det bevisatatt ett så helt och sprickfritt berg förekommer som förutsatts i KBS framställning.

GRUNDVATTENSTRÖMNING OCH BERGETS TÄTHET (5.2.3.)

Inspektionen säger sig i detta sammanhang vara tvingad att hänvisa till regeringens uppdrag som måste anses innebära att inspektionen inte kan fordra att kraftföretagen för den kompletterande utredningen behöver använda andra mätmetoder än de som redan redovisats i den tidigare ansökan.

Geologgruppen säger emellertid i sin rapport:"Det av KBS framlagda undersökningsmaterialet gör det ej möjligt att med säkerhet fastställa att man på Sternö funnit berg som uppfyller ovanstående krav. Osäkerheten kan till stor del förklaras genom avsaknaden av vetenskapliga belägg för att använda mätmetoder ger en representativ bild

av en större bergmassas permabilitetsförhållanden.

På grund av nu framkomna fakta borde inspektionen ha ansett att KBS beräkningar av grundvattenströmningar i berget inte kan anses styrkt.

GRUNDTVATTNETS SAMMANSÄTTNING (5.2.4)

Endast ett mindre antal mätningar av grundvattensammansättningen har gjorts från de nya borrhålen. Det borde emellertid i styrelsens utlåtande ha påpekats att inga mätningar har gjorts av grundvattensammansättningen på aktuellt förvaringsdjup.

Härav kan man dra slutsatsen att KBS inte uppfyllt kravet enligt regeringsbeslutet "ytterligare provborrningar och därav föranledda mätningar".

VIKTEN AV HOMOGENT BERG (5.2.5.)

~~XXXXXXXXXXXXXXXXXXXX~~

Inspektionen har tidigare framhållit att KBS anser, att berggrunden på den plats som skall utväljas för ett förvar för högaktivt avfall måste utgöras av en lämplig bergart, som har tillräcklig utsträckning såväl i plan som på djupet. Undersökningarna i Sternö har nu visat förekomsten av 3 bergarter, kustgnejs, gnejsgranit och Karlshamns -granit som gradvis går över i varandra. Vad som är av betydelse är om kontaktzonerna innebär stora risker för sprickbildningar. Det återstår dock att bevisa att sprickbildning mellan de olika bergarterna ej förekommer i det aktuella området. Med hänsyn till vad som framkommit under undersökningen borde inspektionerna anse är att undersökningen ej visat att berggrunden på Sternö uppfyller kraven på ett lämpligt förvar.

FÖRSVARETS STORLEK (5.2.6)

Inspektionens majoritet anser att det inte finns belägg för den vöerskjutningszon geologgruppens majoritet påvisat, och påpekar att även om man minskar förvarets tillgängliga yta med vad som berörs av denna zon, skulle återstoden räcka för 2500 avfallskapslar.

Geologgruppens majoritet påpekar dock att det fåtal hål som borrats lämnar stora områden icke undersökta, och att "icke en om de alla visat ett sprickfritt, litologiskt, enhetligt berg, hade räckt till för att entydigt visa att bergmassan uppfyller ställda krav."

Slutsatsen på denna punkt borde därför ha blivit att undersökningarna icke visat att kraven uppfyllts.

DE KOMPLETTERANDE UNDERSÖKNINGARNA SOM ETT LED I KRAFTFÖRETAGENS
FÖRSLAG TILL FÖRVARING AV HÖGAKTIVT AVFALL (6)

KBS använder sig av flera barriärer där styrkan hos en enstaka barriär kan vara större eller mindre men den sammanlagda styrkan skall utgöra en garanti för en helt betryggande förvaring.

I detta sammanhang säges från styrelsens majoritet att detta innebär att de krav på bergkvalitet, vattenflöde, vandringshastighet och grundvattens sammansättning som i vissa fall med siffervärden ingår i KBS säkerhetsanalys var för sig kan tillåta sig variera inom ganska vida gränser utan att en kombinerad effekt och därmed säkerhet påverkas. Från vetenskapligt håll har emellertid påpekats, att om vattenflödet ökar påverkar detta de andra barriärerna nämligen bly, titankapseln och det förglasade avfallet. Vid ett större vattenflöde ökar nämligen snabbt korrosionen hos bly-titankapseln. Den barriären blir då mindre effektiv än vad som framgår av beräkningarna.

Detsamma gäller för det förglasade avfallet som inte tål utsättas för ett högre vattenflöde utan att detta inverkar på urlakningshastigheten. Inspektionens majoritet gör sig därför skyldig till ett felaktigt påpekande när man säger att de olika delarna av de samlade barriärerna kan tillåtas variera inom ganska vida gränser utan att säkerheten påverkas.

