



SKB rapport

R-97-09

Maj 1997

Förslag till principiella utformningar av förvar enligt KBS-3 för Aberg, Beberg och Ceberg

Raymon Munier, Håkan Sandstedt, Lotta Niland

Scandiaconsult Bygg och Mark AB

Svensk Kärnbränslehantering AB

Swedish Nuclear Fuel and Waste Management Co

SKB, Box 5864, S-102 40 Stockholm, Sweden

Tel 08-665 28 00 Fax 08-661 57 19

Tel +46 8 665 28 00 Fax +46 8 661 57 19

**FÖRSLAG TILL PRINCIPIELLA
UTFORMNINGAR AV FÖRVAR ENLIGT KBS-3
FÖR ABERG, BEBERG OCH CEBERG**

Raymond Munier, Håkan Sandstedt, Lotta Niland

Scandiaconsult Bygg och Mark AB

Maj 1997

Denna rapport har gjorts på uppdrag av SKB. Slutsatser och framförda åsikter i rapporten är författarens(nas) egna och behöver nödvändigtvis inte sammanfalla med SKB:s.

**FÖRSLAG TILL PRINCIPIELLA
UTFORMNINGAR AV FÖRVAR ENLIGT KBS-3
FÖR ABERG, BEBERG OCH CEBERG**

Raymond Munier

Håkan Sandstedt

Lotta Niland

Maj -97

INNEHÅLLSFÖRTECKNING

| | SIDA |
|--|-----------|
| SAMMANFATTNING | iii |
| 1 INLEDNING | 1 |
| 2 MÅL | 3 |
| 3 FÖRUTSÄTTNINGAR..... | 5 |
| 3.1 GEOLOGI..... | 5 |
| 3.2 TILLÄMPNING AV RESPEKTAVSTÅND | 6 |
| 3.3 KOORDINATER..... | 8 |
| 3.4 PROJEKTERING | 9 |
| 3.4.1 SFL 3-5..... | 10 |
| 3.4.2 Centralområdet..... | 10 |
| 3.4.3 Deponeringsområde..... | 10 |
| 4 REDOVISNING..... | 13 |
| 5 METOD | 15 |
| 6 RESULTAT..... | 21 |
| 6.1 ABERG | 21 |
| 6.1.1 Aberg Allmänt | 21 |
| 6.1.2 Zon EW-1 | 24 |
| 6.1.3 Aberg - definition av block..... | 26 |
| 6.1.4 Aberg-layouter | 31 |
| 6.1.5 Layout baserad på vattenförande strukturer | 41 |
| 6.2 BEBERG | 43 |
| 6.2.1 Beberg Allmänt | 43 |
| 6.2.2 Beberg-definition av block..... | 46 |
| 6.2.3 Beberg-layouter | 50 |
| 6.3 CEBERG | 59 |
| 6.3.1 Ceberg allmänt..... | 59 |
| 6.3.2 Ceberg - definition av block..... | 59 |
| 6.3.3 Ceberg-layouter | 65 |
| 7 DISKUSSION..... | 69 |
| 8 REFERENSER | 73 |
| APPENDIX 1..... | 75 |

SAMMANFATTNING

I föreliggande utredning presenteras utifrån befintliga resultat från tidigare utförda geologiska undersökningar på tre olika platser i Sverige, kallade Aberg, Beberg och Ceberg, definierade bergvolymerna inom vilka hypotetiska förvar för använt bränsle och övrigt långlivat avfall kan rymmas. Baserat på de geologiska undersökningarna har sprickzoner inom respektive område indelats i funktionsklasser D 1-D 2 och respektavstånd till dessa angivits. Bergvolymerna utanför dessa respektråden har sedan viktats efter hur de ligger inom området och hur väl de undersökts för att därefter utgöra underlag för positioneringen av förvarens olika komponenter.

Vid utformningen av förvarslayouterna har i erforderliga fall hänsyn tagits till blockens form och riktning, det lokala spänningsfältet och orienteringen av vattenförande sprickor. Föreslagna layouter för de tre olika områdena skall ligga till grund för fjärrområdesanalyser till säkerhetsanalysen SR-97.

Flera olika layouter har tagits fram som underlag för ovan nämnda analyser. Layouter har utarbetats där deponeringstunnlarna är positionerade vinkelrätt och parallellt största horisontalspänningen. Layouter utöver nedan listade huvudalternativ redovisas enbart med deponeringstunnlar. Huvudalternativen, ett för respektive område, omfattar deponeringsområde 1 och 2, tillfartstunnlar, centralområde, förvar för långlivat låg- och medelaktivt avfall samt nedfartsramp.

I Aberg är föreslagen layout uppdelad i två nivåer, - 500 m och - 600 m, på grund av begränsade bergvolymerna på en nivå. Detta medför att två centralområden är nödvändiga, ett på respektive nivå. Anslutning sker med ramp och förvaret för långlivat låg- och medelaktivt avfall ansluter rampen vid - 300 m. Deponeringstunnlarna är placerade vinkelrätt mot största horisontalspänningen.

I Beberg är föreslagen layout placerad på nivån - 600 m för att med god marginal undvika en horisontell struktur, Zon 2. Anslutning sker med ramp och förvaret för långlivat låg- och medelaktivt avfall ansluter rampen vid - 360 m. Deponeringstunnlarna är placerade vinkelrätt mot största horisontalspänningen.

I Ceberg är föreslagen layout placerad på - 500 m. Anslutning sker med ramp och förvaret för långlivat låg- och medelaktivt avfall ansluter rampen vid - 375 m. Deponeringstunnlarna är placerade vinkelrätt mot största horisontalspänningen.

1 INLEDNING

Föreliggande utredning syftar till att föreslå olika förvarslayouter, anpassade för tre olika platser Aberg, Beberg och Ceberg, att utgöra underlag till fjärrområdes-analyser för SR 97. Syftet med SR 97 är att visa säkerhetsfunktionen för de geologiska förhållanden som kan förekomma inom möjliga förläggingsplatser, i svensk, kristallin berggrund, och för den förvarsutformning som anpassats till dessa platser. SR 97 utgör en av flera redovisningar av den långsiktiga säkerheten för inkapslat bränsle och annat långlivat avfall deponerat i djupförvaret. Inom ramen för SR 97 utarbetas även konstruktionsförutsättningarna för KBS-3 liknande förvar.

Utifrån befintliga resultat från tidigare utförda geologiska undersökningar på tre olika platser i Sverige har för föreliggande studie bergvolymerna definierats inom vilka hypotetiska förvar för använt bränsle och övrigt långlivat avfall kan rymmas. Baserat på de geologiska undersökningarna har sprickzoner inom respektive område indelats i olika funktionsklasser till vilka respektavstånd är kopplade. Bergvolymerna utanför dessa respektområden har sedan bedömts efter hur de ligger inom området och hur väl de undersökts för att därefter utgöra underlag för lokaliseringen av förvarens olika komponenter.

Vid utformningen av förvarslayouterna har hänsyn tagits till blockens form och riktning, det lokala spänningsfältet och orienteringen av vattenförande sprickor.

Flera olika layouter har tagits fram. Layouter utöver huvudalternativen redovisas enbart med deponeringstunnlar med undantag är Aberg där även kapselpositioner redovisas digitalt för en av de utformade layouterna. Huvudalternativen, ett för respektive område, omfattar deponeringsområde för bränsleavfall, förvar för långlivat låg- och medelaktivt avfall, tillfartstunnlar, centralområde samt nedfartsramp.

En principiell metodik för definition av olika respektavstånd föreslås. Respektavståndet definieras som det minsta avstånd från en geologisk struktur inom vilket deponering kan accepteras under givna förutsättningar. Begreppet är generellt och omfattar bland annat seismiskt-, kinematiskt-, geometriskt-, kemiskt- och hydrauliskt respektavstånd vilka motsvarar olika former av geologisk påverkan på förvarets långsiktiga integritet. Den form av respektavstånd som dominerar i ett givet problem reflekteras dels av skalan i vilket problemet studeras och osäkerheterna i de olika geologiska tolkningarna.

Analyserna genomfördes för tre fiktiva platser kallade Aberg, Beberg och Ceberg.

Data för de tre platserna valdes från verkliga platser där SKB genomfört omfattande undersökningar. Dessa platser är:

- **Aberg** ser identiskt ut som Äspö och data från Äspö används så långt behövt/erforderligt
- **Beberg** ser identiskt ut som Finnsjön och data från Finnsjön används så långt behövt/erforderligt
- **Ceberg** ser identiskt ut som Gideå och data från Gideå används så långt behövt/erforderligt

2 MÅL

Föreliggande studie har följande mål:

1. Att utgöra underlag för säkerhetsanalysen SR 97 i form av koordinater beräknade för deponeringstunnlar i Aberg, Beberg och Ceberg.
2. Baserat på befintliga strukturmodeller och för vissa definierade faktorer för de tre platserna utforma principiella förvarsutformningar anpassade efter bergmassans lokala variationer.

3 FÖRUTSÄTTNINGAR

3.1 GEOLOGI

Utgångspunkten för denna utredning är de strukturtolkningar som redovisats för respektive område och vars underlag finns redovisade i den geovetenskapliga databasen SICADA.

Geoinformation i form av Microstation filer (3D) har använts för layoutarbetet. Målet var att denna information skulle användas i omodifierat skick. Smärre avsteg från denna princip redovisas i tabell 3-1 nedan tillsammans med filernas version och ursprung.

Tabell 3-1. Strukturmodeller som använts inom ramen för föreliggande studie. Se respektive kapitel för förklaring av modifieringarna.

| Typlokal | Fil | Leveransdatum | Levererad av | Modifiering ¹ utförd i denna studie |
|----------|---|---------------|-------------------|--|
| Aberg | ad_zon2.dgn (underlag till SKB TR 97 06) | 1996-09-13 | Sydskraft Konsult | <ul style="list-style-type: none"> • Zon EW-1 modifierad enl. kapitel 6.1.1 • Två zoner, Norr resp. Väst om Äspö tillfogades • Modellområdet utökades och zonerna extrapolerades för att omfatta hela modellarean |
| Beberg | finnzone.dgn (underlag till SKB TR 91 08) | 1996-11-26 | Geosigma | <ul style="list-style-type: none"> • Konnektion mellan skärande zoner säkerställdes • Undre gräns av zon 2 (SV delen) ansattes |
| | Finnsjo1.dgn | 1996-09-30 | Geosigma | |
| | finnsjo2.dgn | 1996-09-30 | Geosigma | |
| Ceberg | rt_granites.dgn | 1996-11-27 | Golder Associates | |
| | rt_gideå2.dgn (underlag till SKB R 97-05) | 1996-11-27 | Golder Associates | |
| | rt_borehole.dgn | 1996-11-27 | Golder Associates | |
| | xyzmodels.xls | 1996-11-28 | Golder Associates | |

¹ Modifieringen utförd av Scandiaconsult.

Tolkningar av zoners utbredning och riktning har i vissa fall presenterats med flera alternativ. Detta kan endera vara orsakat av svårigheter med att entydigt fastställa strukturens geometri eller att zonen tolkats till att bestå av flera delar; exempelvis finns två grenar av NE-1 i Aberg tolkade. I denna studie har samtliga grenar använts och ansatts samma vikt. Detta innebär att zontätheten här kan vara högre än den verkliga, exempelvis kan en gren

klassificeras D3 medan en annan gren klassificeras D2. Som en följd därav kan de tillgängliga volymerna för deponering av kapslar bli mindre.

3.2 TILLÄMPNING AV RESPEKTAVSTÅND

Begreppet respektavstånd (Se Appendix 1 för diskussion) avser det avstånd ifrån en geologisk struktur där deponering av kapslar bedöms kunna ske med hänsyn tagen till en viss ännu icke definierad risk. Respektavståndet är bland annat en funktion av strukturens, eller den omgivande bergmassans, kemiska, hydrauliska, geometriska och tektoniska egenskaper. De olika egenskaperna kan ge upphov till olika respektavstånd. Exempelvis avser ett seismiskt respektavstånd det avstånd från ett förväntat epicentrum där deformationen i bergmassan, genom t.ex. reaktivering av sprickor, understiger det värde som beräknats vara acceptabelt från säkerhetssynpunkt.

De parametrar som skall ligga till grund för beräkningar av respektavstånd har ännu ej definierats av SKB. Ej heller är det i nuläget klarlagt vilken typ av beräkningar som erfordras för de olika respektavstånden.

Begreppet respektavstånd skulle behöva analyseras utförligt i funktions- och säkerhetsanalyser. En återkoppling mellan förvarsutformning och säkerhetsanalysen SR 97 blir dock ej fullständig. Därför bedöms en koppling av respektavstånden till de av SKB definierade funktionsklasserna vara lämplig då det ger möjlighet att tidigt i projekteringen avgränsa och bedöma storlek på block, i ett givet område, för lokalisering av förvarets olika delar.

I föreliggande utredning diskuteras en principiell modell, kopplad till funktionsklassificeringen (Almén et al. 1997), för definitioner av olika respektavstånd (Appendix 1). Denna modell baseras bland annat på att mycket god kunskap om sprickzonernas geometrier föreligger och då särskilt om de zoner som avgränsar ett tänkt förvarsområde (randvillkor). Modellen har emellertid endast till delar tillämpats i detta uppdrag på grund av de osäkerheter som råder om vilka parametrar och beräkningsmetoder som erfordras.

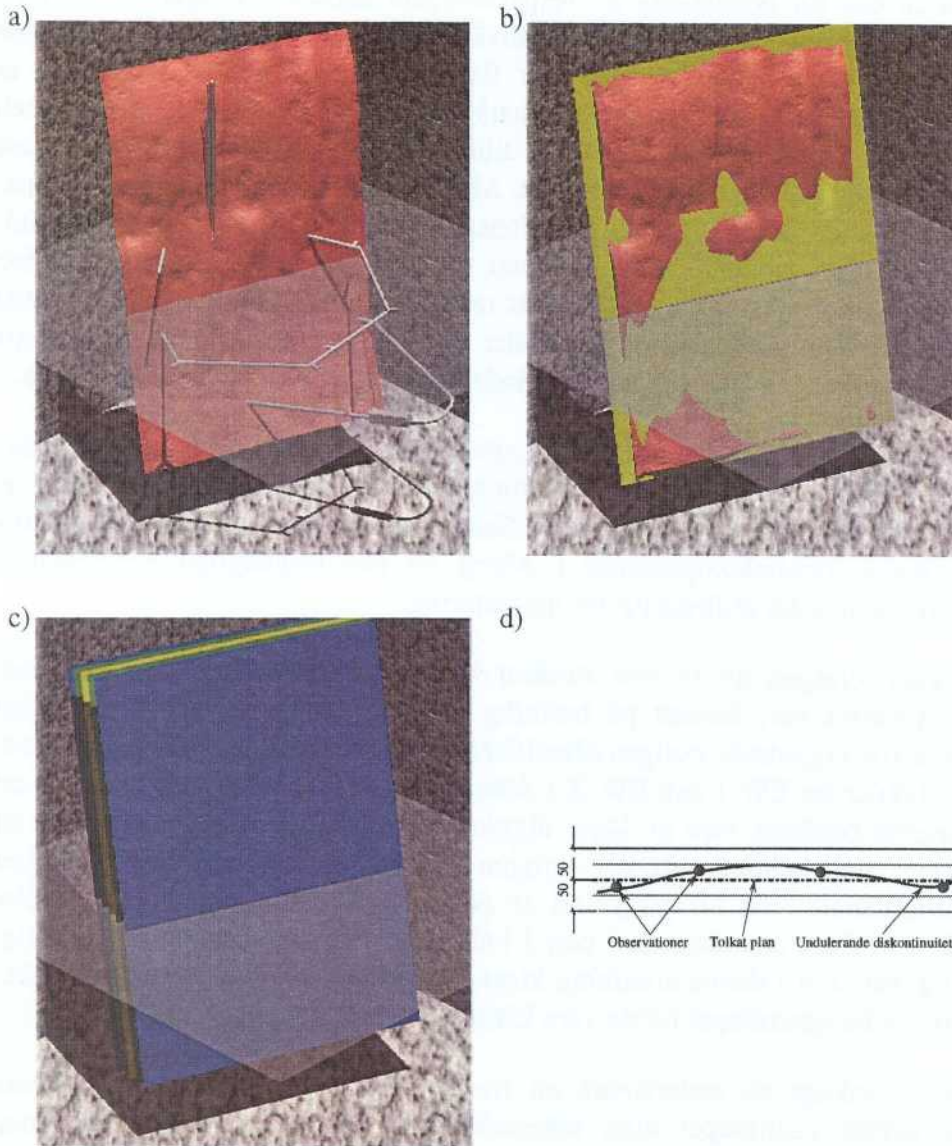
Som underlag för modellering av bergvolymerna har för strukturer av funktionsklasserna D1 och D2 (Almén et al. 1996, Appendix 1), 100 respektive 50 meters respektavstånd ansatts. För strukturer av funktionsklass D3 har ej respektavstånd ansatts. Dessa respektavstånd är ej individuellt bedömda, t.ex. efter observerad variation, dels på grund av att informationstätheten varierar avsevärt mellan undersökningsområdena (se kapitel 7), vilket avsevärt komplicerar jämförelsen, och dels för att relevant information i detta hänseende saknas eller är otillräcklig i sin omfattning.

Då en bas för bedömning av respektavstånd saknas i nuläget har i stället variationen av zon NE-2 i Aberg använts för bedömningarna. NE-2 är den av de studerade zonerna som har flest observerbara intercept; zonen är observerbar vid flera lokaler på markytan och skärs av både tunnlar och schakt. Borrhål genom zonen har tillfört ytterligare information om dess utbredning och variation i rummet. Med NE-2 som referenzon har zoner med likartad dignitet givits funktionsklass D2 (50 meters respektavstånd) medan större zoner, vanligen endast ett fåtal på varje studieområde, har givits funktionsklass D1 (100 meters respektavstånd). Det vill säga, för detta uppdrag har endast det geometriska respektavståndet, främst baserat på strukturernas storlek, använts vid modelleringen av förvarsutformningarna.

Trots de ovan beskrivna förenklingarna är tilldelningen av funktionsklasser problematisk. Strukturer av funktionsklass D1 tillåts per definition ej förekomma inom förvarsvolymen. Sådana strukturer har trots detta tillåtits avgränsa förvarskomponenter i Aberg då den tillgängliga bergvolymen annars skulle bli otillräcklig för modellering.

Klassificeringen av en viss struktur kan ändras med ökad kunskapsnivå. Exempelvis har, baserat på befintlig information, zoner som i ett tidigt undersökningsskede troligen klassificerats som D1 istället klassificerats som D2 (gäller för EW-1 och EW-X i Aberg och zon 2 i Beberg) på grund av att zonerna bedömts vara av lägre dignitet lokalt. Vidare har zoner som i ett tidigt undersökningsskede troligen klassificerats som D2 istället klassificerats som D1 på grund av dessas hydrauliska egenskaper (gäller NE-1 i Aberg och zonerna 1 och 2 i Ceberg). Det är dessutom högst troligt att zoner som i denna utredning klassificerats D3 på grund av hydrauliska- eller andra egenskaper borde vara klassificerade D2 (t.ex. NNW-4, Aberg).

Det är viktigt att understryka att en struktur bör klassificeras efter dess förväntade egenskaper eller beteende under lång tid. Exempelvis finns mycket som talar för att zonen NE-2 (Aberg) i nuläget kan beaktas som D3; där den påträffas är den såväl hydrauliskt som mekaniskt av underordnad betydelse. Dess inneboende strukturer vittnar emellertid om upprepade äldre reaktiveringar. Sådana kan därför förväntas även i framtida förändringar av spänningsfältet, exempelvis vid en kommande glaciation. En klassificering D2, vilken använts inom denna studie, kan därför ur denna aspekt anses vara befogad.



Figur 3-1. Figuren illustrerar schematiskt definitionen av respektavstånd. En sprickzon (a), NE-2 i detta exempel, tolkas (b) på basis av karteringar i tunnlar, borrhål och på ytan, samt olika typer av geofysiska undersökningar. Zonens undulering i tre dimensioner inramar ett minimum för respektavståndet (c och d). Det geometriska respektavståndet från ett tolkat plan är definierat så (d) att dess storlek är lika med den tolkade eller observerade undulationen.

3.3 KOORDINATER

De koordinatsystem som använts i föreliggande utredning (Tabell 3-2) är de som levererats med datafilerna enligt tabell 3-1. Dessa är:

Tabell 3-2. Sammanställning av använda koordinatsystem.

| Typlokal | Koordinatsystem | Kommentar |
|----------|--------------------|--|
| Aberg | Äspö lokala system | Transformation enligt: $X_{RAK38} = 6367978,295 + 0,978799 * (X_{Äspö} - 7484,309)$ $+ 0,204822 * (Y_{Äspö} - 1956,68)$ $Y_{RAK38} = 1551210,173 - 0,204822 * (X_{Äspö} - 7484,309)$ $+ 0,978799 * (Y_{Äspö} - 1956,68)$ |
| Beberg | RAK | 1600000 Ö och 6600000 N skall läggas till varje redovisad koordinat |
| Ceberg | RAK | 1660000 Ö och 7040000 N skall läggas till varje redovisad koordinat |

Samtliga z-nivåer i redovisningen av layouterna avser djup under markytan. Medelvärde av markytans nivå (Tabell 3-3) i respektive område har använts som referensnivå.

Tabell 3-3 Markytans medelnivå i möh

| Typlokal | Nivå i möh |
|----------|------------|
| Aberg | ca + 10 |
| Beberg | ca + 30 |
| Ceberg | ca + 100 |

3.4 PROJEKTERING

De projekteringsförutsättningar som använts inom detta projekt har fastställts i samråd med SKB. Dessa finns väsentligen redovisade i SKB AR 44-93-005 och AR D-96-011. Samtliga förutsättningar som använts gäller KBS-3. Avsteg från- och kompletteringar till dessa förutsättningar redovisas nedan:

- Data från projekt JADE avseende hydrogeologi (Rhén & Forsmark 1996) och bergmekanik (Pusch & Hökmark 1996) har använts i tillämpliga delar.
- Block för deponering definieras med hänsyn till sprickzoners respektavstånd, vilka för föreliggande utredning beskrivs i Appendix 1.
- Prefererat förvarsdjup är - 500 m om ej annat motiveras av de geologiska förutsättningarna.
- Förvar utformas med ett våningsplan om ej annat motiveras av de geologiska förutsättningarna.
- Deponeringstunnlarnas längd varierar inom intervallet 100 m - 350 m. För Aberg har två alternativa layouter utformats där längden ej är begränsad (se kapitel 6.1.5).

- Avståndet mellan deponeringstunnlarna är 40 meter och mellan kapslarna 6 meter (AR 44-93-005).
- Det totala antalet kapslar är 4500, varav 400 kapslar placeras i Deponeringsområde 1. Hänsyn har ej tagits till eventuell positionsbortfall dvs positioneringsindex är 100%.
- Deponeringsområde 1 och Deponeringsområde 2 placeras i var sitt block vilka är avgränsade av zoner av funktionsklass D1 eller D2. För Aberg, optimerad layout, är Deponeringsområde 1 ej definierat.
- Vid layout med två nivåer (Aberg) placeras Deponeringsområde 1 på den lägre nivån.
- Anslutning till förvarsområdena sker med ramp. (Den maximalt tillåtna lutningen är 1:8).
- Centralområdet och SFL 3-5 utformas enligt SKB AR 44-93-005.
- Centralområdet positioneras så att schakt kan drivas upp till markytan.
- SFL 3-5 placeras ca 1 km från närmaste kapselposition i en sådan riktning att grundvattenflödet från SFL 3-5 icke är riktat mot deponeringsområdet. Detta för att undvika störning på deponeringsområdet orsakat av en grundvattenkemisk påverkan från cementen i SFL 3-5. Positionen har fastställts i samråd med SKB eller med av SKB anlitate konsulter.

3.4.1 SFL 3-5

SFL 3-5, förvar för driftavfall, rivningsavfall och hårdkomponenter, består av ett långsträckt bergrum som är placerat i anslutning till transporttunneln ner till centralområdet på deponeringsnivån. Bergrummet är försett med en inbyggnad av betong. Dimensionerna av bergrummet är ca 105 x 15 x 20 meter (L x B x H). Detta motsvarar en area av ca. 1600 m² och en volym av ca 31 500 m³.

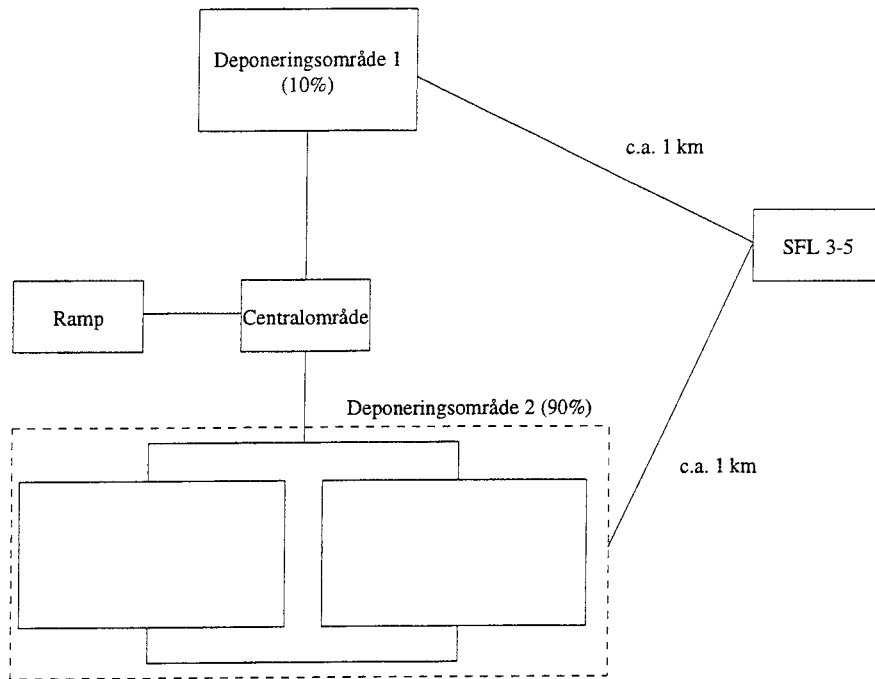
3.4.2 CENTRALOMRÅDET

Centralområdet är beläget på deponeringsnivån på ca 500 meters djup. Centralområdet består av bergrum, schakt och tunnlar och innefattar bland annat utrymmen för hantering av kapslar, hissar, verkstäder, förråd, mm. Schakten till centralområdet utgörs av driftschakt och ventilationsschakt. Bergrum och schakt förbinds med transporttunnlar och tekniktunnlar.

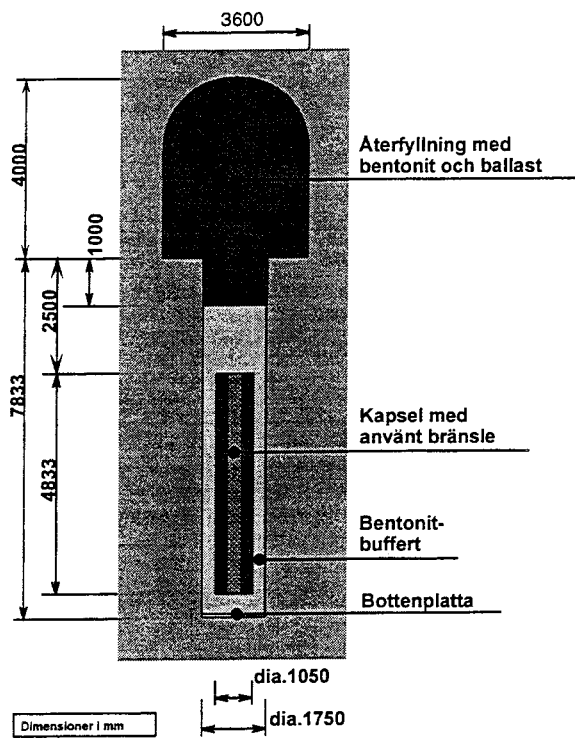
Centralområdet yttermått är ca 330 x 110 meter (L x B), vilket motsvarar en area av ca 36 000 m².

3.4.3 DEPONERINGSOMRÅDE

Deponeringsområdet är uppdelat i två delområden (Figur 3-2). Dessa består båda av transporttunnlar, deponeringstunnlar och borrhål för deponering av kapslar. Deponeringsområde 1 utgör 10% av det totala antalet kapselpositioner, deponeringsområde 2 resterande 90 %. Deponeringstunnlarnas tvärsnittsarea är ca 19 m². Kapselhålets dimension är Ø 1.75 m och djup 7.9 m (Figur 3-3).



Figur 3-2. Principskiss av förvarets olika komponenter (figuren ej skalenlig).



Figur 3-3. Gällande dimensioner för KBS-3.

4 REDOVISNING

Utöver föreliggande rapport redovisas vissa resultat digitalt (tabell 4-1). För de tre områdena redovisas koordinater för blockvolymen på nivåerna - 400 m, - 500 m och - 600 m, blockareor redovisas på de nivåer som är aktuella för tentativa förvar. Samtliga layouter redovisas med koordinater på start och slut av deponeringstunnlar samt sammanställningar över tunnellängder och antal kapslar.

Tabell 4-1. Digitala filer som redovisas i projektet.

| Område | Fil | Innehåll/kommentar |
|--------|---------------------------|--|
| Aberg | \\aberg\la_koord.xls | Tunnelkoordinater, areor, tunnellängder. Baseras på modifierad strukturmodell redovisad i avsnitten 6.1.3-6.1.4 i föreliggande rapport |
| | \\aberg\hydro\h_koord.xls | Tunnelkoordinater, areor, tunnellängder, kapselkoordinater. Baseras på strukturmodellen av vattenförande strukturer redovisad i avsnitt 6.1.5 i föreliggande rapport |
| Beberg | \\beberg\lb_koord.xls | Tunnelkoordinater, areor, tunnellängder. Baseras på strukturmodell redovisad i avsnitt 6.2.2 i föreliggande rapport |
| Ceberg | \\ceberg\lc_koord.xls | Tunnelkoordinater, areor, tunnellängder. Baseras på strukturmodell redovisad i avsnitt 6.3.2 i föreliggande rapport |

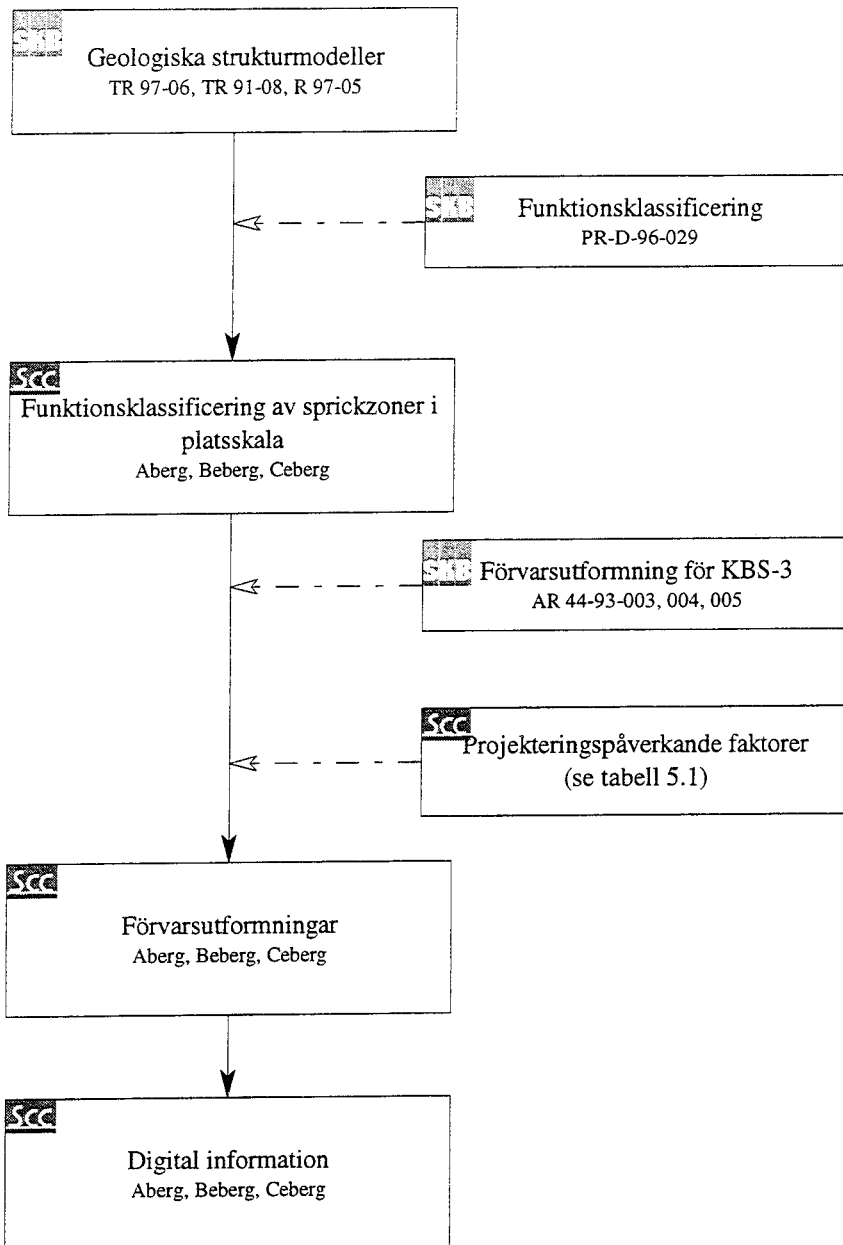
5 METOD

Geologiska modeller tillhandahölls av SKB via Geosigma, Golder Associates, Sydkraft Konsult och Äspölaboratoriet.

Target area, definierad av SKB för Aberg, är för liten för lokalisering av ett tentativt förvar. För detta projekt definierades en s.k. modellarea vars storlek fastställdes på basis av det bedömda utrymmesbehovet i relation till informationstätheten. Zonerna extrapolerades linjärt för att skära hela modellarean.

Zoner är i de tillhandahållna modellerna förenklade till plana ytor (Figur 5-3 a) med undantag av Ceberg där zonerna generellt är ickeplana ytor. Respektavstånd från zonerna (Figur 5-3 b) konstruerades genom att en kopia av zonen lokaliserades 50 m (D2) eller 100 m (D1) vinkelrätt från varje sida av zonen (se Appendix 1). Detta förfarande kunde endast utnyttjas för plana ytor; för ickeplana ytor användes medelpolen till planet genom regression av ytan.

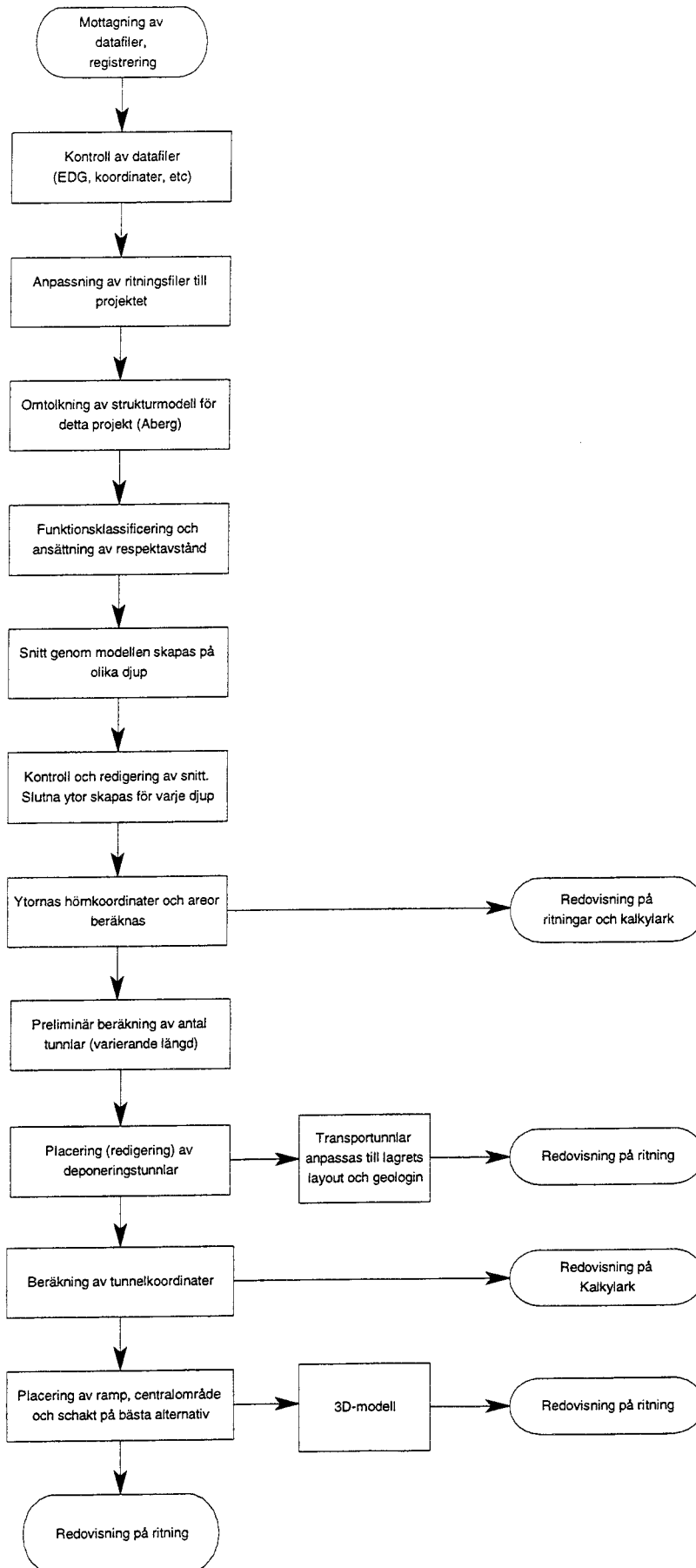
Horisontella snitt (Figur 5-3 c) skars genom den modellerade bergvolymen på djupen -400 m, -500 m, och -600 m. Respektavstånden och zonernas geometri styr formen och storleken på blocken (Figur 5-3 d) av vilka de lämpligaste väljs ut för deponering av kapslar (Figur 5-3 e). Kriterierna för urval baseras på de förutsättningar som angivits ovan. Arbetsflödet illustreras schematiskt i figurerna 5-1 och 5-2 nedan. Tabell 5-1 sammanfattar de faktorer som påverkat utformningen av förvaret och dess komponenter.



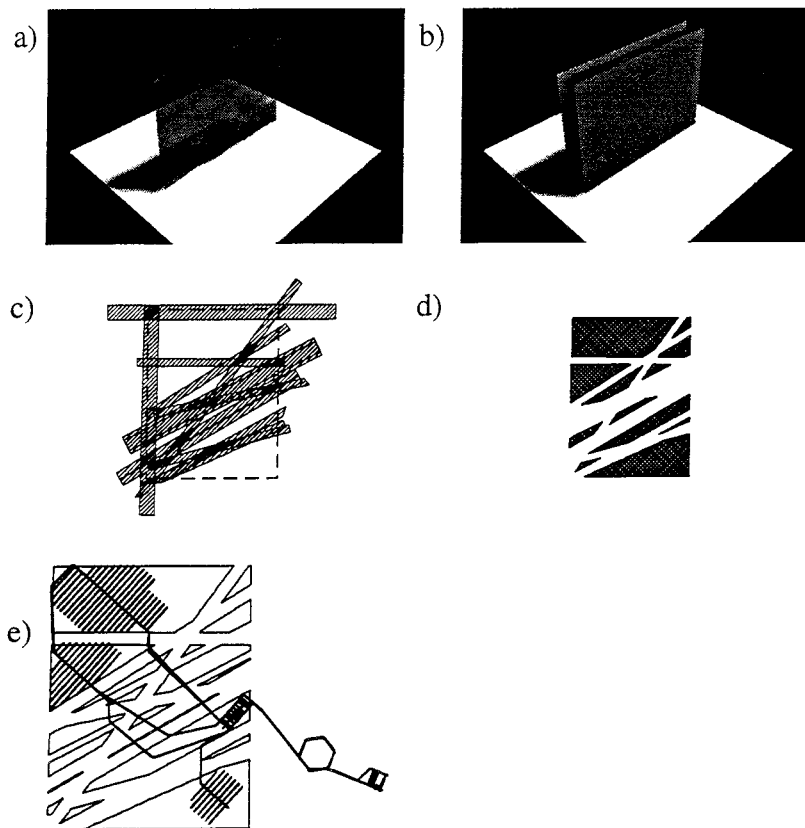
Figur 5-1. Figuren illustrerar schematiskt relationen mellan processen för försvarsutformningarna och dess förutsättningar (se även tabell och figur 5-2 för detaljer).

Tabell 5-1. Faktorer som påverkar utformningen av de principiella försvarsutformningarna.

| Faktor | Betydelse för denna studie |
|--|---|
| 1. Respektavstånd (se Appendix 1 för definitioner) | Strukturer som bedömts tillhöra funktionsklasserna D1 och D2 har givits 100 respektive 50 meters respektavstånd på varje sida om zonen (Appendix 1). För strukturer av funktionsklass D3 har respektavstånd ej ansatts. För detta arbete har endast det geometriska respektavståndet använts. |
| 2. Det lokala spänningsfältet. | Ett spänningsfält med avseende på riktning har ansatts för varje plats; magnituderna har ej beaktats. Tunnlar har orienterats parallellt med respektive vinkelrätt mot den maximala horisontalspänningen (σ_1). |
| 3. Vattenförande strukturer lokal skala | För Aberg finns belägg (TR 97-06) för att vattenförande sprickor stryker parallellt med σ_1 . För Beberg och Ceberg har detta endast antagits. Tunnlar har i samtliga platser orienterats vinkelrätt (eller i trubbig vinkel) mot den maximala horisontalspänningen. |
| 4. Blockens form | Zonerna i strukturmodellen styr blockens form och riktning. Block som rymt långa tunnlar (200-500) har premierats framför block i vilka endast kortare tunnlar rymts. |
| 5. Hydrauliska barriärer | Större vattenförande diskontinuiteter som uppträtt inom försvarsvolymer har i görligaste mån använts för att avgränsa SFL 3-5 från övriga försvarskomponenter. Grundantagandet har varit att sådana strukturer kan fungera som hydrauliska barriärer. |
| 6. Strömningsmönster | SFL 3-5 har placerats så att grundvattenflödet från SFL 3-5 ej kunnat nå någon deponeringstunnel. |
| 7. Avstånd till SFL 3-5 | SFL 3-5 har placerats minst 1 km från den närmaste kapselpositionen (se även punkterna 5 och 6). |



Figur 5-2. Figuren visar schematiskt metodiken för layoutarbetet.



Figur 5-3. Figuren illustrerar schematiskt de olika delmomenten i layoutarbetet. a) medelpolen till zonytan beräknas, b) zonytan parallellförflyttas ett respektavstånd på ömse sidor om zonen, c) horisontella snitt skärs på olika djup, d) block definieras och areor, koordinater mm beräknas, e) layouten anpassas till geologin.

Vid placering av deponeringstunnlar har bergmekaniska och hydrogeologiska förutsättningar resulterat i ett antal alternativa layouter. Förvarets olika komponenter placerades så att den naturliga grundvattenströmningen från SFL 3-5 med eventuellt uppkommen grundvattenkemisk påverkan inte tillåts påverka deponeringsområdet. För Aberg, Beberg respektive Ceberg har hänsyn tagits till riktningen av horisontalspänningen σ_1 , varvid ett förslag parallellt med σ_1 och ett förslag vinkelrät mot σ_1 utformats.

Ur stabilitetssynpunkt bör deponeringstunnlarna ligga parallellt med σ_1 eller med så spetsig vinkel som möjligt mot denna. Sett från ett hydrauliskt perspektiv bör deponeringstunnlarna skära vattenförande sprickor med rätt vinkel, vilket för exempelvis Aberg innebär deponeringstunnlar vinkelrätt mot σ_1 (se t ex Munier 1997).

För Aberg har två strukturmodeller använts. En modell representeras av en inom detta uppdrag modifierad strukturmodell (se kapitel 6.1.2 för detaljer). Baserat på denna modell har förvar utformats med samtliga förvarskomponenter. Ytterligare en strukturmodell har använts vilken är identisk med den modell av vattenförande strukturer som presenteras i Rhén et al (1997). Baserat på denna modell har förvar utformats med endast deponeringstunnlar vilka är orienterade med hänsyn till varje blocks

geometri; hänsyn har ej tagits till maximal tunnellängd om 350 meter eller riktning i förhållande till σ_1 .

Den layout för deponeringstunnlar som ansetts som mest gynnsam för respektive typlokal har försetts med tillfartstunnlar, centralområde, nedfartsramp, schakt etc. En strävan har varit att layouten på deponeringstunnlar och tillfartstunnlar utformas så att utbyggnad av förvaret och deponering av kapslar kan ske parallellt i olika delar av anläggningen. Tillfartstunnlarna är utformade så att byggtrafik och deponering av kapslar ej delar utrymmen.