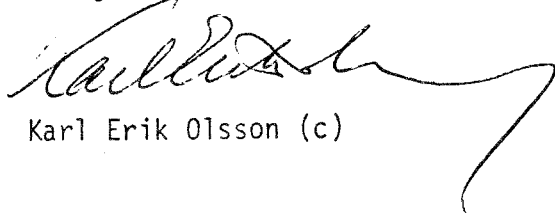
SLUTSATS

De slutsatser som inspektionen borde dra av kompletterade geologiska granskningen är att det inte kan anses visat att det finns en tillräckligt stor bergformation på aktuellt djup och med de egenskaper

som KBS säkerhetsanalys i övrigt förutsätter. Detta är den uppfattning som 7 av de 8 av inspektionen tillsatta geologkonsulterna hävdar.

Självfallet är det inspektionens uppgift att själv göra en bedömning och med ett eget yttrande avge yttrande till regeringen. I inspektionens bedömning måste naturligtvis också hänsyn tas till sökandens argumentering och till synpunkter som kan inhämtas ifrån olika håll. I den diskussion som föregick tillsättningen av den rådgivande gruppen för geologifrågor anfördes i styrelsen att inspektionen saknade egen geologisk kompetens. Det anfördes vidare vikten av att tillsätta konsulter som var obundna i förhållande till kärnkraftsindustrin. Av dessa skäl synes det ^{med} önskad klarhet framgå att särskild vikt måste fästas vid dessa konsulter ~~s~~ ställningstagande. Att i sina slutsatser gå emot denna konsultgrupp som med stor enighet 7 ledamöter av 8, avstyrkt användandet av berggrunden på Sternö som slutförvar synes synnerligen anmärkningsvärt.

Statens kärnkraftsinspektions styrelses slutsats i svaret till regeringen borde därför vara, att KBS-projektets ^{förslag} ~~föreslag~~ till hantering av använt kärnbränsle och slutförvaring av högaktivt avfall inte uppfyller de kraven villkorslagen ställer. Det kan inte anses visat att det finns möjligheter för förvaring i svenskt berg av kärnkraftsavfall enligt detta förslag.



Karl Erik Olsson (c)

BILAGEFÖRTECKNING

1. KBS Svar på SKI:s tre frågor 1979.01.16
2. KBS Kompletterande geologiska undersökningar 1979.03.02
3. TR-79-06 Kompletterande permeabilitetsmätningar i Karlshamnsområdet 1979.03.02
4. TR 79-07 Kemi hos berggrundvatten i Blekinge 1979.03.02
5. TR 79-08 Beräkningar av grundvattenrörelsen inom Sternöområdet i Blekinge 1979.03.02
6. KBS Kommentarer till utlåtande av SKI:s konsultgrupp för geologifrågor 1979.03.20
7. TR 79-10 Modellberäkningar av grundvattenförhållandena på Sternö 1979.03.20
8. TR-79-11 Tolkning av permeabilitet i en befintlig berganläggning 1979.03.20
9. Skrivelse från SGU rörande SKI:s konsultgrupps granskningsutlåtande 1979.03.19
10. SGU Kompletterande berggrundsundersökningar inom Finnsjö- och Karlshamnsområdena 1979.02.05
11. TR 79-09 Utvärdering av de hydrogeologiska och berggrundsgeologiska förhållandena på Sternö 1979.02.05
12. Synpunkter från C-O Morfeldt på SKI:s konsultgrupps granskningsutlåtande 1979.03.21
13. Granskningsutlåtande avseende KBS-utredningen "Kompletterande geologiska undersökningar" 1979.03.12

14. Kommentarer från SKI:s konsult-
grupp över KBS kommentarer till
utlåtande av SKI:s konsultgrupp 1979.03.23
15. Synpunkter på Sternö-området
från P O Nielsen 1979.03.26
16. Motivering från S Hjelmqvist
för sitt särskilda yttrande 1979.03.21
17. Telex från P O Nielsen 1979.03.26
18. Synpunkter från A Eriksson
på S Hjelmqvists motivering 1979.03.26
19. Kommentarer från N A Mörner 1979.03.22
20. Kommentarer från G Wranglén 1979.03.22
21. Kommentarer från Fortifikations-
förvaltningen 1979.03.21
22. Kommentarer från T Hahn 1979.03.22
23. Kommentarer från L Ekbom 1979.03.26

Reservation från Thomas B Johansson

Reservation från Karl-Erik Olsson