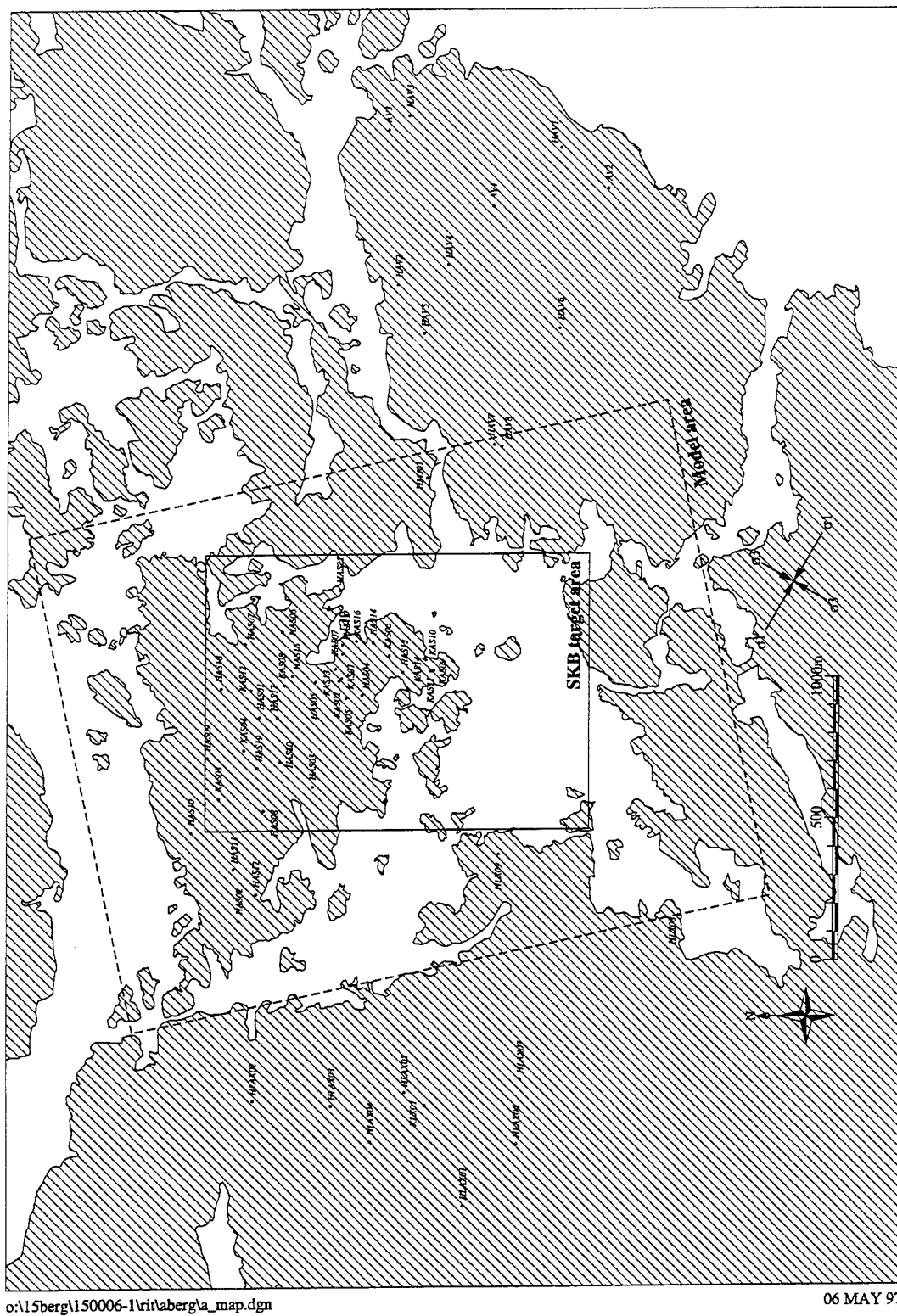
6 RESULTAT

6.1 ABERG

6.1.1 ABERG ALLMÄNT

Aberg är den typlokal där informationstätheten är störst. En effekt av varierande informationstäthet är att bergmassan kan upplevas ha bättre kvalitet där informationstätheten är lägre. För Aberg gäller detta främst blocket norr om zonerna inom EW1 (Figur 6-1). Det finns emellertid mycket stora skillnader mellan de olika typlokalerna; informationstätheten i de perifera delarna av Aberg är av samma storleksordning som i de delar av Beberg och Ceberg som varit föremål för de intensivaste undersökningsinsatserna. Volymen berg tillgänglig för deponering söder om EW-1, och inom den volym där SKBs undersökningsinsatser varit mest intensiv, det s.k. "target area" (Figur 6-4), bedöms otillräcklig för en realistisk layout. Som en följd därav har även delar av blocket norr om EW-1 använts inom ett för detta uppdrag definierat område, "modellarea". Områdets storlek är en av författarna utförd avvägning mellan precisionen i ränderna av den strukturella modellen och utrymmesbehovet.

Detta block karakteriseras av ett topografiskt höjdområde. Zoner av typ D2 och D1 inom blocket har ej hittills redovisats. Begreppen Norra respektive Södra blocket, vilka används nedan, härrör från synsättet att EW-1 (Figur 6-1) är en första ordningens zon (Typ D1) vilken tidigt lokaliserades under förundersökningarna. Övriga zoner (Figur 6-1) utgör med samma betraktelsesätt andra eller tredje ordningens zoner vilket motsvarar strukturer av funktionsklass D2-D3 (se Tabell 6-1 för klassificering).



Figur 6-4. Karta över Aberg och angränsande områden. Endast de borrhål som borrats från ytan är redovisade.

Sprickmatrisen i det norra blocket är bland annat beskriven av Ericsson (1988) och Tirén & Beckholmen (1988). I dessa rapporter jämförs sprick- och lineamentdensiteterna för det norra blocket med det södra blocket. Jämförelserna visar delvis motsatta resultat; detta främst för att studierna

bedrivits i olika skalor. Detaljerade lineamentstudier (Tiren & Beckholmen 1988) visar att lineamentdensiteten är högst för det norra blocket (0.018 m/m^2) och lägst i det södra (0.015 m/m^2). Två riktningar dominerar NNV och NV av vilka den senare är mindre utpräglad i det södra än i det norra blocket.

En studie baserad på detaljerad kartering av sprickor (Ericsson 1988) visar att sprickor med NV strykning dominerar i det södra blocket medan matrisen är mer isotrop i det norra (NNV, NV, OV). Dessutom visar Ericssons (1988) studie att sprickdensiteten är högre i det södra blocket än i det norra; densiteten är $1,47 \text{ sprickor/m}^2$ i det norra resp $2,5 \text{ sprickor/m}^2$ i det södra blocket. Ericsson (1988) visar att sprickorna i det norra blocket är längre än i det södra; de geometriska medellängderna är 1.0 m respektive 0.8 m. Omräknat till aritmetisk medellängd motsvarar detta 2.93 m och 2.46 m för det norra respektive södra blocket. Med samma definition på densitet som använts i Tirén & Beckholmen (1988) är denna 4.4 m/m^2 i det norra blocket och $6,15 \text{ m/m}^2$ i det södra.

Vare sig densiteterna eller riktningarna är emellertid jämförbara mellan de båda undersökningarna främst på grund av att olika skalor använts; undersökningarna omfattar ej samma strukturer. Den nedre trunckeringsnivån för lineamentsstudierna (upplösning i höjddatabasen) motsvarar approximativt den övre trunckeringen av sprickstudierna (storleken på hållarna). Om undersökningarna sambedöms kan följande tolkning härledas:

- I det norra blocket förekommer ej strukturer av typ D1-D2 (geofysik, fältundersökningar).
- Andelen D3 är i det norra blocket högre än i det södra; dessa stryker NV och NNV (lineament).
- Bergmassan mellan strukturerna av typ D3 är i det norra blocket mindre uppsprucken av sprickor av typ D4 än det södra blocket (kartering).
- Strukturer av typ D3 stryker i det södra blocket NNV (lineament).
- Densiteten D4 är högre i det södra än i det norra blocket (kartering). Matrisen D4 i det södra blocket domineras av sprickor med strykningar mot VNV-NV (kartering).

De ovan refererade studierna omfattar undersökningar av strukturer synliga på markytan. Extrapolering av information från det välundersökta södra blocket till det mindre väl undersökta norra blocket, ca 500 m, norr därom är troligen behäftad med osäkerheter av likartad dignitet som extrapolering av ytinformation (D3-D4) till 500 meters djup. Med hänsyn till uppdragets förutsättningar och det ovan anförda bedöms det norra blocket därför vara användbart för deponering av kapslar i denna studie.

6.1.2 ZON EW-1

6.1.2.1 Bakgrund

I förundersökningar (Wikberg et al 1991) framträder i regionala tolkningar (t.ex. Tirén & Beckholmen 1988) två zoner tydligt inom undersökningsområdet. En zon stryker OV, en annan NO och dessa har sin skärningspunkt i centrum av Äspö. Båda zoner har bekräftats med geofysiska metoder (se t.ex. Stenberg & Sehlstedt 1989). Den presenterade strukturmodellen av den i NO strykande zonen, kallad EW-1, bestod av tre grenar med olika orienteringar (Wikberg et al 1991).

Kontinuerliga uppdateringar av den strukturella modellen har resulterat i en strukturmodell för EW-1 som består av två hydrauliskt aktiva grenar vilka är koordinatbestämda (i Rhén et al 1996, tabell A2-4).

6.1.2.2 Omtolkning av EW-1

På s.k. site-skala är den i OV strykande zonen, här kallad EW-X, mindre tydlig och EW-1 den dominerande zonen. EW-1 bedöms i nuläget bestå av minst två grenar, i föreliggande utredning kallade EW-1 A respektive EW-1 B (Figur 6-1), men dessas inbördes samband och eventuella samband med EW-X har ännu inte med noggrannhet fastställts; ytterligare undersökningar, borrhål och geofysik, krävs för detta.

Zon EW-1, eller delar därav, finns bekräftad med både borrhål, geofysik och hydrauliska modelleringar. I den tolkning som finns redovisad i Rhén et al (1996) bedöms EW-1 bestå av två hydrauliskt aktiva grenar (Tabell A2-4 i Rhén et al 1996) vilka har samma strykning men olika stupningar. Strykningen av dessa tolkningar sammanfaller med vad som i föreliggande uppdrag kallas EW-1 B. Någon motsvarighet till EW-1 A eller EW-X omfattas emellertid ej av den koordinatsatta strukturmodellen.

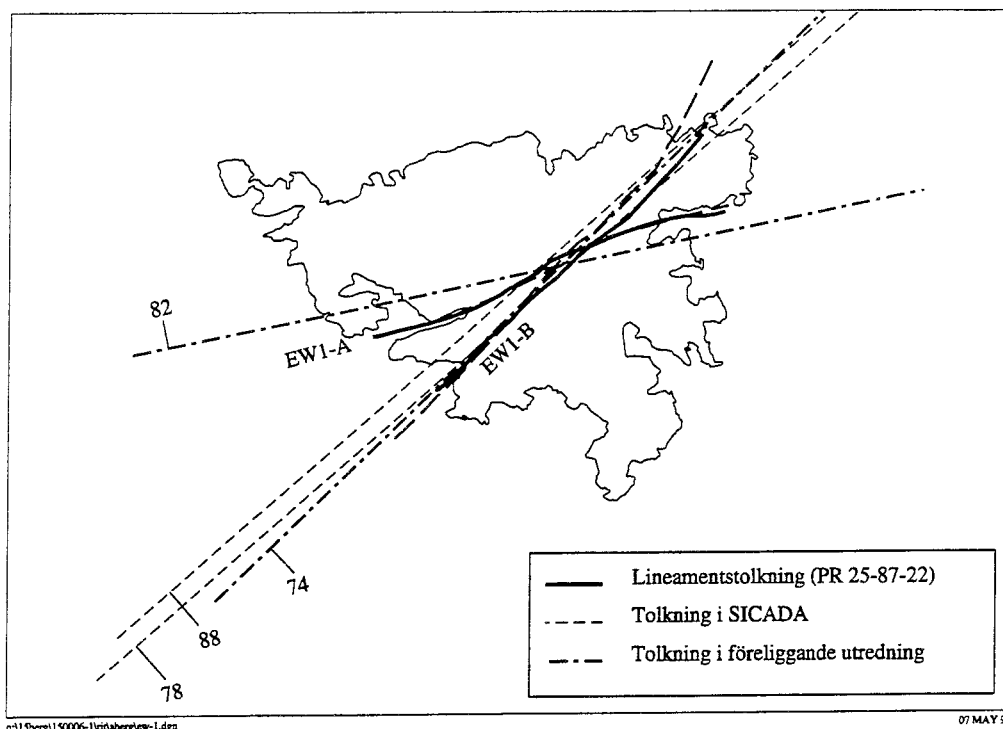
Då bergvolymen som omfattas av strukturmodellen varit otillräcklig för tentativ positionering av förvarskomponenter har undersökningsområdet utökats från det av SKB definierade "target area" till en för denna studie definierad "modell area" (se figur 6-6). Strukturer av regional karaktär, detekterade redan i ett tidigt undersökningskede, utgör randvillkor för modelleringen eller gränser för ett större förvarsområde. Zonen EW-X utgör ett regionalt lineament, och borde i enlighet därmed klassificeras D1 eller D2, men är inte framträdande på större skalor; endast svaga eller otydliga indikationer för denna zon har påvisats i borrhål och med geofysik. I föreliggande utredning har EW-X därför betraktats som ett antal på varandra följande strukturer av funktionsklass D3 och respektavstånd har därmed inte definierats för denna zon. Notera, emellertid, att det enligt författarnas kännedom ej har bedrivits riktade undersökningar för karakterisering av EW-X. Sådana undersökningar skulle kunna påvisa sådana egenskaper hos EW-X att en klassificering D2 eller D1 trots allt är motiverat.

För att öka realismen i modelleringen av layouterna och göra strukturmodellen mer konform med resultaten av förundersökningarna modifierades EW-1 på följande sätt (Figur 6-5):

- De två tolkningarna av EW-1 B som är koordinatsatta i Rhén et al (1996, Tabell A2-4) jämkades till en enda zon. Som bas för detta användes dels lineament på ytan, dels information från borrhål (KAS04, KA1751A, KA1755A, och KA2598A).
- En motsvarighet till EW1-A inkorporerades i modellen. Som bas för detta användes lineament och borrhålsinformation (se ovan). Unduleringen av linementet, tydlig på figur 6-5, är en effekt av skärningen mellan ett undulerande sprickplan och en undulerande yta (topografi). En bättre anpassning kunde erhållas med en undulande tolkning av EW-1 A men för att tolkningen skall motsvara metodiken använd på övriga zoner i modellen användes en plan yta.

Notera, emellertid, att den tolkning av EW-1 som utarbetats för detta uppdrag är behäftad med osäkerheter avseende grenarnas antal, orientering och mäktighet. Detta främst på grund av att antalet intercept (borrhålsskärningar, ytinformation, lineamenttolkning) med grenarna av EW-1 är otillräckligt för att unikt definiera dessas orientering och utbredning. Det är, exempelvis, möjligt att det som här tolkas vara den norra grenen av EW-1 (EW-1 A) i själva verket är en komponent av den regionala strukturen med OV strykning (EW-X). Ytterligare borrhningar genom de båda grenarna bedöms nödvändigt för att detaljera geometrierna

Då resultatet av föreliggande utredning skall ligga till grund för andra utredningar och modelleringar inom ramen för SR97, är det viktigt att förutsättningarna som används i dessa projekt är identiska. Med anledning därav presenteras i föreliggande utredning två alternativa layouter för Aberg vilka baseras på de två berörda strukturmodellerna. En layout baseras på den modifierade tolkningen av EW-1 enligt det resonemang som förts ovan. Ytterligare en layout, som skall användas för hydraulisk modellering, baseras på den modell av koordinatbestämda hydrauliska konduktorer som finns redovisad i Rhén et 1996 (Tabell A2-4). Den senare layouten redovisas separat i kapitel 6.1.5. En smärre modifiering av den senare modellen, bestående av en extrapolering av zonerna, var emellertid nödvändigt för att hela target area skulle kunna omfattas av modellen.



Figur 6-5. Figuren illustrerar skillnaden i tolkning av EW-1 som används i föreliggande rapport och den tolkning som är koordinatbestämd i SICADA. Lineamenten representerar en samtolkning av Stanfors pers komm 1997, Munier 1996, och Tirén et al 1988.

6.1.3 ABERG - DEFINITION AV BLOCK

Funktionsklassificeringen (Tabell 6-1) har främst baserats på zonernas storlek. Zon NE-1, vilken bedömts vara en obetydlig zon i regional skala, har dock klassificerats D1 på grund av dess konduktiva karaktär.

Ett antal av zonerna har tolkats bestå av flera grenar. Samma funktionsklassificering (respektavstånd) har antagits för samtliga grenar då annan information ej finns att tillgå för närvarande.

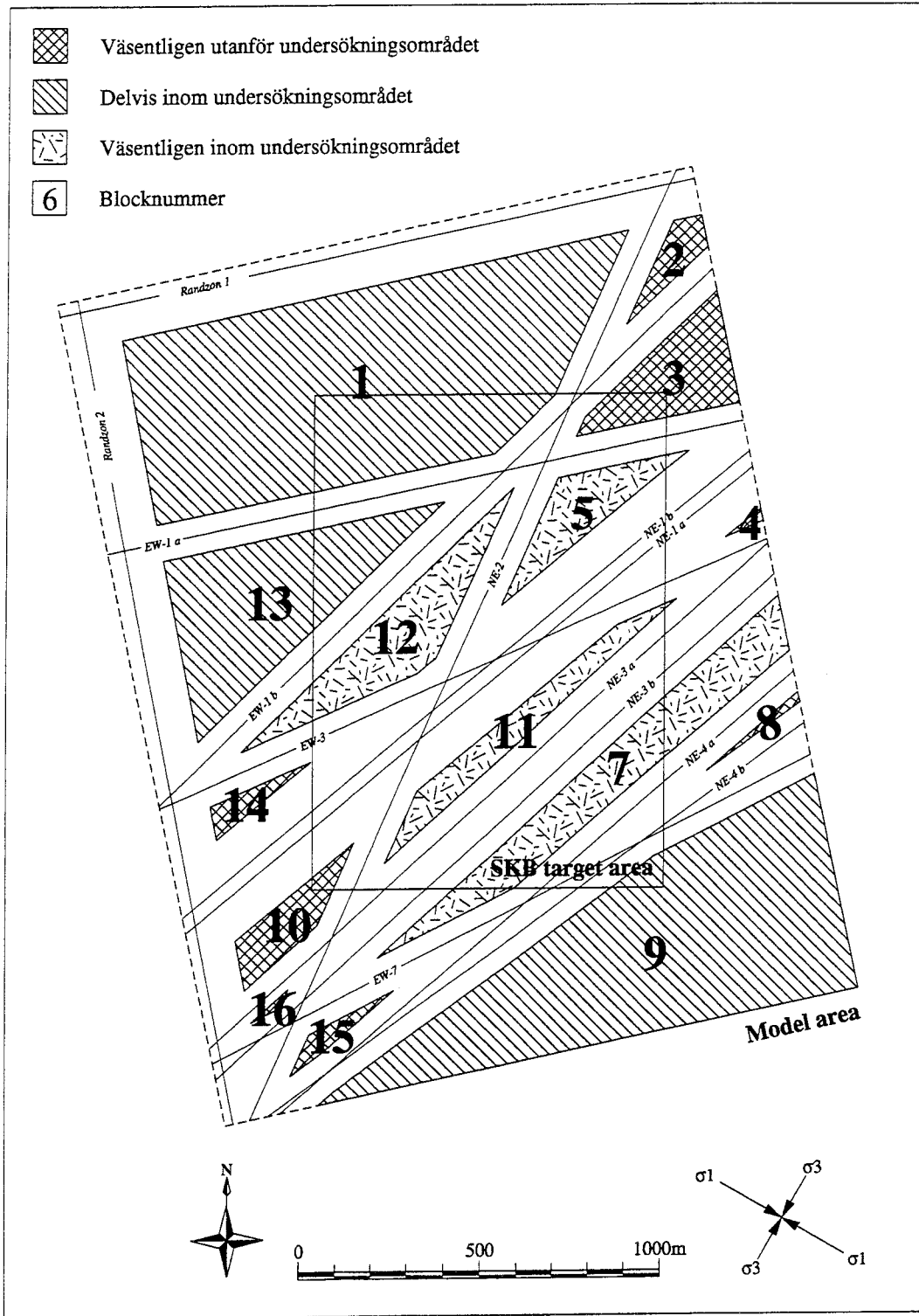
Tre horisontella snitt har skurits genom Aberg på nivåerna -400 m, -500 m och -600 m (Figurerna 6-6, 6-7 och 6-8). De tillgängliga volymerna är små och block med lägre informationstäthet har utnyttjats för deponering. I Aberg förekommer inga flacka zoner av betydelse; blockstorleken (Tabell 6-2) styrs främst av zondensiteten, blockens form av en ONO preferens i strykningar.

Tabell 6-1. Sammanfattning av zoninformation som använts för klassificering D1-D2. Längduppgifter saknas för den studerade skalan.

| Zon | Strykning | Stupning | Bredd (m) | Klass | Grund för klassificering |
|-----------|-----------|----------|-----------|-------|-----------------------------|
| Randzon 1 | 080 | 90 | ? | D1 | Längd (Tirén et al 1988) |
| Randzon 2 | 350 | 90 | ? | D1 | Längd (Tirén et al 1988) |
| EW-1 a) | 080 | 80 | 75 | D2 | Bredd |
| EW-1 b) | 045 | 75 | 75 | D2 | Bredd |
| EW-3 | 065 | 90 | 10 | D2 | Bredd |
| EW-7 | 065 | 80 | 10 | D2 | Bredd |
| NE-1 a) | 230 | 75 | 50 | D1 | Bredd + Vattenföring |
| NE-1 b) | 230 | 70 | 50 | D1 | Bredd + Vattenföring |
| NE-2 | 025 | 75 | 5 | D2 | Bredd + mylonitisk struktur |
| NE-3 a) | 230 | 70 | 50 | D2 | Bredd |
| NE-3 b) | 230 | 80 | 50 | D2 | Bredd |
| NE-4 a) | 05s0 | 80 | 40 | D2 | Bredd |
| NE-4 b) | 055 | 70 | 40 | D2 | Bredd |

Tabell 6-2. Aberg. Areor avgränsade av zoner med olika respektavstånd.

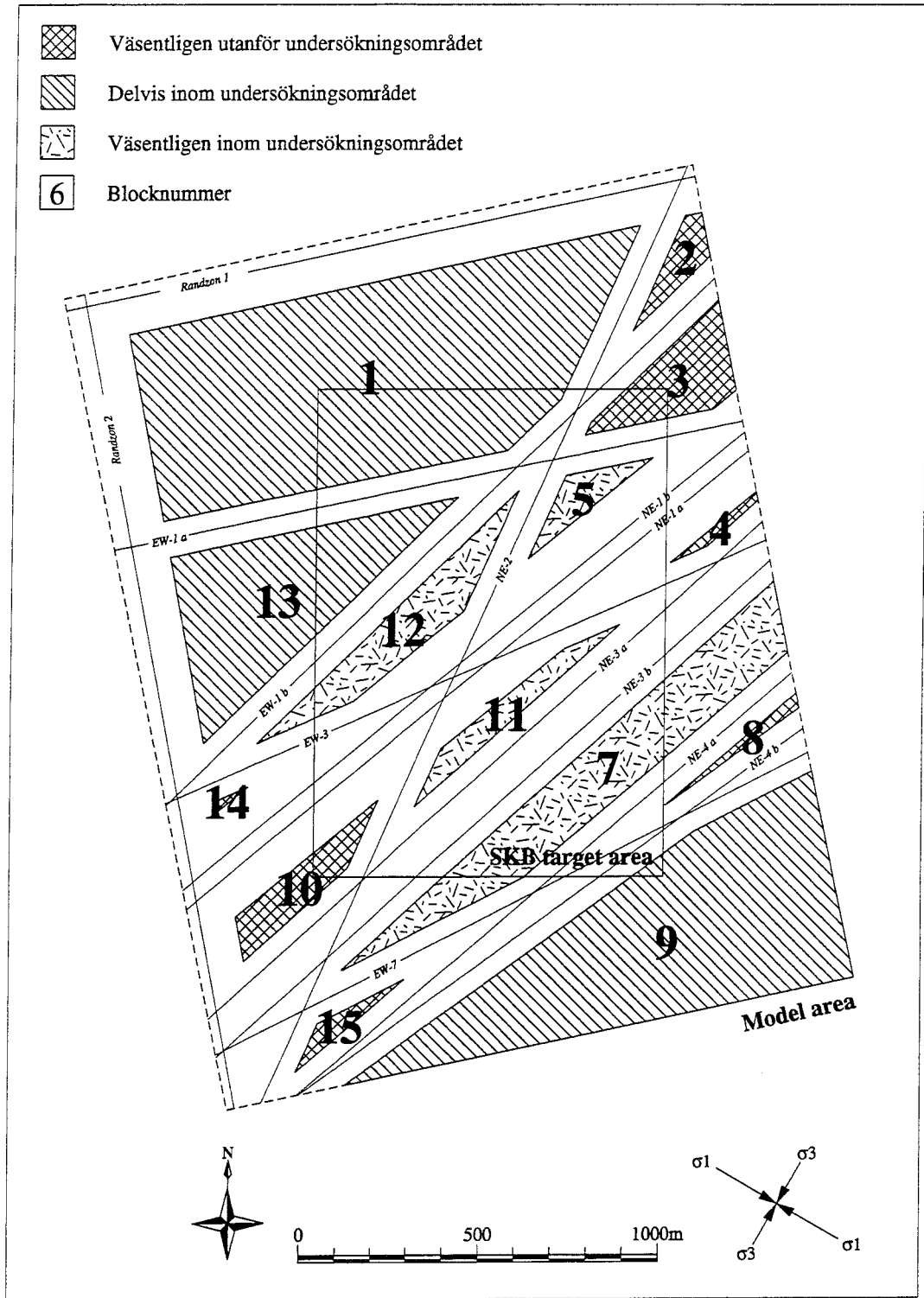
| Block ID | Area (m ²) -400 | Area (m ²) -500 | Area (m ²) -600 |
|----------|-----------------------------|-----------------------------|-----------------------------|
| 1 | 63 661 | 668 428 | 700 681 |
| 2 | 20 949 | 21 964 | 21 899 |
| 3 | 76 859 | 66 614 | 51 215 |
| 4 | 1 893 | 6 589 | 8 400 |
| 5 | 57 041 | 25 145 | 6 133 |
| 6 | - | - | 9 208 |
| 7 | 148 320 | 205 809 | 262 841 |
| 8 | 4 127 | 8 948 | 13 410 |
| 9 | 503 097 | 456 284 | 409 983 |
| 10 | 38 702 | 43 865 | 46 212 |
| 11 | 64 444 | 37 269 | 15 902 |
| 12 | 103 085 | 83 628 | 45 233 |
| 13 | 199 386 | 215 296 | 231 817 |
| 14 | 13 546 | 1 492 | |
| 15 | 11 448 | 12 625 | 13 232 |
| 16 | 1 604 | - | - |
| 17 | - | - | 2 870 |



o:\15berg\150006-1\rit\tentativ\aberg\la_area.dgn

01 APR 97

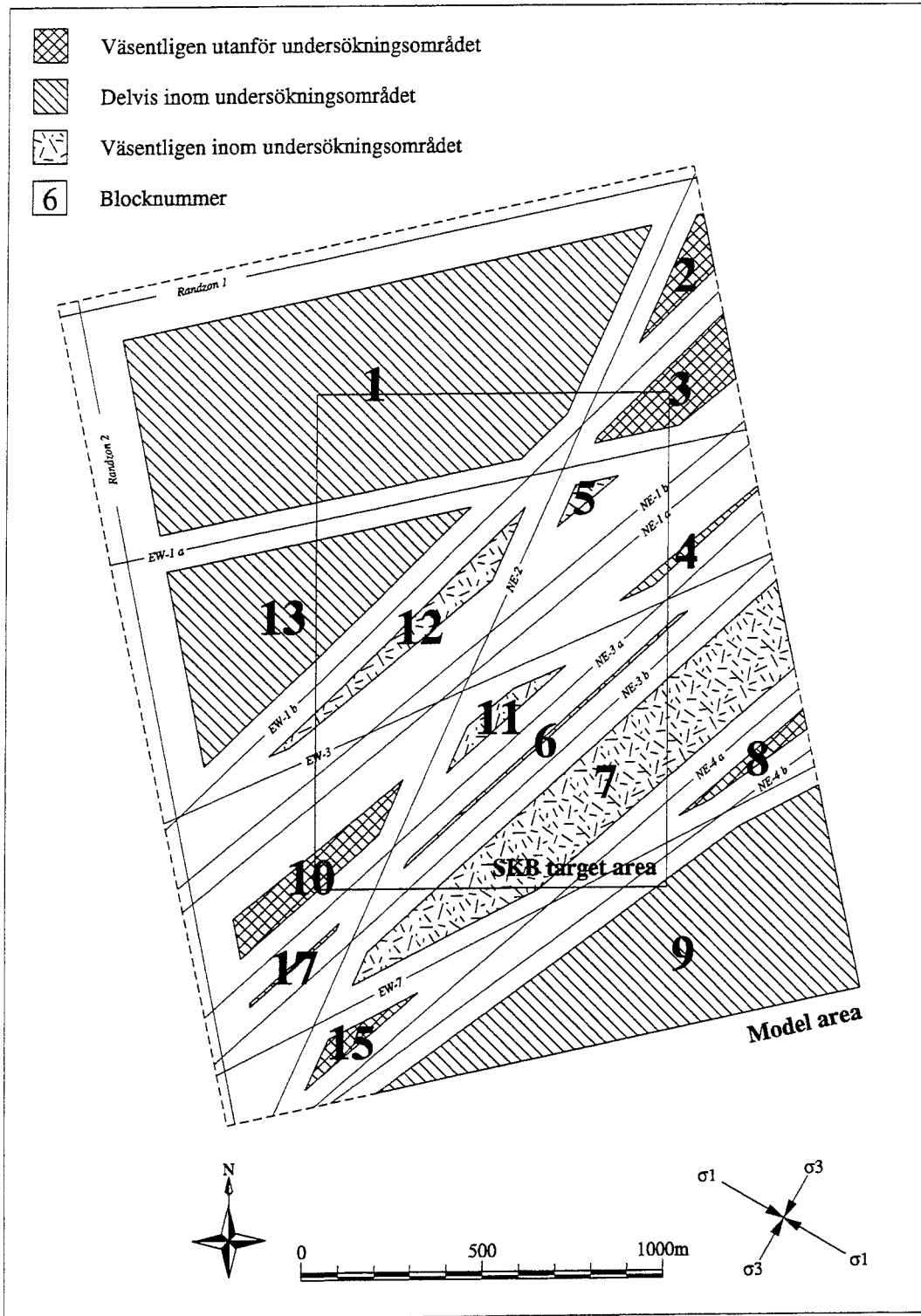
Figur 6-6. Aberg: Block definierade av zoners geometri och respektavstånd. Figuren representerar ett snitt på $z = -400$ m.



o:\15berg\150006-1\rit\temativ\aberg\la_area.dgn

01 APR 97

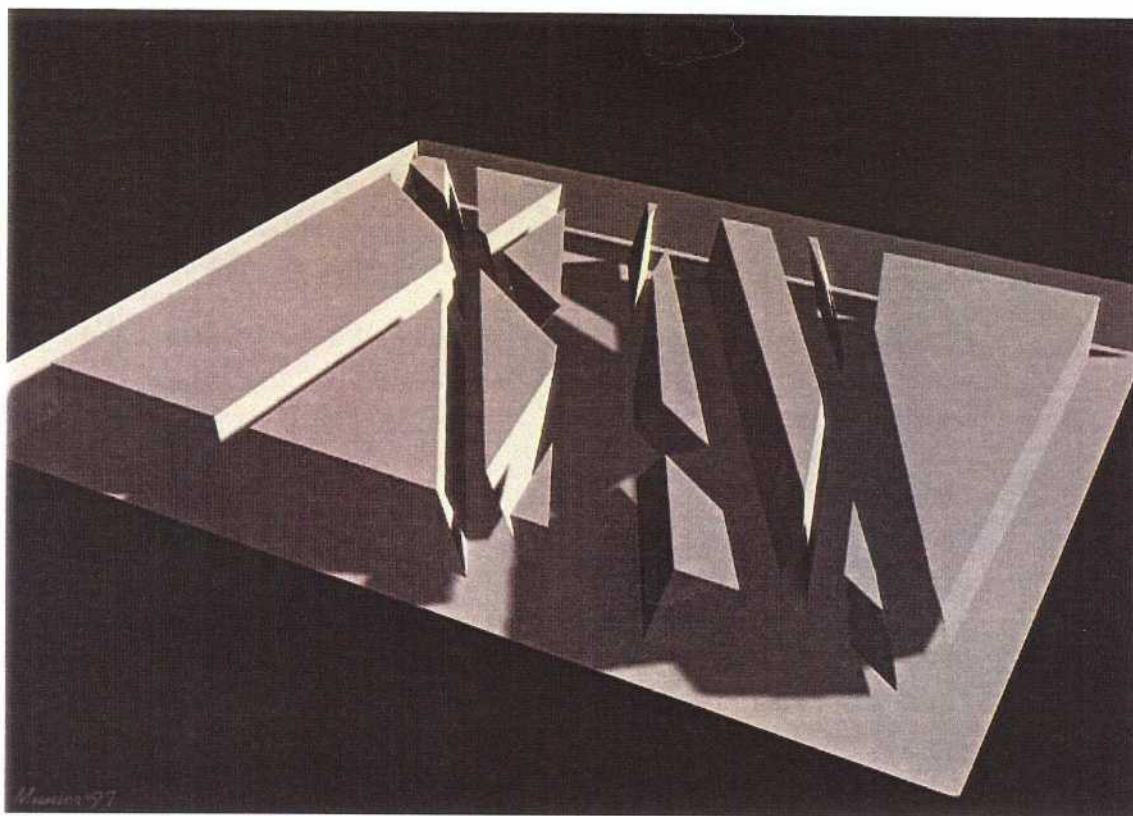
Figur 6-7. Aberg: Block definierade av zoners geometri och respektavstånd. Figuren representerar ett snitt på $z = -500$ m.



o:\15berg\150006-1\rittentativ\abergla_area.dgn

01 APR 97

Figur 6-8. Aberg: Block definierade av zoners geometri och respektavstånd. Figuren representerar ett snitt på $z = -600$ m.



Figur 6-9. Vy mot NO över block avgränsade av sprickzoner med olika respektavstånd (se Tabell 6-1). Blockens övre och undre gränser är belägna på $z = -400$ resp -600 m.

6.1.4 ABERG-LAYOUTER

Utrymmet för deponering i ett plan är otillräckligt inom modellarean. Det föreslagna huvudalternativet består av en layout med deponeringstunnlar som stryker vinkelrätt σ_1 . Layouten består av deponering i två plan på -500 meter och -600 meter (Figurerna 6-10, 6-11 och 6-16). För deponering i två plan krävs två centralområden vilka, för enkelhet, i den föreslagna layouten har antagits ha samma storlek och ligga ovanför varandra. Deponeringsområde 1 är placerat i block 9 på djupet $z = -600$ m. Deponeringsområde 2 är uppdelat i fyra delområden placerade i blocken 1 och 13 på djupen $z = -500$ och $z = -600$ m.

Anslutning till förvarsområdet har föreslagits ske med ramp vars påslag är beläget öster om undersökningsområdet (Figur 6-16).

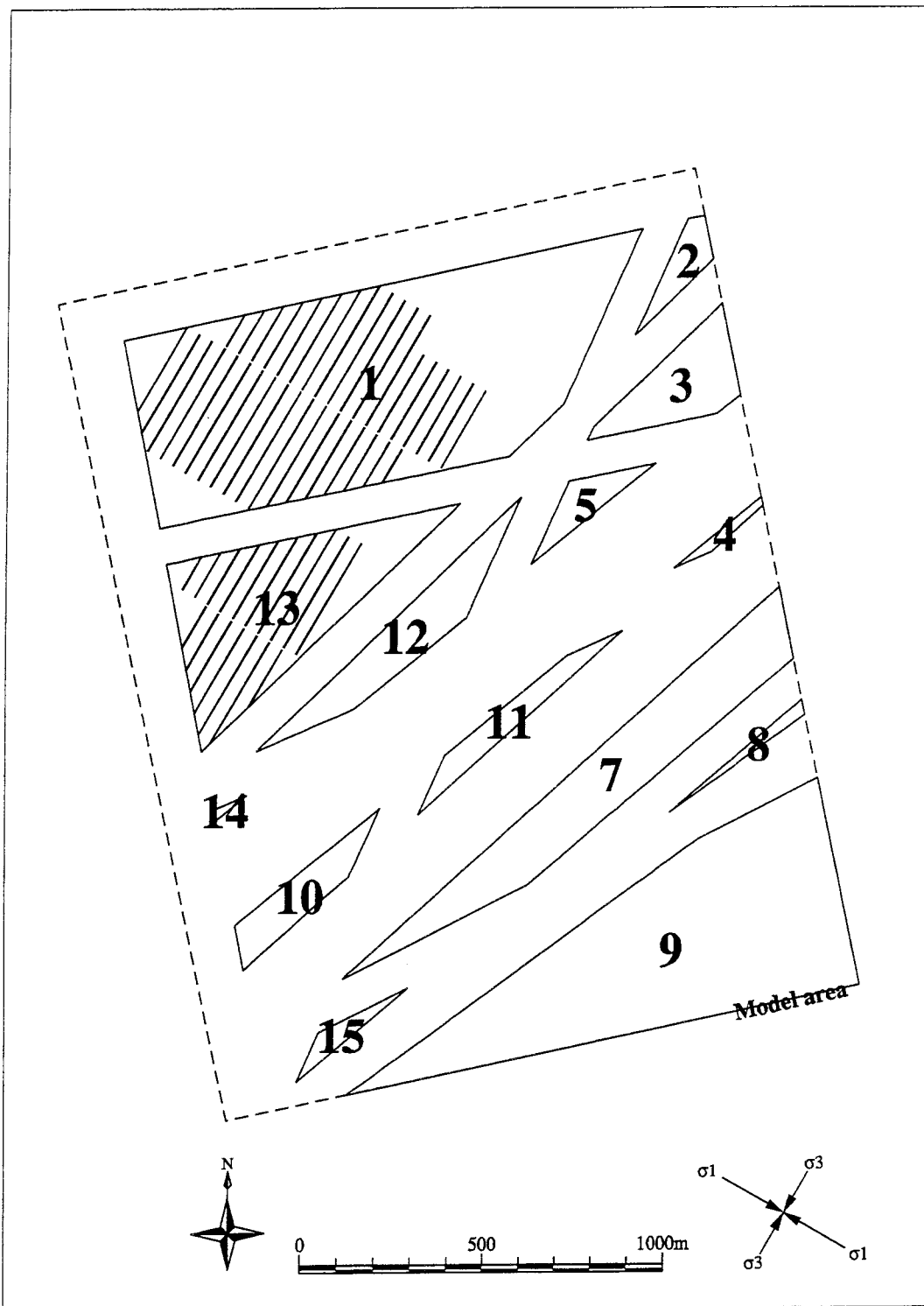
SFL 3-5 placerades i Aberg's östra del på djupet -300 m så att den naturliga grundvattenströmningen från SFL 3-5 med eventuellt uppkommen grundvattenkemisk påverkan inte tillåts påverka deponeringsområdet.

En andra layout som framtagits består av tunnlar orienterade parallellt med σ_1 , även här krävs deponering i två plan på -500 meter och -600 meter (Figurerna 6-12 och 6-13) Denna layout bedömdes vara mindre fördelaktig då deponeringstunnlarna troligen skär hydrauliska strukturer med spetsig vinkel med eventuella tätningsvårigheter som följd.

En alternativ layout är utformad så att befintliga block inom target area utnyttjas maximalt. Layouten baseras därmed på den bergvolym där informationen är tätast. För denna layout har liten hänsyn tagits till orienteringen av σ_1 och vattenförande strukturer då utrymmet är otillräckligt. För att undvika förvar på 3 nivåer har 3 stycken deponeringstunnlar positionerats utanför target area i block 1 (Figurerna 6-14 och 6-15). Deponering utförs också i detta förslag på -500 meter och -600 meter.

Antalet kapslar beräknades för varje deponeringstunnel vilket redovisas tillsammans med annan tunneldata i tabellerna 6-4 till 6-6.

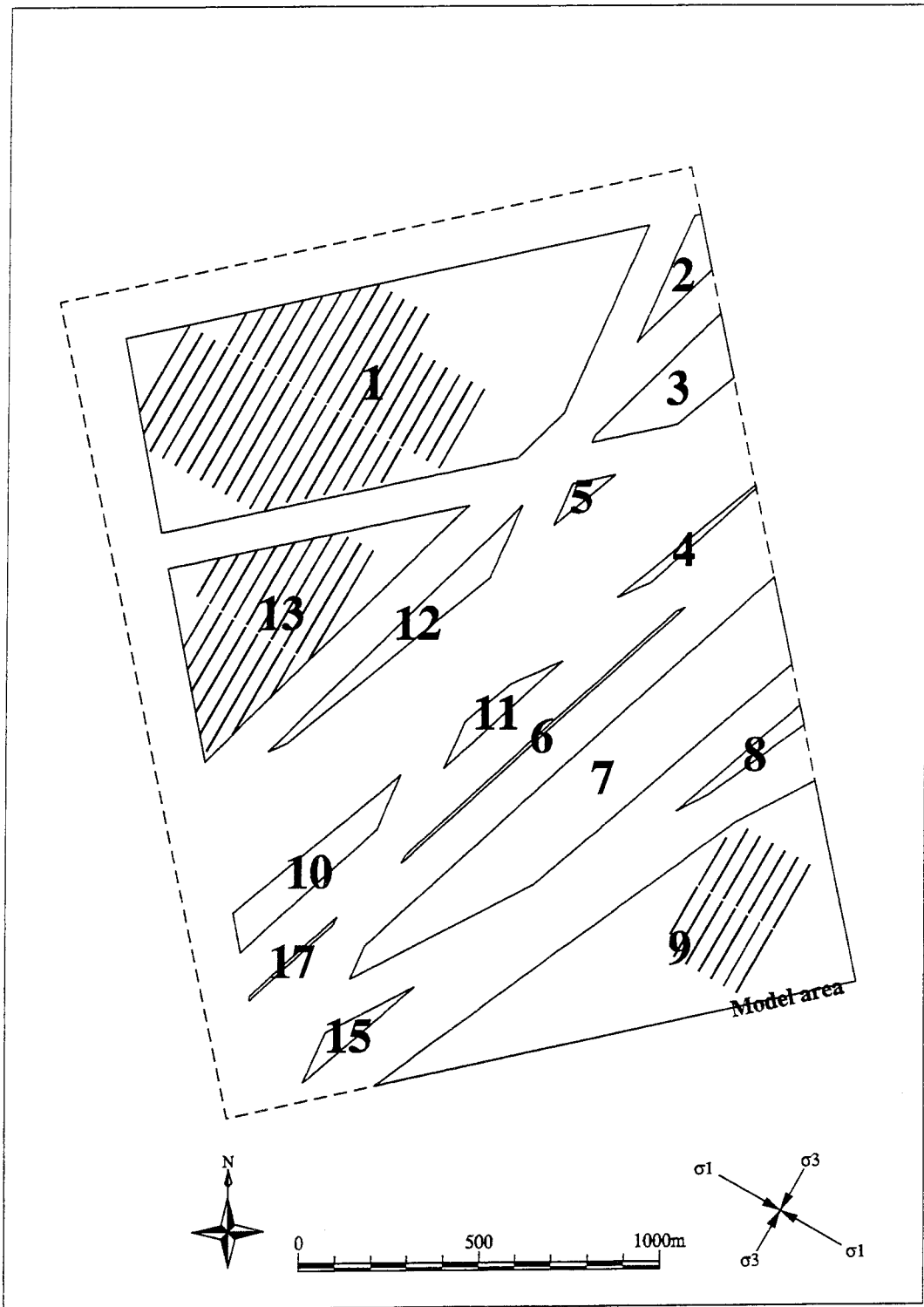
(se figurer nästa uppslag)



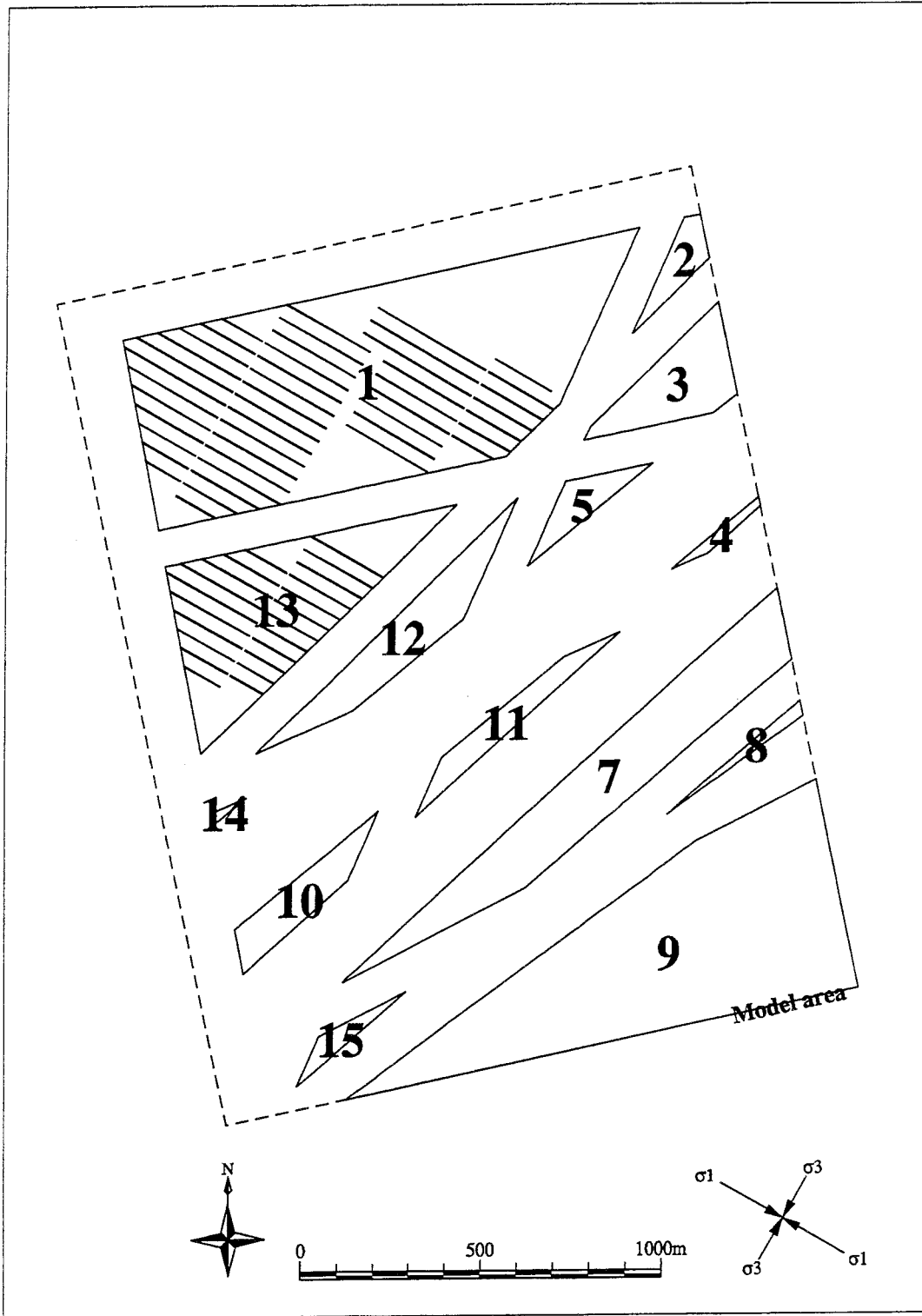
o:\15berg\150006-1\rit\aspolaspo2la_perp.dgn

05 FEB 97

Figur 6-10. Aberg: Tvåplanslayout med deponeringstunnlar orienterade vinkelrätt σ_1 ; $z = -500$ m. Denna layout utgör huvudalternativ.



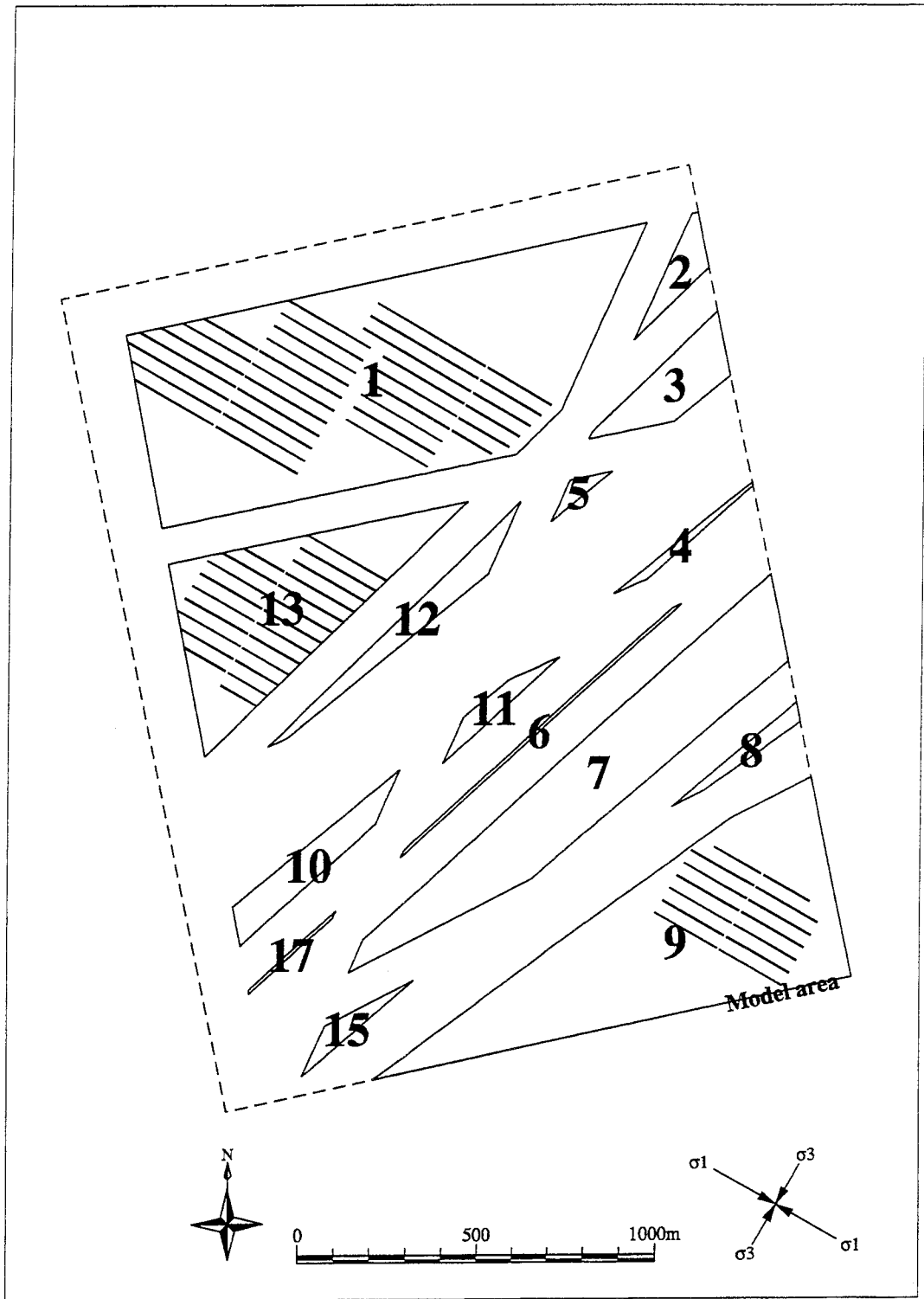
Figur 6-11. Aberg: Tvåplanslayout med deponeringstunnlar orienterade vinkelrätt σ_1 ; $z = -600$ m. Denna layout utgör huvudalternativ.



o:\15berg\150006-1\vi\aspolaspo2\la_para.dgn

05 FEB 97

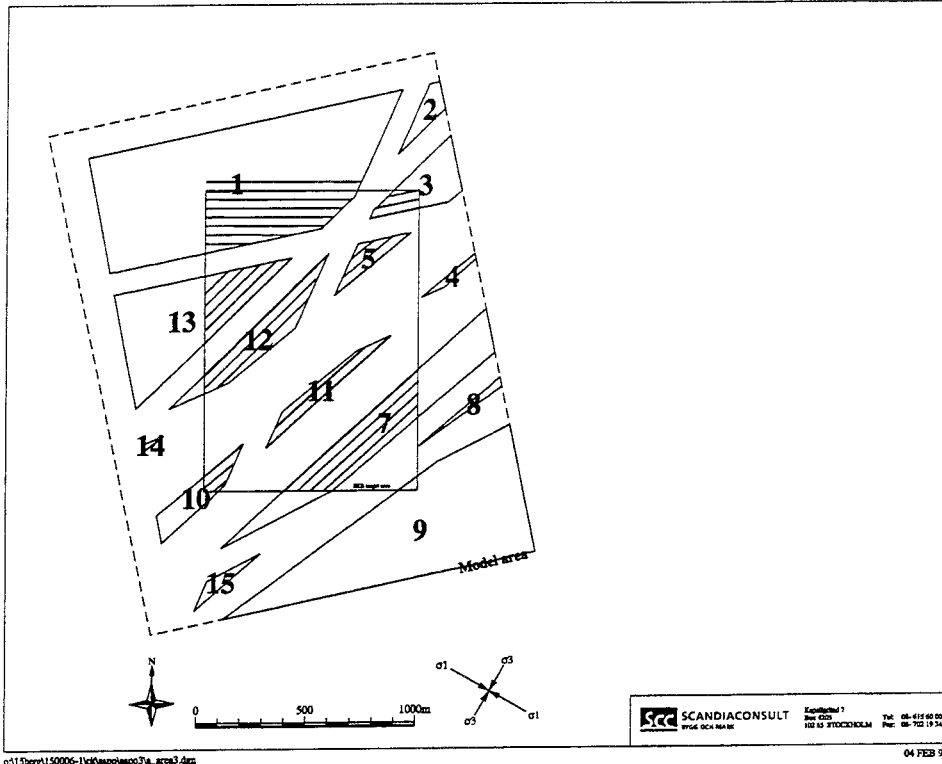
Figur 6-12. Aberg: Tvåplanslayout med deponeringstunnlar orienterade parallellt σ_1 ; $z = -500$ m.



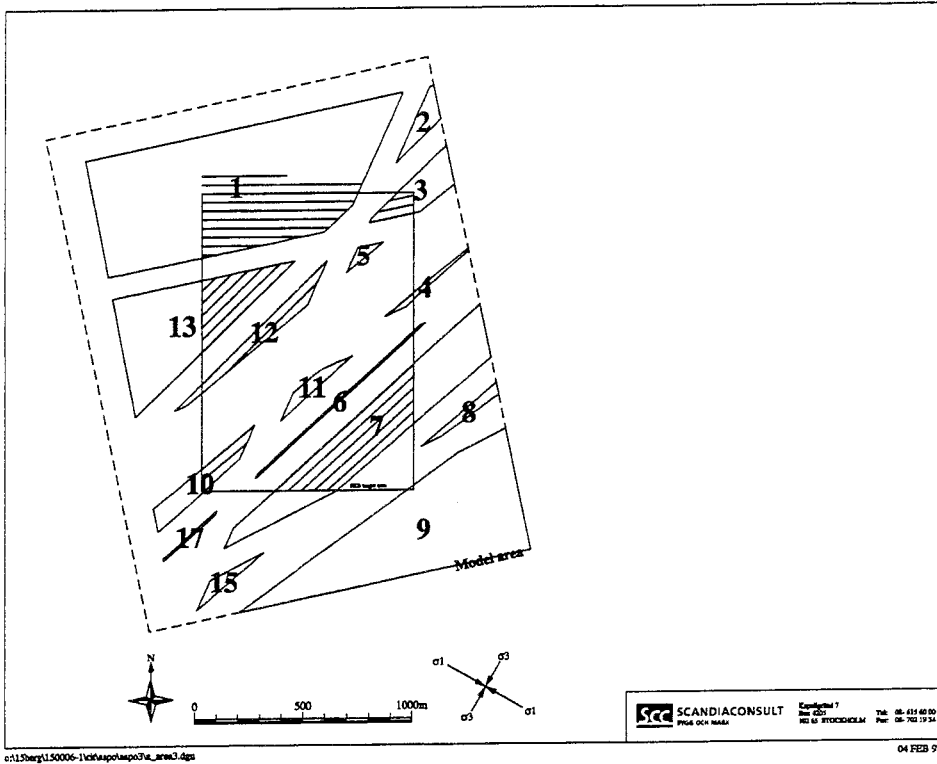
o:\15berg\150006-1\vitlaspolaspo2\la_para.dgn

05 FEB 97

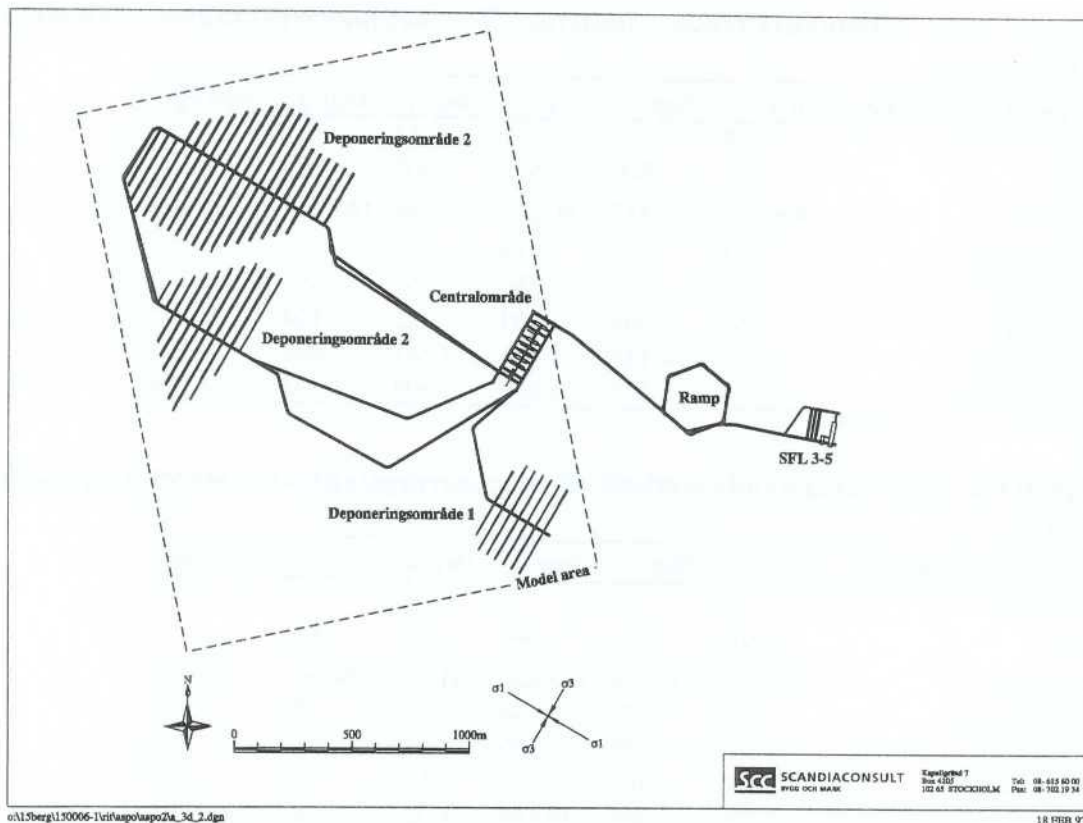
Figur 6-13. Aberg: Tvåplanslayout med deponeringstunnlar orienterade parallellt σ_1 ; $z = -600$ m.



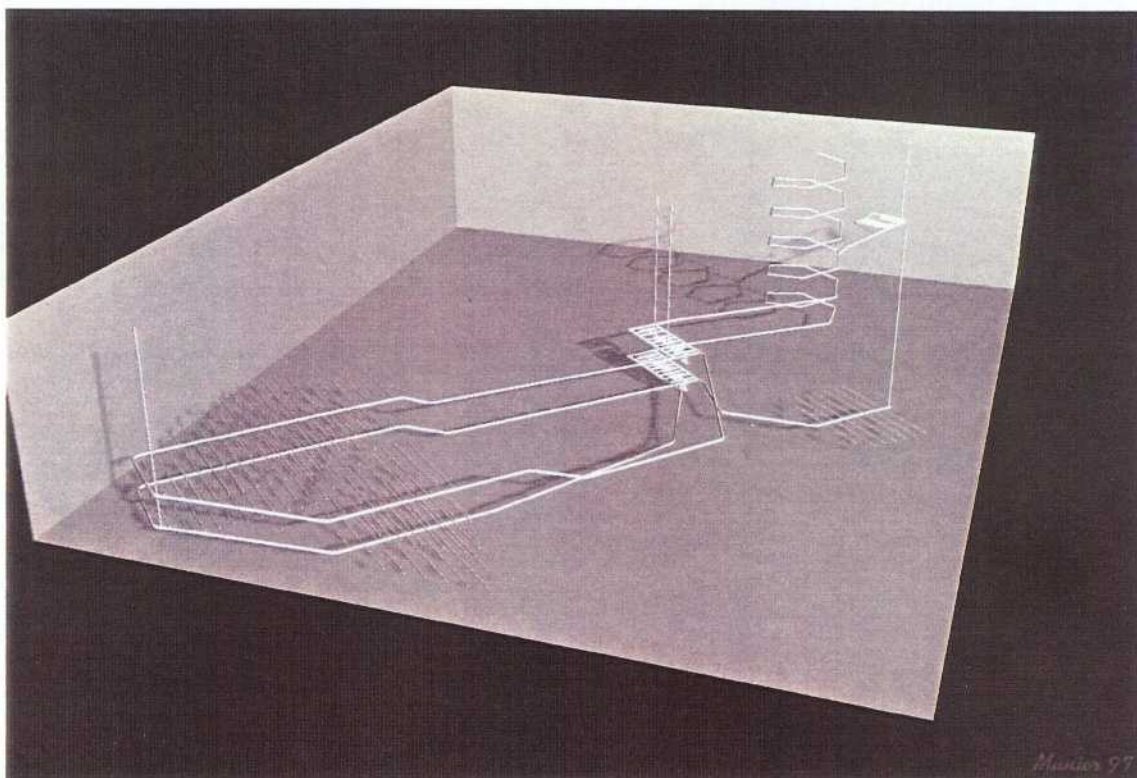
Figur 6-14. Aberg: Tvåplanslayout med deponeringstunnlar optimerade efter blockens form; $z = -500$ m.



Figur 6-15. Aberg: Tvåplanslayout med deponeringstunnlar optimerade efter blockens form; $z = -600$ m.



Figur 6-16. Aberg: Huvudalternativet -500 meter och -600 meter med deponeringstunnlar orienterade vinkelrätt σ_1 och med transporttunnlar, ramp och SFL3-5.



Figur 6-17. Vy över ett tentativt förvar i Aberg, huvudalternativet. Deponeringsnivåerna är belägna på $z = -500$ m respektive $z = -600$ m.

Tabell 6-3. Sammanfattande statistik för deponeringstunnlar orienterade vinkelrätt σ_1 .

| Deponeringsområde | Dep. 1 | Dep. 2 | Dep. 2 | Dep. 2 | Dep. 2 | Samtliga |
|------------------------|---------|---------|---------|---------|---------|-----------|
| Block ID | 9 | 13 | 1 | 13 | 1 | |
| Nivå | -600 | -600 | -600 | -500 | -500 | |
| Area (m ²) | 409 983 | 231 817 | 700 681 | 215 296 | 668 428 | 2 226 205 |
| Antal tunnlar | 14 | 17 | 33 | 18 | 33 | 115 |
| Max längd | 200 | 350 | 350 | 350 | 350 | 350 |
| Min längd | 150 | 103 | 100 | 122 | 100 | 100 |
| Summalängd | 2 700 | 4 133 | 8 983 | 4 541 | 8 999 | 29 356 |
| Antal kapslar | 404 | 634 | 1 389 | 699 | 1 392 | 4 518 |

Tabell 6-4. Sammanfattande statistik för deponeringstunnlar orienterade parallellt med σ_1 .

| Deponeringsområde | Dep. 1 | Dep. 2 | Dep. 2 | Dep. 2 | Dep. 2 | Samtliga |
|------------------------|---------|---------|---------|---------|---------|-----------|
| Block ID | 9 | 13 | 1 | 13 | 1 | |
| Nivå | -600 | -500 | -500 | -600 | -600 | |
| Area (m ²) | 409 983 | 215 296 | 668 428 | 231 817 | 700 681 | 2 226 205 |
| Antal tunnlar | 14 | 22 | 44 | 22 | 33 | 135 |
| Max längd | 200 | 287 | 350 | 255 | 350 | 350 |
| Min längd | 150 | 105 | 113 | 118 | 133 | 105 |
| Summalängd | 2 700 | 4 006 | 10 449 | 4 027 | 8 441 | 29 624 |
| Antal kapslar | 404 | 598 | 1 600 | 601 | 1 301 | 4 504 |

Tabell 6-5. Sammanfattande statistik för deponeringstunnlar orienterade med avseende på blockens geometri.**Optimerad layout våning 1**

| Deponeringsområden är ej definierade för denna layout | samtliga | | | | | | | | | |
|---|----------|--------|--------|---------|---------|--------|--------|--------|---------|-----------|
| Block ID | 1 | 3 | 5 | 7 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | |
| Nivå | -500 | -500 | -500 | -500 | -500 | -500 | -500 | -500 | -500 | -500 |
| Area (m ²) | 668 428 | 66 614 | 25 145 | 205 809 | 456 284 | 43 865 | 37 269 | 83 628 | 215 296 | 1 802 338 |
| Antal tunnlar | 8 | 3 | 2 | 4 | 1 | 3 | 2 | 3 | 5 | 31 |
| Vinkel (°) mot σ_1 | 30 | 41 | 69 | 72 | 66 | 69 | 72 | 74 | 74 | |
| Max längd | 708 | 232 | 287 | 813 | 106 | 227 | 757 | 781 | 549 | 813 |
| Min längd | 205 | 149 | 131 | 571 | 106 | 77 | 546 | 575 | 143 | 77 |
| Summalängd | 4 417 | 584 | 418 | 2 767 | 106 | 484 | 1 302 | 2 056 | 1 727 | 13 863 |
| Antal kapslar | 710 | 88 | 64 | 448 | 15 | 72 | 211 | 334 | 272 | 2 214 |

Optimerad layout våning 2

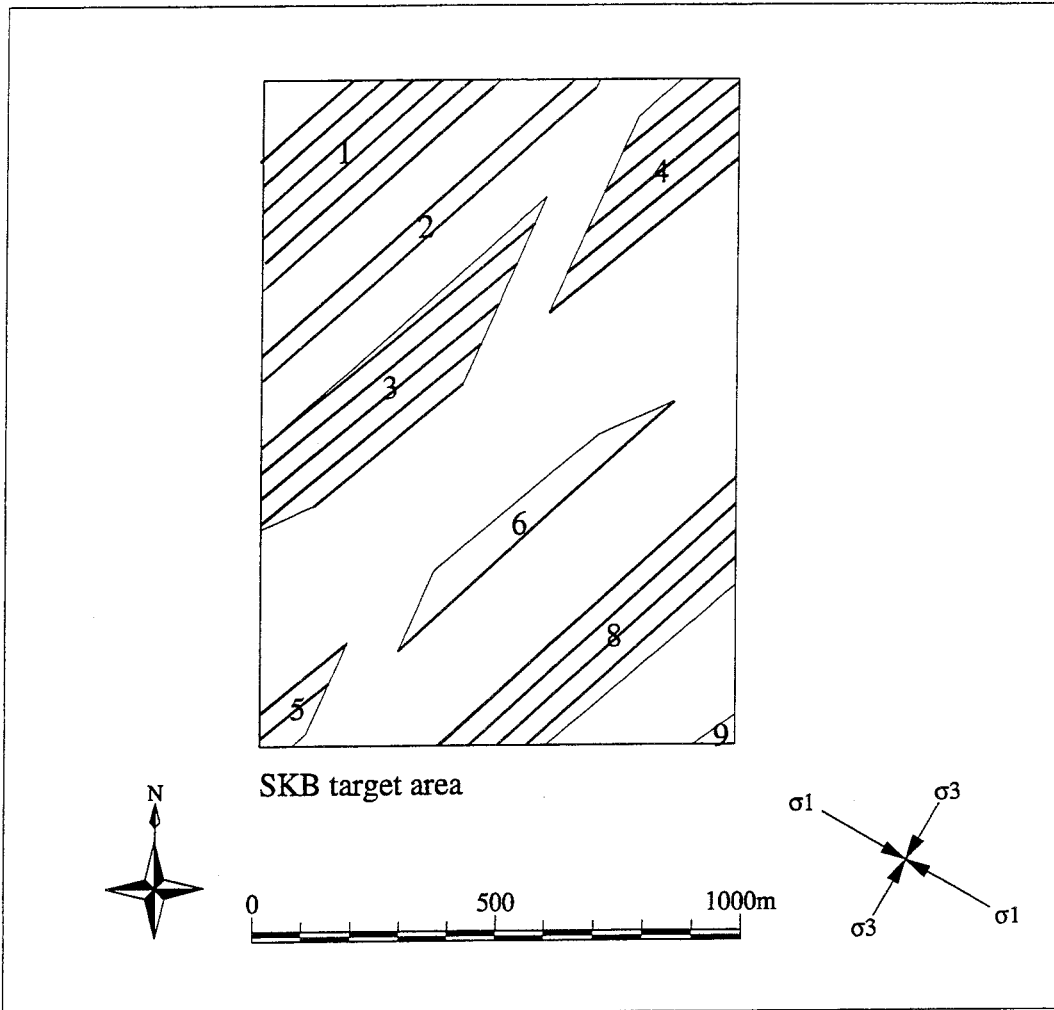
| Deponeringsområden är ej definierade för denna layout | samtliga | | | | | | | | | |
|---|----------|--------|-------|-------|---------|--------|--------|---------|-----------|--|
| Block ID | 1 | 3 | 4 | 6 | 7 | 10 | 12 | 13 | | |
| Nivå | -600 | -600 | -600 | -600 | -600 | -600 | -600 | -600 | -600 | |
| Area (m ²) | 700 681 | 51 215 | 8 400 | 9 208 | 262 841 | 46 212 | 45 233 | 231 817 | 1 355 607 | |
| Antal tunnlar | 10 | 3 | 1 | 1 | 5 | 2 | 2 | 6 | 30 | |
| Vinkel (°) mot σ_1 | 30 | 41 | 69 | 72 | 72 | 69 | 74 | 74 | | |
| Max längd | 734 | 211 | 166 | 970 | 852 | 312 | 801 | 594 | 970 | |
| Min längd | 70 | 115 | 166 | 970 | 530 | 265 | 590 | 88 | 70 | |
| Summalängd | 5 218 | 496 | 166 | 970 | 3 456 | 577 | 1 390 | 2 046 | 14 319 | |
| Antal kapslar | 837 | 73 | 24 | 158 | 560 | 90 | 225 | 321 | 2 288 | |

Tabell 6-6. Sammanfattning av tabell 6-5.

| Objekt | Summa |
|------------------------|--------------|
| Area (m ²) | 3 157 945 |
| Antal tunnlar | 61 |
| Max längd | 970 |
| Min längd | 70 |
| Summalängd | 28 182 |
| Antal kapslar | 4 502 |

6.1.5 LAYOUT BASERAD PÅ VATTENFÖRANDE STRUKTURER

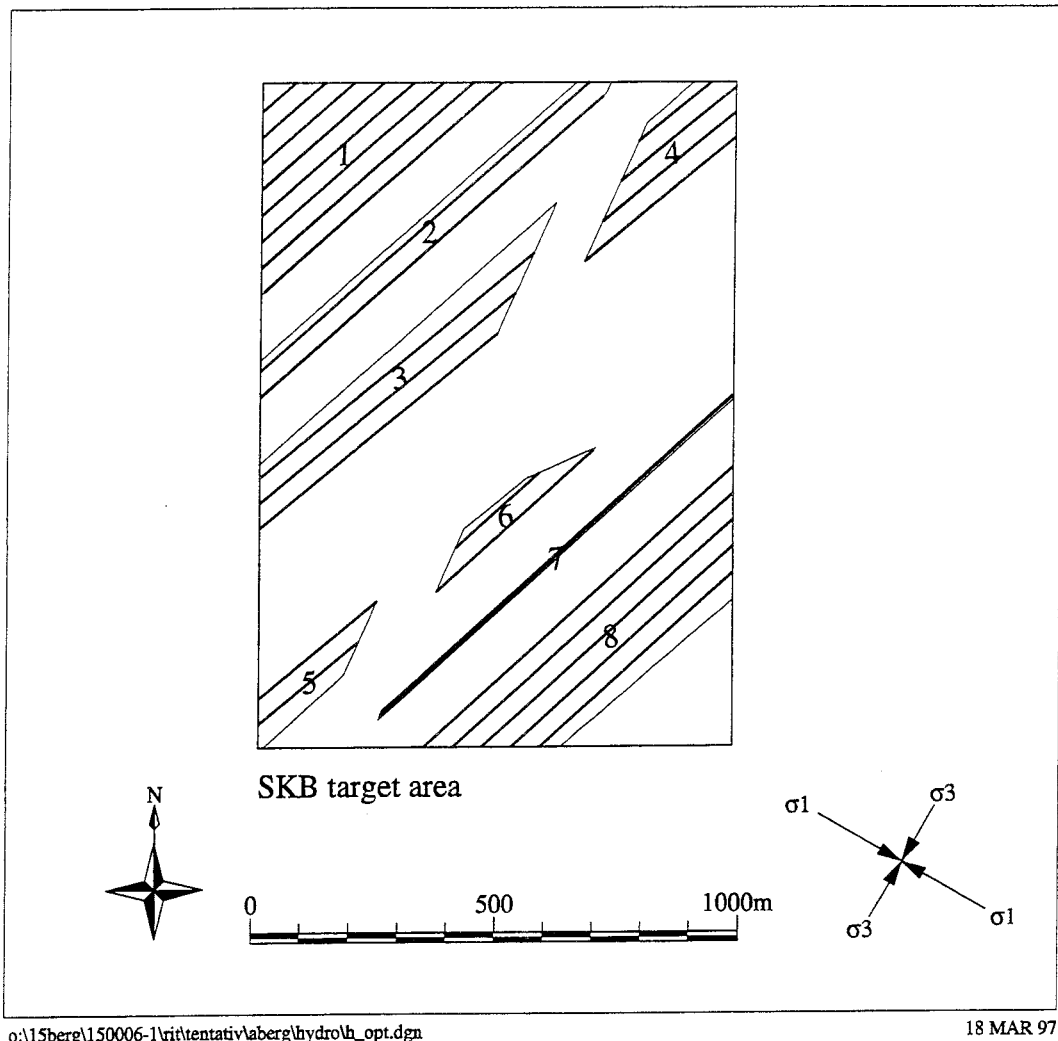
I föreliggande avsnitt redovisas resultaten av en modellering av de vattenförande strukturer som redovisas i Rhén et al 1996 (Tabell A2-4). Blocken skiljer sig från de block som redovisats i förgående avsnitt endast med avseende på zonen EW-1 (se kapitel 6.1.1 för diskussion).



o:\15berg\150006-1\rittentativ\aberg\hydroh_opt.dgn

18 MAR 97

Figur 6-18. Aberg: Layout H. Blocken är definierade av hydrauliska konduktors geometri och respektavstånd (data från Rhén et al 1996, tabell A2-4). Figuren representerar ett snitt på $z = -500$ m.



Figur 6-19. Aberg: Layout H. Blocken är definierade av hydrauliska konduktors geometri och respektavstånd (data från Rhén et al 1996, tabell A2-4). Figuren representerar ett snitt på $z = -600$ m.

6.2 BEBERG

6.2.1 BEBERG ALLMÄNT

Den dominerande bergarten i Beberg (Figur 6-5) är en folierad granodiorit. Små kroppar eller gångar av pegmatit, metabasit och aplit förekommer. Strukturen inom granodioriten domineras av en, genom planparallell orientering av biotit och hornblände, svagt till medelstarkt utvecklad foliation vilken är brant och stryker NV (c.a. 310/80). Skjuvzoner distorderar och intensifierar lokalt foliationen till kataklasit eller mylonit.

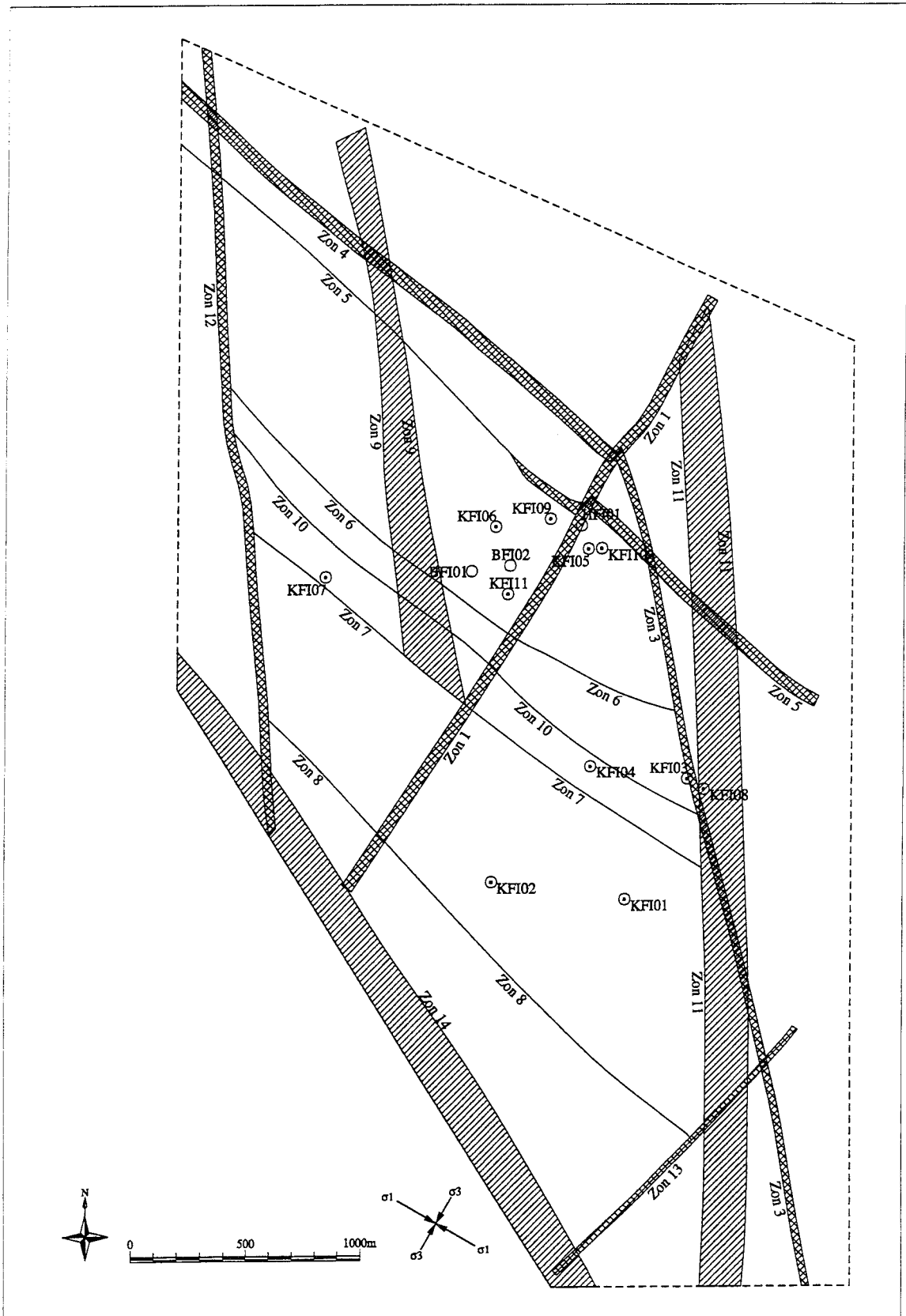
Metabasiter uppträder dels som elongerade kroppar inom granodioriten (xenoliter), dels som branta, i NS och OV strykande, decimeterbredda diabasgångar vilka överpräglar foliationen och dels som amfiboliter

lokaliserade till branta skjuvzoner med VNV strykning. Sprickintensiteten i metabasit skiljer sig ej, inom undersökningsområdet, från sprickintensiteten i granodioriten och bergartskontaktarna är generellt ej uppspräckta (Ahlbom & Tirén 1991).

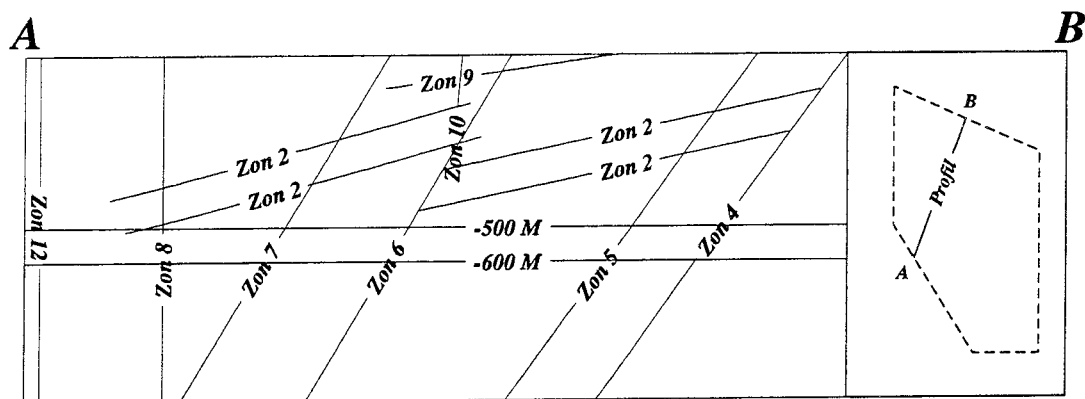
Sprickdensiteten i bergmassan varierar mellan 0.5-5 spr/m i mindre sprickzoner (typ D3, *förf. anm.*) och c.a. 2.9 spr/m i bergmassan mellan dessa (Ahlbom & Tirén 1991). Sprickdensiteten är lägre, c.a. 1.5 spr/m, i blocket NV om zon 1, det "norra blocket", (Figur 6-20) än i blocket SO därom ("det södra blocket"). Två branta sprickgrupper stryker NNO respektive NNV-NV, en tredje sprickgrupp stupar flackt mot SV. Den maximala horisontalspänningen stryker NW-SO (Andersson et al 1991).

Den geologiska modellen för Beberg inkluderar 14 sprickzoner (D1 och D2) vilka inramar block av olika storleksordningar. De flesta zoner är tolkade ur fjärranalyser av lineament; av dessa har en del verifierats med borrhål och i fält (se Andersson et al 1991 för detaljer).

Informationstätheten i det norra blocket är högre än i det södra på grund av att undersökningarna koncentrerats på den flackt stupande Zon 2. Stationärt grundvatten har påvisats i det norra blocket på nivåer under denna zon vilket gör det norra blocket lämpligt för lokalisering av ett tentativt förvar.



Figur 6-20. Sprickzoner i Beberg som använts för modellering (se även Figur 6-21). Figuren representerar ett snitt vid ytan med läget för kärnborrhål (KF) och hammarborrhål (BF) redovisade.



Figur 6-21. Nordostlig profil genom undersökningsområdet. I profilen syns läget på zon 2 vilket ej framgår av kartan i figur (6-20).

6.2.2 BEBERG-DEFINITION AV BLOCK

Den struktur som varit föremål för den största undersökningsinsatsen i Beberg är Zon 2 (Figur 6-21). Denna flacka zon består av flera grenar vilka är separerade av vertikala zoner. Trots detta är utbredningen av denna zon, eller delar därav, ej fastställd. Exempelvis saknas i modellen en tolkning av mäktigheten av den södra grenen av zon 2; den undre gränsen är ej känd (Andersson et al 1991). Zonens ringa stupning medför att stora arealer tas i anspråk av respektavstånden vid horisontella snitt. Detta undviks genom att förvaret placeras på en djupare nivå. För att göra en bedömning av vilket djup som krävs ansattes mäktigheten av det södra- och den norra grenen lika.

Respektavstånd fastställdes på basis av zonernas storlek enligt tabell 6-7 nedan. Zonerna 1, 3 och 14 bedömdes uppfylla kraven för funktionsklass D1 medan övriga zoner bedömdes vara av typ D2 (se kapitel 3.2). Zon 2 dominerar hydrauliskt undersökningsområdet. Trots detta har för denna utredning funktionsklass D2 angivits zonen (Tabell 6-7). Det finns belegg för att zonen kan betraktas som en sammansättning av flera subparallella zoner vilka är konnekterade med vertikala eller undulerande strukturer. Gränserna är kraftigt deformerade men relativt bra berg i mitten reducerar den effektiva bredden varför ett mindre respektavstånd, från de tolkade gränserna av zonen, kan anses vara motiverat.

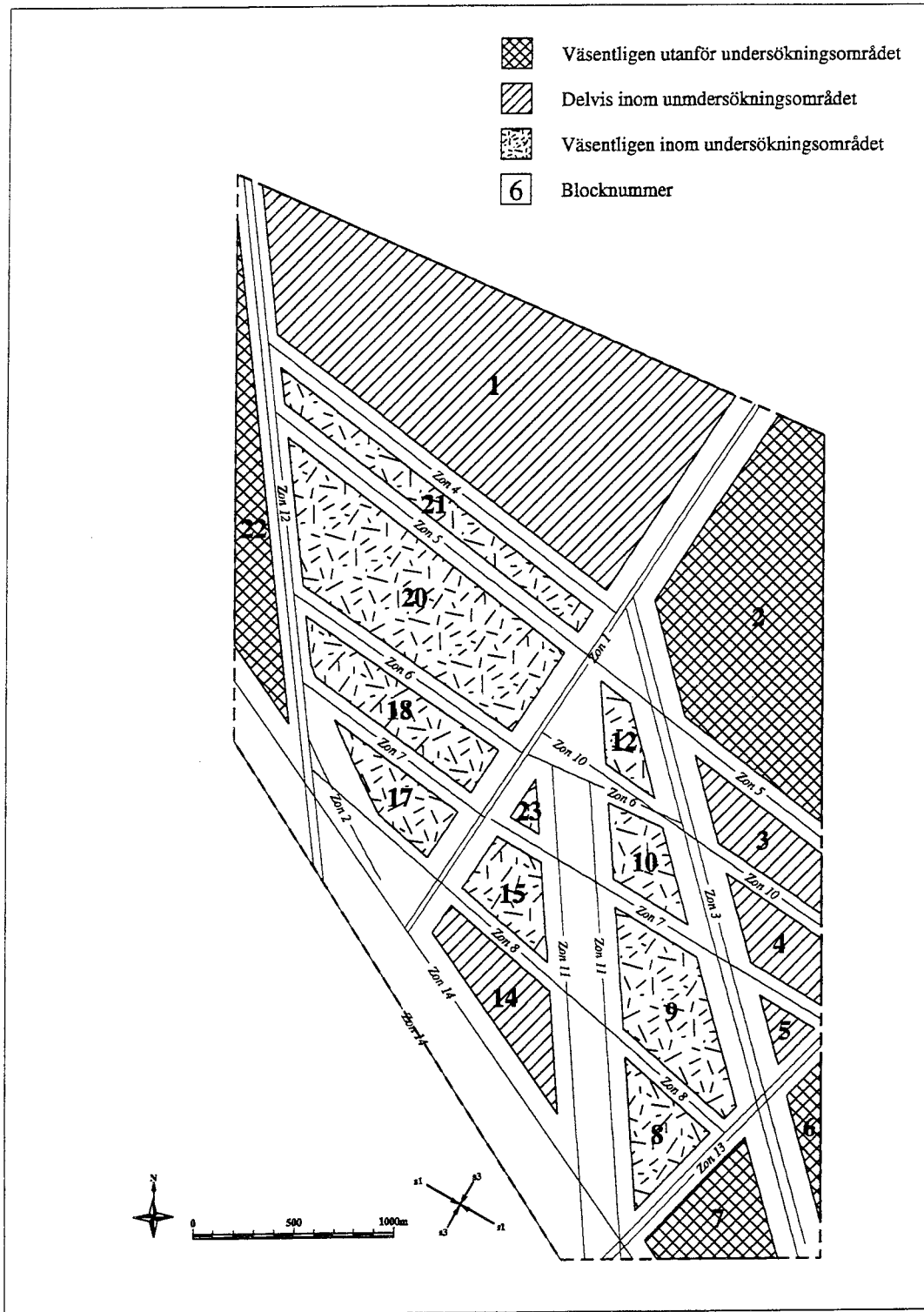
Horisontella snitt har skurits på djupen $z = -500$ m och $z = -600$ m. Blocken är på de olika djupen snarlika till såväl form (Figurerna 6-22 och 6-23) som storlek (Tabell 6-8).

Tabell 6-7. Sammanfattning av zoninformation som använts för klassificering D1-D2 (omarbetad efter Andersson et al 1991).

| Zon | Strykning | Stupning | Längd (km) | Bredd (m) | Klass | Grund för klassificering |
|-----|-----------|----------|------------|-----------|-------|--------------------------|
| 1 | 030 | 75 | 5 | 20 | D1 | Storlek |
| 2 | 152 | 16 | 1.5 | 100 | D2 | Strukturell uppbyggnad |
| 3 | 165 | 80 | 5 | 50 | D1 | Storlek |
| 4 | 130 | 65 | 1 | 10 | D2 | Storlek |
| 5 | 130 | 60 | 5 | 5 | D2 | Storlek |
| 6 | 115-135 | 60 | 2 | 5 | D2 | Storlek |
| 7 | 125 | 60 | 2 | 5 | D2 | Storlek |
| 8 | 130 | 90 | 3 | 5 | D2 | Storlek |
| 9 | 170 | 15 | 2 | 50 | D2 | Storlek |
| 10 | ≈ 135 | 85 | 2.5 | 5 | D2 | Storlek |
| 11 | 175 | 35 | 2 | 100 | D2 | Storlek |
| 12 | ≈ 180 | 90 | 6 | 25 | D2 | Storlek |
| 13 | 030 | 75 | 7 | 20 | D2 | Storlek |
| 14 | ≈ 135 | 90 | >50 | 100 | D1 | Storlek |

Tabell 6-8. Beberg. Areor avgränsade av zoner med olika respektavstånd.

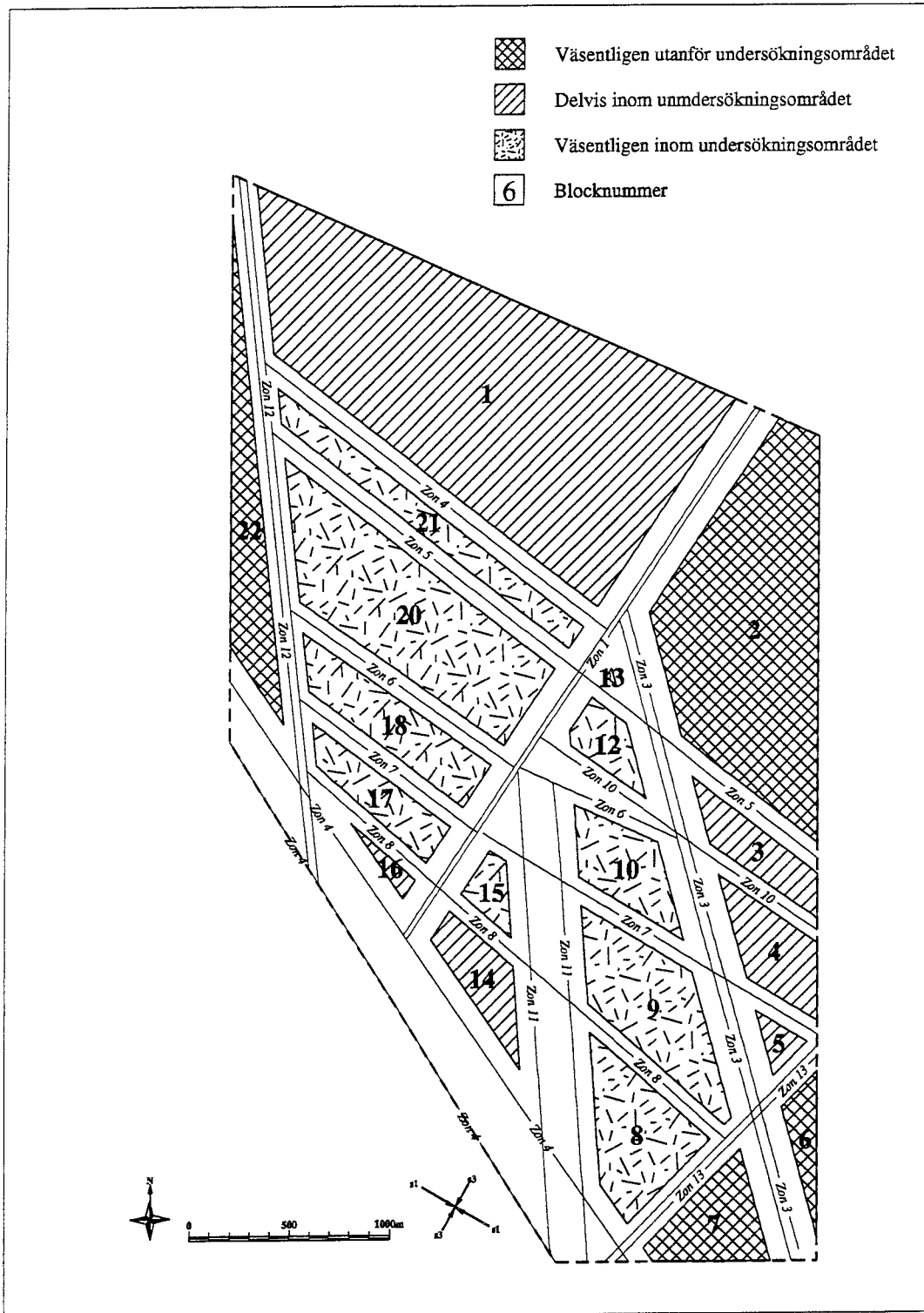
| Block ID | Area (m ²) -500 m | Area (m ²) -600 m |
|----------|-------------------------------|-------------------------------|
| 1 | 2 050 990 | 2 227 375 |
| 2 | 1 104 372 | 1 144 987 |
| 3 | 186 394 | 142 810 |
| 4 | 144 395 | 172 429 |
| 5 | 39 619 | 34 649 |
| 6 | 68 185 | 73 069 |
| 7 | 222 382 | 192 432 |
| 8 | 155 474 | 285 440 |
| 9 | 323 864 | 358 172 |
| 10 | 127 404 | 180 370 |
| 12 | 76 119 | 87 873 |
| 13 | - | 1 549 |
| 14 | 226 980 | 141 485 |
| 15 | 139 297 | 58 270 |
| 16 | - | 23 943 |
| 17 | 139 695 | 146 567 |
| 18 | 253 272 | 249 621 |
| 20 | 767 246 | 731 720 |
| 21 | 247 592 | 243 088 |
| 22 | 289 004 | 289 005 |
| 23 | 19 109 | - |



o:\15berg\150006-1\rit\finnsjon\finnsjo2\area.dgn

05 FEB 97

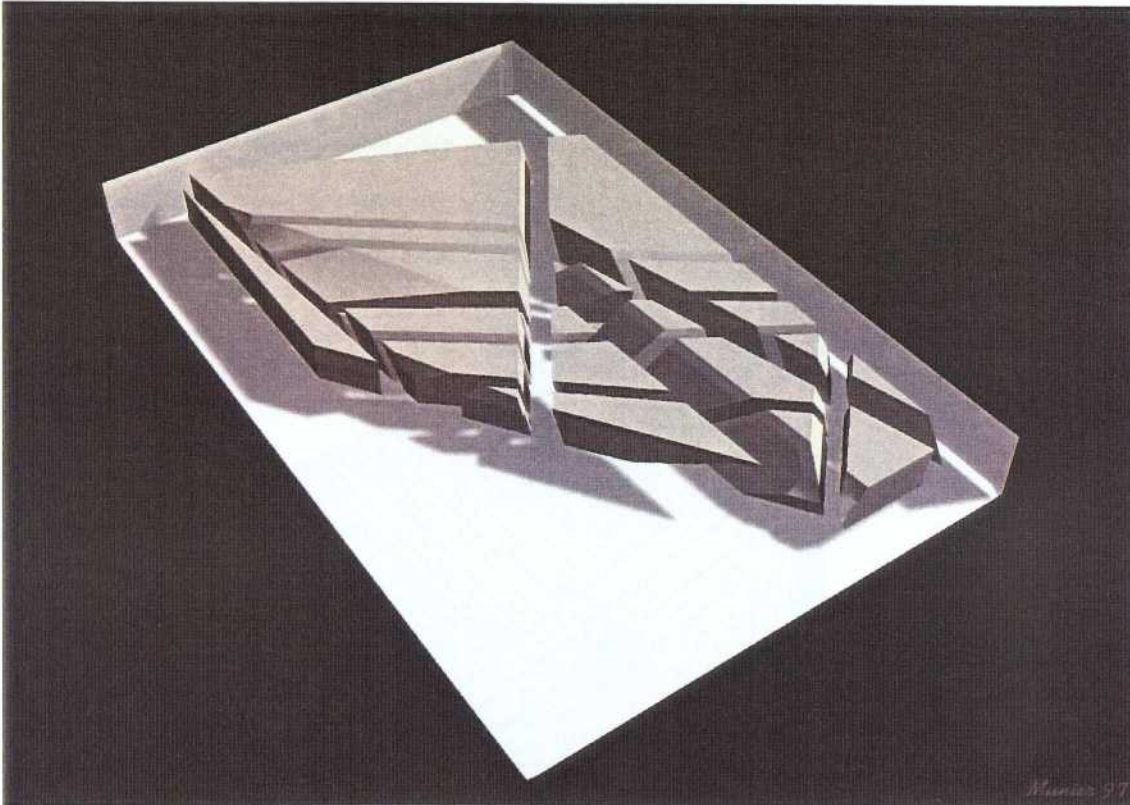
Figur 6-22. Beberg: Block definierade av zoners geometri och respektavstånd. Figuren representerar ett snitt på $z = -500$ m.



o:\15berg\150006-1\rit\finnsjon\finnsjo2\area.dgn

05 FEB 97

Figur 6-23. Beberg: Block definierade av zoners geometri och respektavstånd. Figuren representerar ett snitt på $z = -600$ m.



Figur 6-24. Vy mot NO över block avgränsade av sprickzoner med olika respektavstånd (se Tabell 6-8). Blockens övre och undre gränser är belägna på $z = -400$ resp -700 m.

6.2.3 BEBERG-LAYOUTER

I Beberg ryms samtliga deponeringstunnlar i ett plan. Fyra layouter har konstruerats vilka redovisas på figurerna 6-25 till 6-28. Två av layouterna är belägna på djupet -500 m och de andra två på djupet -600 m.

För varje djup har två alternativ tagits fram i vilka deponeringstunnlarna stryker vinkelrätt mot respektive parallellt med σ_1 . Av de framtagna layouterna har alternativet med tunnlar vinkelrätt σ_1 på djupet $z = -600$ m förslagits för ett tentativt förvar. Djupet valdes främst för att undvika Zon 2 vars undre gräns i delar är behäftad med tolkningsosäkerheter.

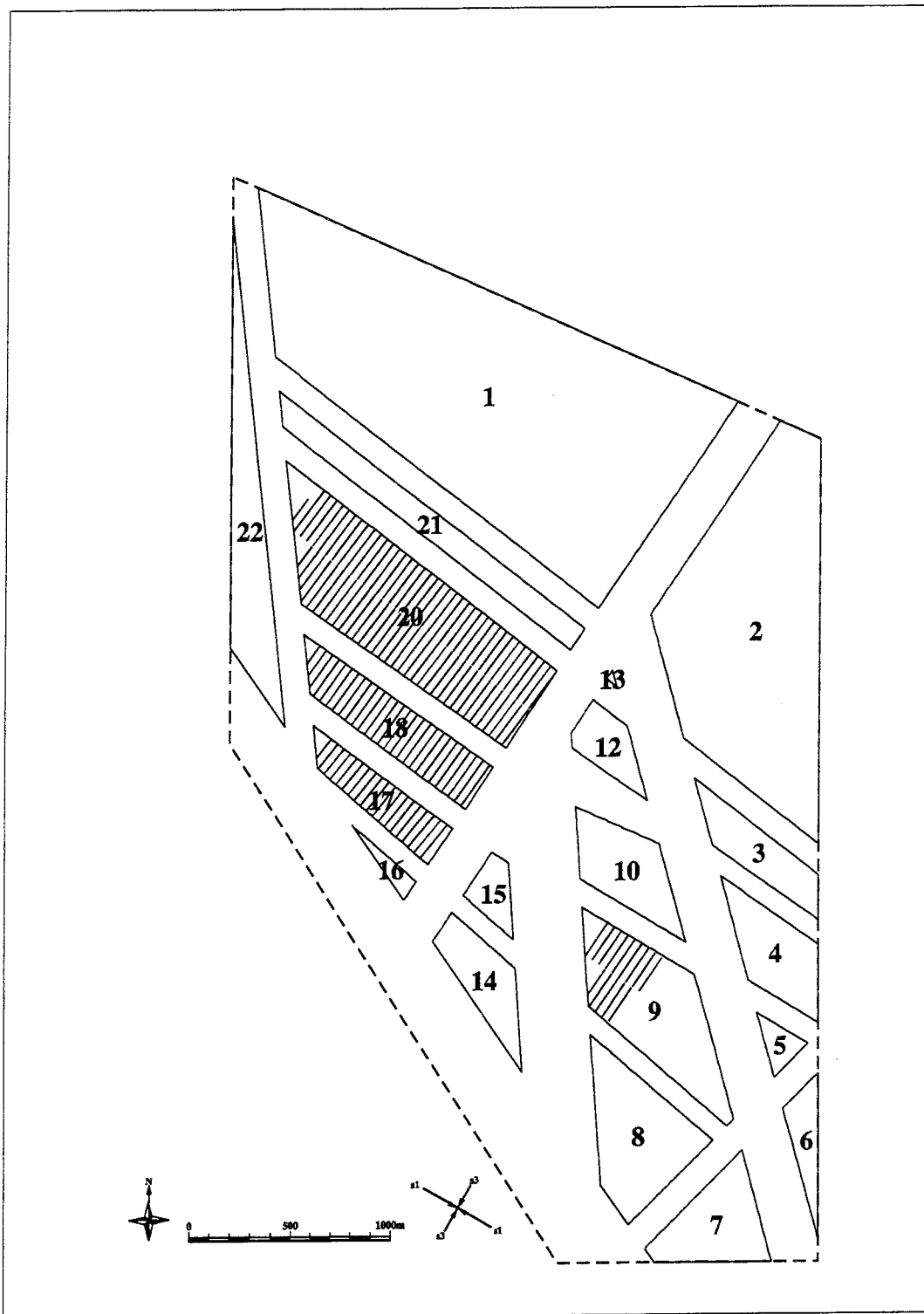
Block 2 bedömdes vara hydrauliskt avskilt från de övriga blocken av zonerna 1 och 3 och därmed lämpligt för positionering av SFL3-5 vilken placerades på djupet $z = -360$ m i anslutning till nedfartsrampen.

Deponeringsområde 1 placerades i block 9 (Figur 6-29).

Deponeringsområde 2 delades upp i tre delar vilka placerades i blocken 17, 18 och 20. Dessa block valdes dels på grund av sin fördelaktiga form, dels på grund av att informationstätheten är högre än i angränsande block.

Centralområdet placerades i block 10 så att zonerna 1 och 3 i största möjliga utsträckning skärs av transporttunnlarna med trubbig vinkel. Skärningen mellan transporttunneln och zon 11 är emellertid spetsig.

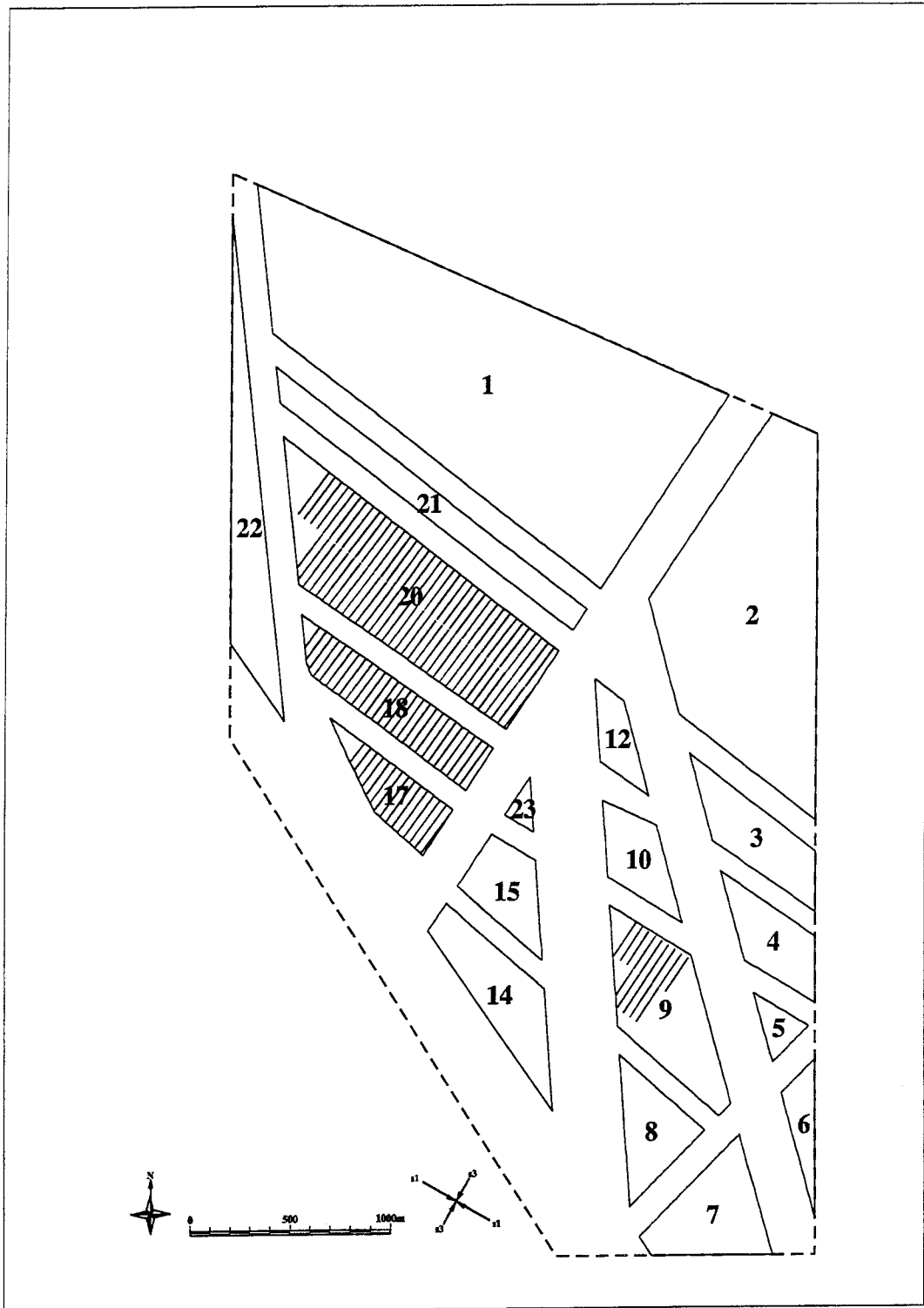
Antalet kapslar beräknades för varje deponeringstunnel vilket redovisas tillsammans med annan tunneldata i tabellerna 6-9 till 6-12.



o:\15berg\150006-1\rit\finnsjon\finnsjo2f_layv.dgn

05 FEB 97

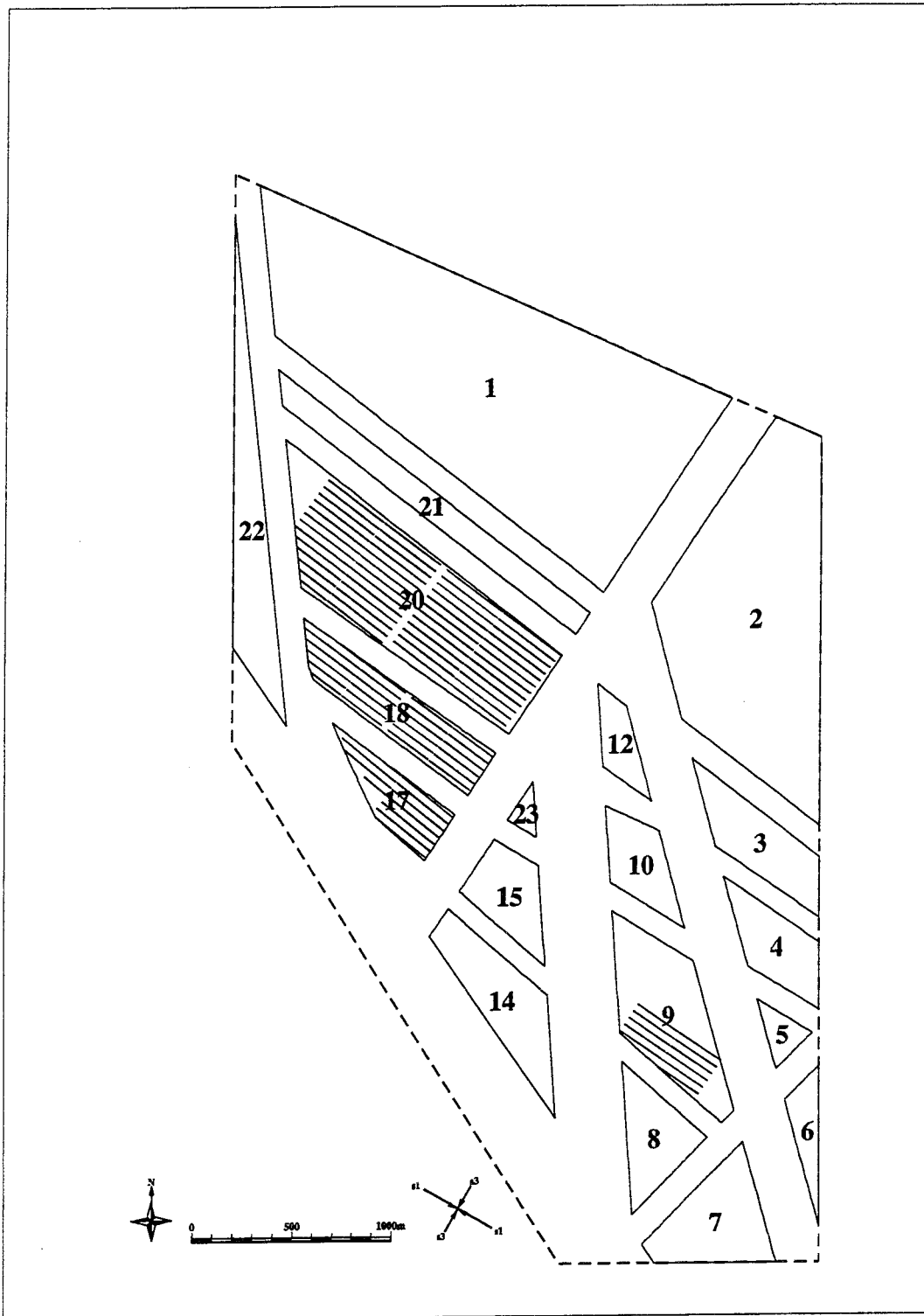
Figur 6-25. Beberg: Layout med deponeringstunnlar orienterade vinkelrätt σ_1 ; $z = -600$ m. Denna layout utgör huvudalternativ (se även Figur 6-29)



o:\15berg\150006-1\rit\finnsjon\finnsjo2f_layv.dgn

05 FEB 97

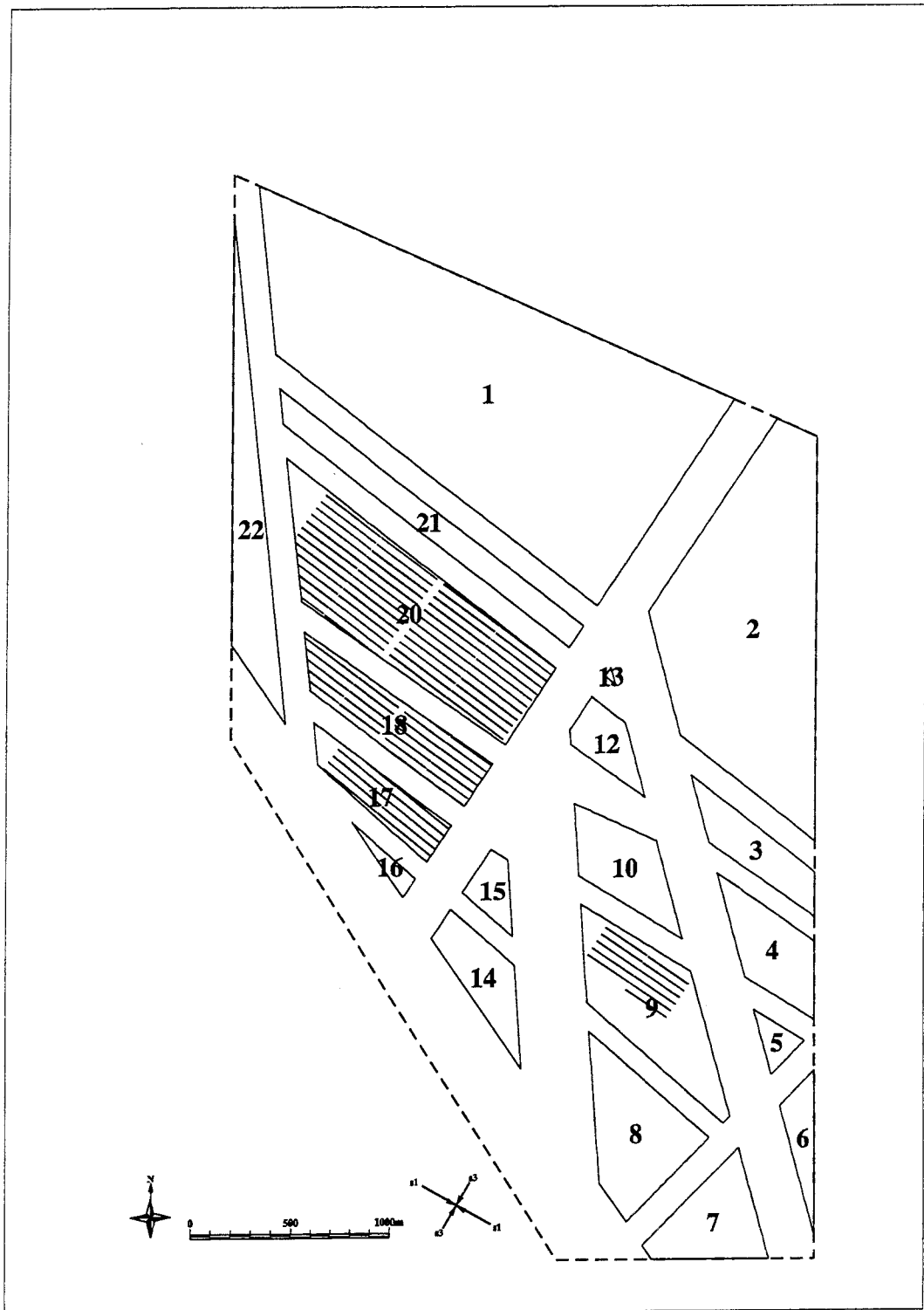
Figur 6-26. Beberg: Layout med deponeringstunnlar orienterade vinkelrätt σ_1 ; $z = -500$ m.



o:\15berg\150006-1\rit\finnsjon\finnsjo2f_layp.dgn

05 FEB 97

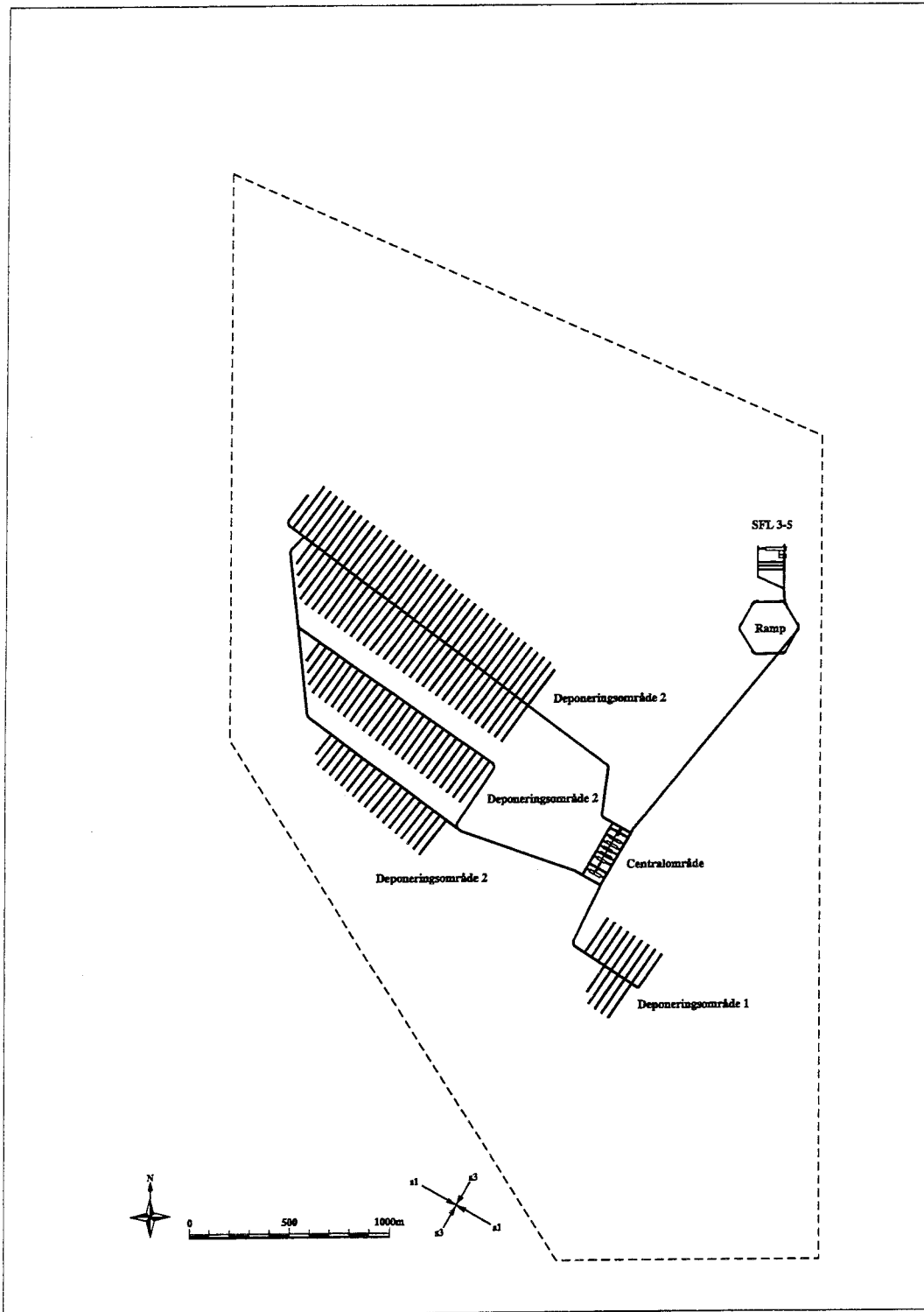
Figur 6-27. Beberg: Layout med deponeringstunnlar orienterade parallellt σ_1 ; $z = -500$ m.



o:\15berg\150006-1\rit\finnsjon\finnsjo2f_layp.dgn

05 FEB 97

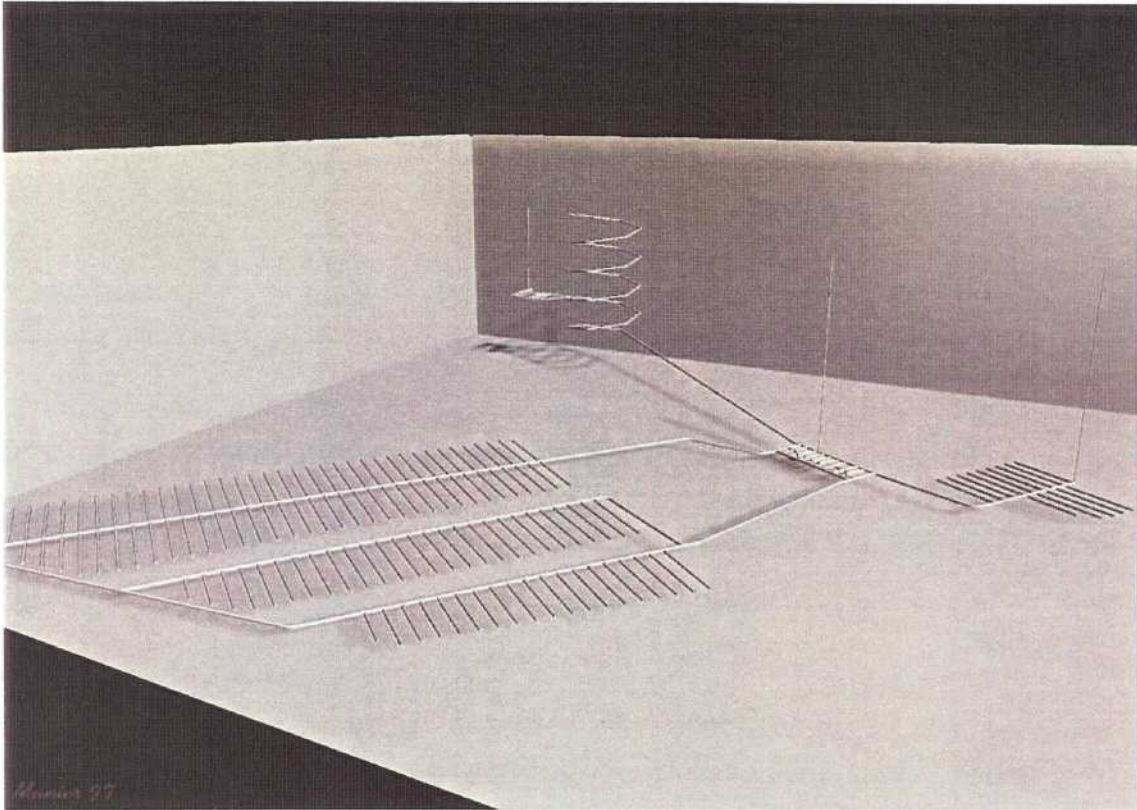
Figur 6-28. Beberg: Layout med deponeringstunnlar orienterade parallellt σ_1 ; $z = -600$ m.



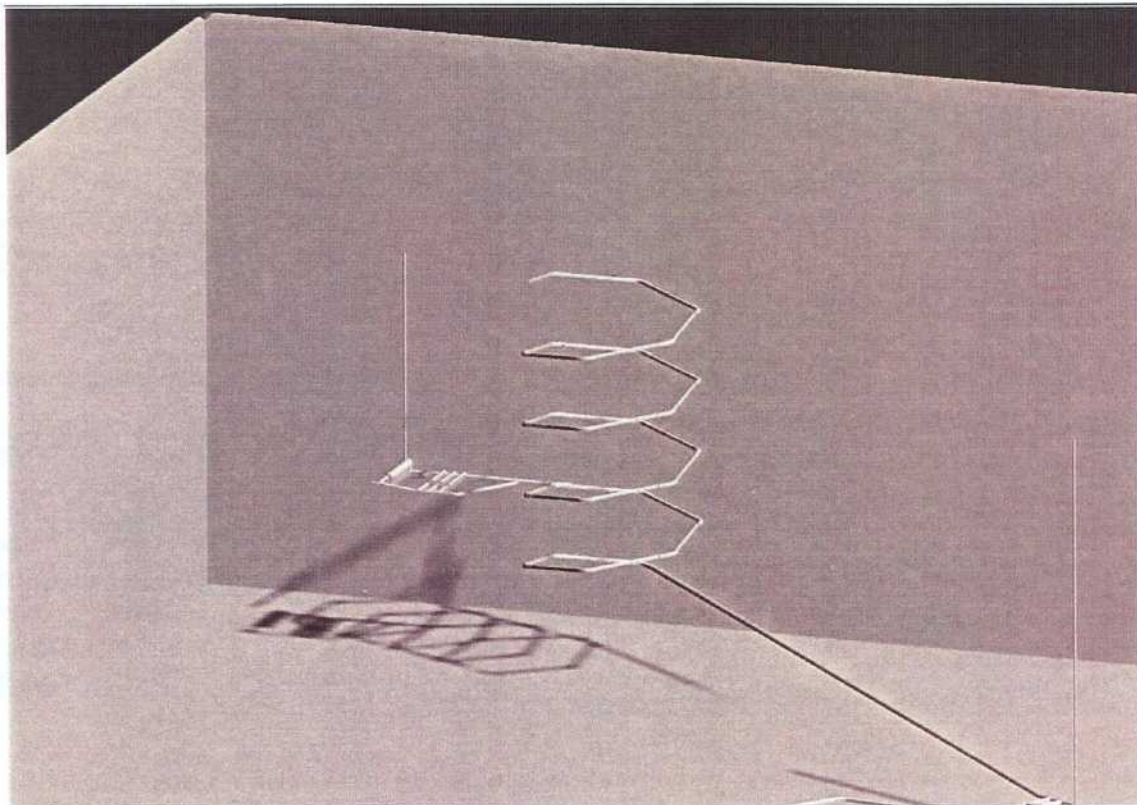
o:\15berg\150006-1\rit\finnsjon\finnsjo2\vf_3d_m.dgn

19 FEB 97

Figur 6-29. Beberg: Huvudalternativet med transporttunnlar, ramp, centralområde samt SFL3-5. (se även Figur 6-25).



Figur 6-30. Figuren föreställer en vy över ett tentativt förvar i Beberg. Deponeringstunnlarna är belägna på $z = -600$ m, SFL3-5 på $z = -360$ m.



Figur 6-31. Figuren visar en detalj av SFL3-5 i relation till rampen. SFL 3-5 är beläget på djup -360 m, deponeringstunnlarna på -600 m (jämför figur 6-4).

Tabell 6-9. Sammanfattande statistik för deponeringstunnlar orienterade vinkelrätt σ_1 . Deponeringsdjupet är -500 m.

| Deponeringsområde | Deponering 1 | Deponering 2 | Deponering 2 | Deponering 2 | Samtliga |
|-------------------|--------------|--------------|--------------|--------------|----------|
| Block ID | 9 | 17 | 18 | 20 | |
| Nivå | -500 | -500 | -500 | -500 | |
| Antal tunnlar | 14 | 15 | 27 | 71 | 127 |
| Max längd | 200 | 267 | 245 | 266 | 267 |
| Min längd | 151 | 113 | 120 | 211 | 113 |
| Summalängd | 2 746 | 3 272 | 6 028 | 17 481 | 29 527 |
| Antal kapslar | 411 | 498 | 918 | 2 687 | 4 514 |

Tabell 6-10. Sammanfattande statistik för deponeringstunnlar orienterade vinkelrätt σ_1 . Deponeringsdjupet är -600 m.

| Deponeringsområde | Deponering 1 | Deponering 2 | Deponering 2 | Deponering 2 | Samtliga |
|-------------------|--------------|--------------|--------------|--------------|----------|
| Block ID | 9 | 17 | 18 | 20 | |
| Nivå | -600 | -600 | -600 | -600 | |
| Antal tunnlar | 14 | 19 | 27 | 74 | 134 |
| Max längd | 200 | 212 | 246 | 258 | 258 |
| Min längd | 140 | 119 | 107 | 123 | 107 |
| Summalängd | 2 720 | 3 432 | 6 033 | 17 457 | 29 642 |
| Antal kapslar | 407 | 512 | 919 | 2 676 | 4 514 |

Tabell 6-11. Sammanfattande statistik för deponeringstunnlar orienterade parallellt med σ_1 . Deponeringsdjupet är -500 m.

| Deponeringsområde | Deponering 1 | Deponering 2 | Deponering 2 | Deponering 2 | Samtliga |
|-------------------|--------------|--------------|--------------|--------------|----------|
| Block ID | 9 | 17 | 18 | 20 | |
| Nivå | -500 | -500 | -500 | -500 | |
| Antal tunnlar | 11 | 11 | 24 | 50 | 96 |
| Max längd | 250 | 350 | 346 | 353 | 353 |
| Min längd | 250 | 112 | 154 | 165 | 112 |
| Summalängd | 2 750 | 3 253 | 6 006 | 16 950 | 28 958 |
| Antal kapslar | 429 | 509 | 915 | 2 660 | 4 513 |

Tabell 6-12. Sammanfattande statistik för deponeringstunnlar orienterade parallellt med σ_1 . Deponeringsdjupet är -600 m.

| Deponeringsområde | Deponering 1 | Deponering 2 | Deponering 2 | Deponering 2 | Samtliga |
|-------------------|--------------|--------------|--------------|--------------|----------|
| Block ID | 9 | 17 | 18 | 20 | |
| Nivå | -600 | -600 | -600 | -600 | |
| Antal tunnlar | 11 | 10 | 25 | 50 | 96 |
| Max längd | 250 | 347 | 335 | 350 | 350 |
| Min längd | 250 | 190 | 104 | 143 | 104 |
| Summalängd | 2 750 | 3 272 | 6 038 | 16 820 | 28 880 |
| Antal kapslar | 429 | 515 | 918 | 2 638 | 4 500 |

6.3 CEBERG

6.3.1 CEBERG ALLMÄNT

Den dominerande bergarten i Ceberg är ådergnejs (paragnejs) vilken lokalt är migmatiserad. Veckning av gnejsen med en flack, mot NO strykande veckaxel har påvisats (Hermanson et al 1996). Foliationen varierar i stupning, som en följd av detta, från att vara flack i NO till brant i SV. Skivor av ortognejs har bedömts kunna vara inlagrade i ådergnejsen konformt med foliationen.

Branta diabasgångar med strykningar i OV förekommer allmänt inom undersökningsområdet. Flacka diabaser har inte kunnat påvisats i Ceberg men sådana förekommer SO om undersökningsområdet.

Tolkning av borrhål, geofysik och fältundersökningar har resulterat i en geologisk modell bestående av 12 zoner (Tabell 6-13) vilkas position, storlek och riktning har fastställts med varierande grad av säkerhet.

Det har inte varit möjligt att påvisa någon statistiskt signifikant korrelation mellan bergartstyp och hydraulisk konduktivitet i Ceberg. Vidare utgör, enligt Hermanson et al (1996), bergartskontaktarna ej hydrauliskt aktiva strukturer. Det finns emellertid indikationer på att ortognejs kan vara hydrauliskt aktiv. Denna bergart har tolkats uppträda som linser i paragnejsen och veckad konformt med densamma. Ortognejsen är dock ej i den geologiska modellen fastställd i position; endast en generisk modell för ortognejsens utbredning och geometri är föreslagen. Som en följd av ovanstående har i föreliggande utredning hänsyn ej tagits till variationer i litologi inom respektive bergblock; layouterna har ej anpassats till bergartstyp.

6.3.2 CEBERG - DEFINITION AV BLOCK

Respektavstånden fastställdes på basis av zonernas storlek enligt tabell 6-13. Zonerna 1, 2 och 5 bedömdes uppfylla kraven för funktionsklass D1 medan övriga zoner bedömdes vara av typ D2 (se kapitel 3.2). Diabaser bedöms utgöra strukturer av typ D3. Sådana strukturer kan diskriminera ett antal kapselpositioner men påverkar ej layouternas utformning.

Blocken är i modellen för Ceberg ej helt avgränsade av zoner; vissa zoner slutar blint i blocken. Det bedömdes olämpligt att positionera ett tentativt förvar i extrapoleringen av sådana zoner med hänsyn till en eventuell framtida propagering. Zonerna extrapolerades därför till skärningen med närmaste zon så att avgränsade block kunde definieras (se figurerna 6-32 till 6-34 för detaljer).

Zon 8 är ej undersökt med borrhningar; dess stupning och egenskaper påverkar i hög grad block 2 som valdes som huvudblock för samtliga layout

alternativ. De kapselpositioner som eventuellt förloras i block 2 kan istället i motsvarande utsträckning erhållas från block 1.

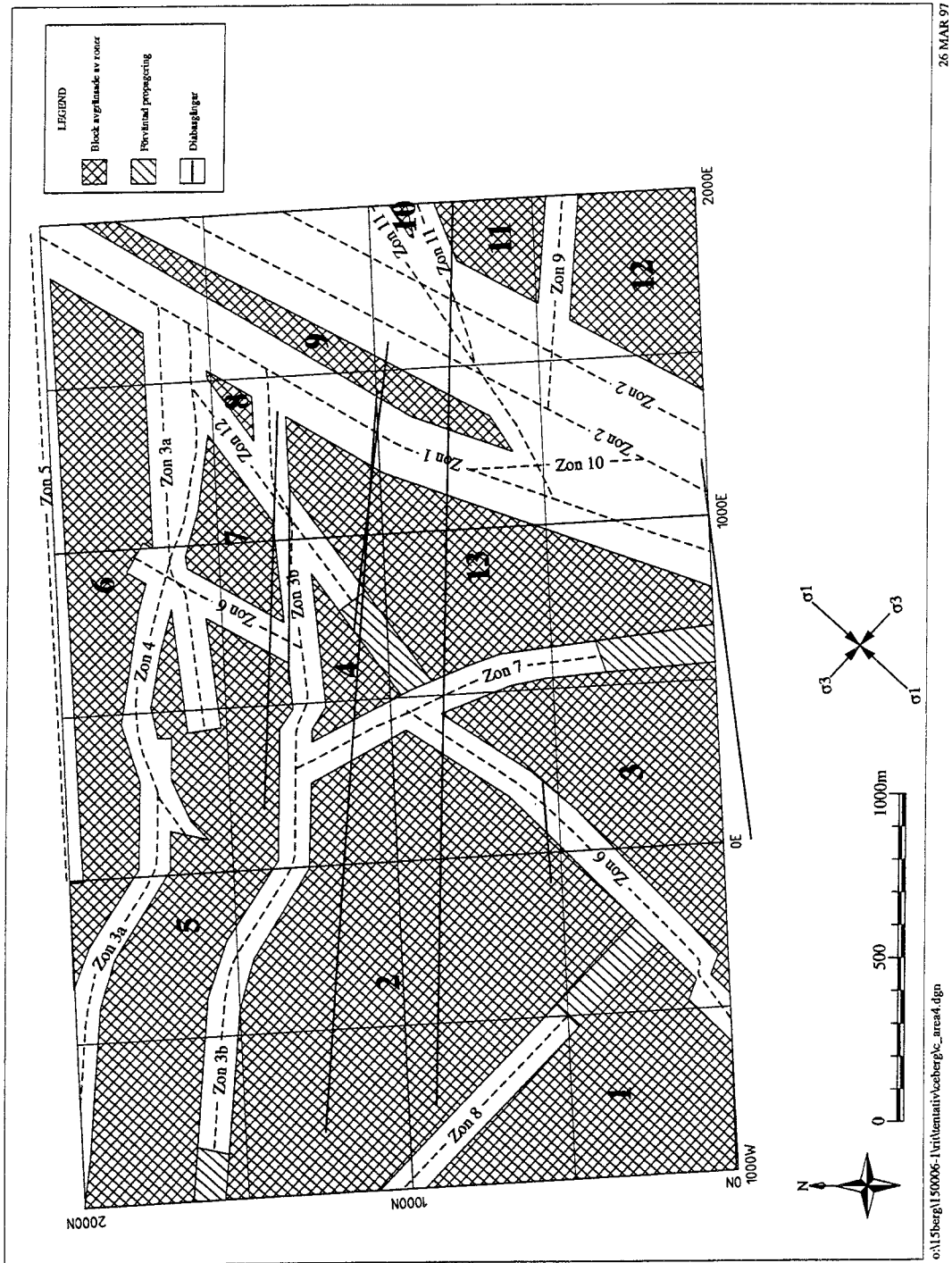
Horisontella snitt har skurits på djupen $z = -400$ m, $z = -500$ m och $z = -600$ m. Blocken är på de olika djupen snarlika till såväl form som storlek (Tabell 6-21).

Tabell 6-13. Ceberg: Sammanfattning av zoninformation som använts för klassificering D1-D2 (omarbetad efter Hermanson et al 1996). Längduppgifter saknas för den studerade skalan

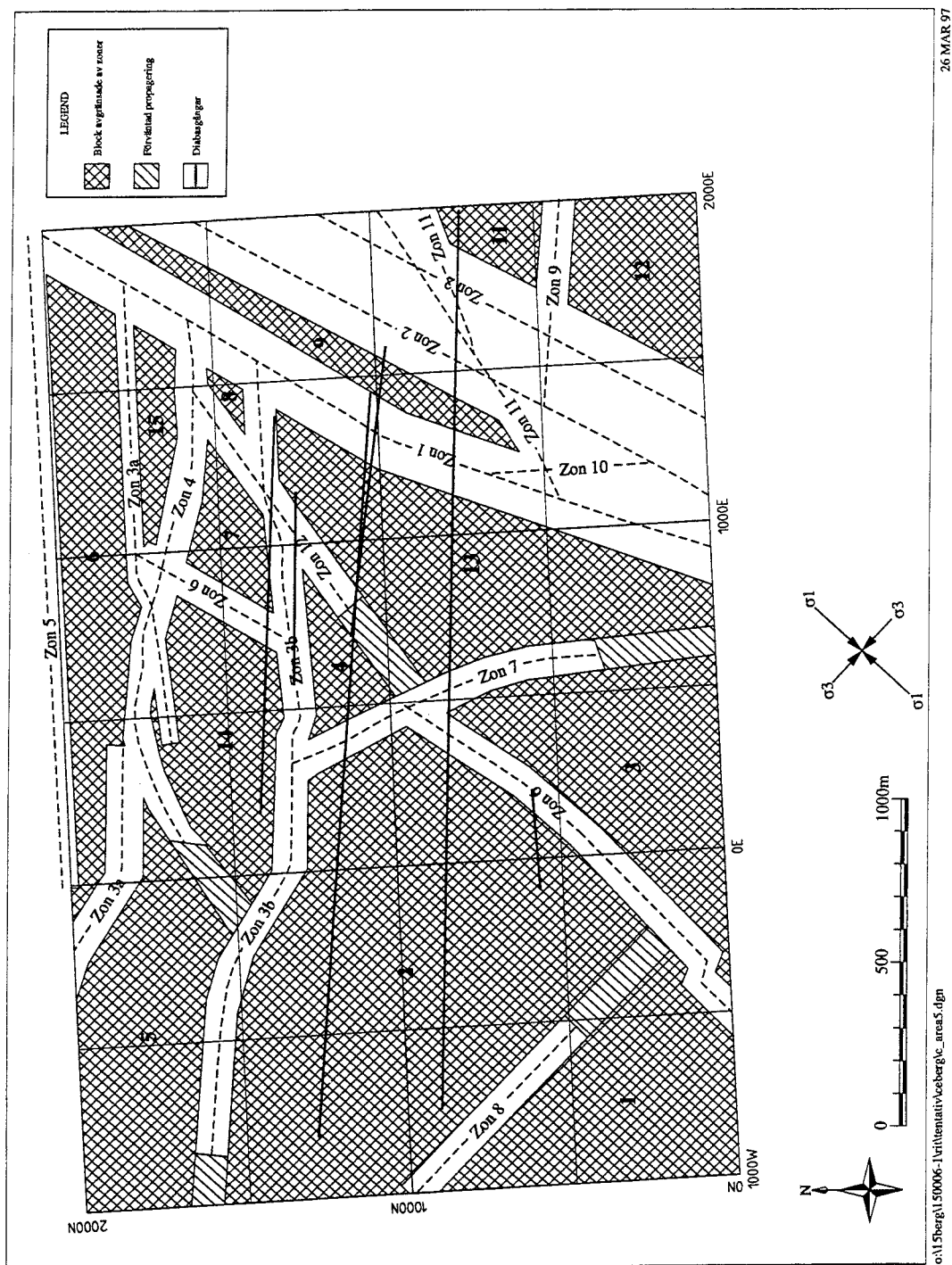
| Zon | Strykning | Stupning | Bredd (m) | Klass | Grund för klassificering |
|-----|-----------|----------|-----------|-------|--------------------------|
| 1 | NNO | brant O | 41 | D1 | Storlek + vattenföring |
| 2a | NNO | 80 O | 7 | D1 | Storlek + vattenföring |
| 2b | NNO | 60 O | 35 | D1 | Storlek + vattenföring |
| 3a | O-V | 30 N | 30 | D2 | Storlek |
| 3b | O-V | brant N | 12 | D2 | Storlek |
| 4 | O-V | brant N | 9 | D2 | Storlek |
| 5 | O-V | brant N | 50 | D1 | Storlek |
| 6 | NNO | 70 SO | 10 | D2 | Storlek |
| 7 | NNV | 75 O | 8 | D2 | Storlek |
| 8 | NV | brant SV | 10 | D2 | Storlek |
| 9 | O-V | N | 5 | D2 | Storlek |
| 10 | N-S | vertikal | 5 | D2 | Storlek |
| 11a | ONO | 75 SO | 25 | D2 | Storlek |
| 11b | ONO | 75 SO | 13 | D2 | Storlek |
| 12 | ONO | 75 SO | 10 | D2 | Storlek |

Tabell 6-14. Ceberg: Areor avgränsade av zoner med olika respektavstånd.

| Block ID | Area (m ²) -400 m | Area (m ²) -500 m | Area (m ²) -600 m |
|----------|-------------------------------|-------------------------------|-------------------------------|
| 1 | 378266 | 353334 | 330168 |
| 2 | 1058805 | 1142243 | 1218756 |
| 3 | 384293 | 379456 | 367719 |
| 4 | 59201 | 63365 | 78477 |
| 5 | 545668 | 370252 | 624493 |
| 6 | 414328 | 313066 | - |
| 7 | 90204 | 73747 | 44431 |
| 8 | 10405 | 9858 | - |
| 9 | 119497 | 116059 | 112283 |
| 10 | 3107 | - | - |
| 11 | 72710 | 53344 | 33951 |
| 12 | 190539 | 171592 | 150354 |
| 13 | 451718 | 471547 | 492945 |
| 14 | - | 237189 | 248730 |
| 15 | - | 61404 | 144057 |
| 16 | - | - | 10054 |
| 17 | - | - | 2570 |

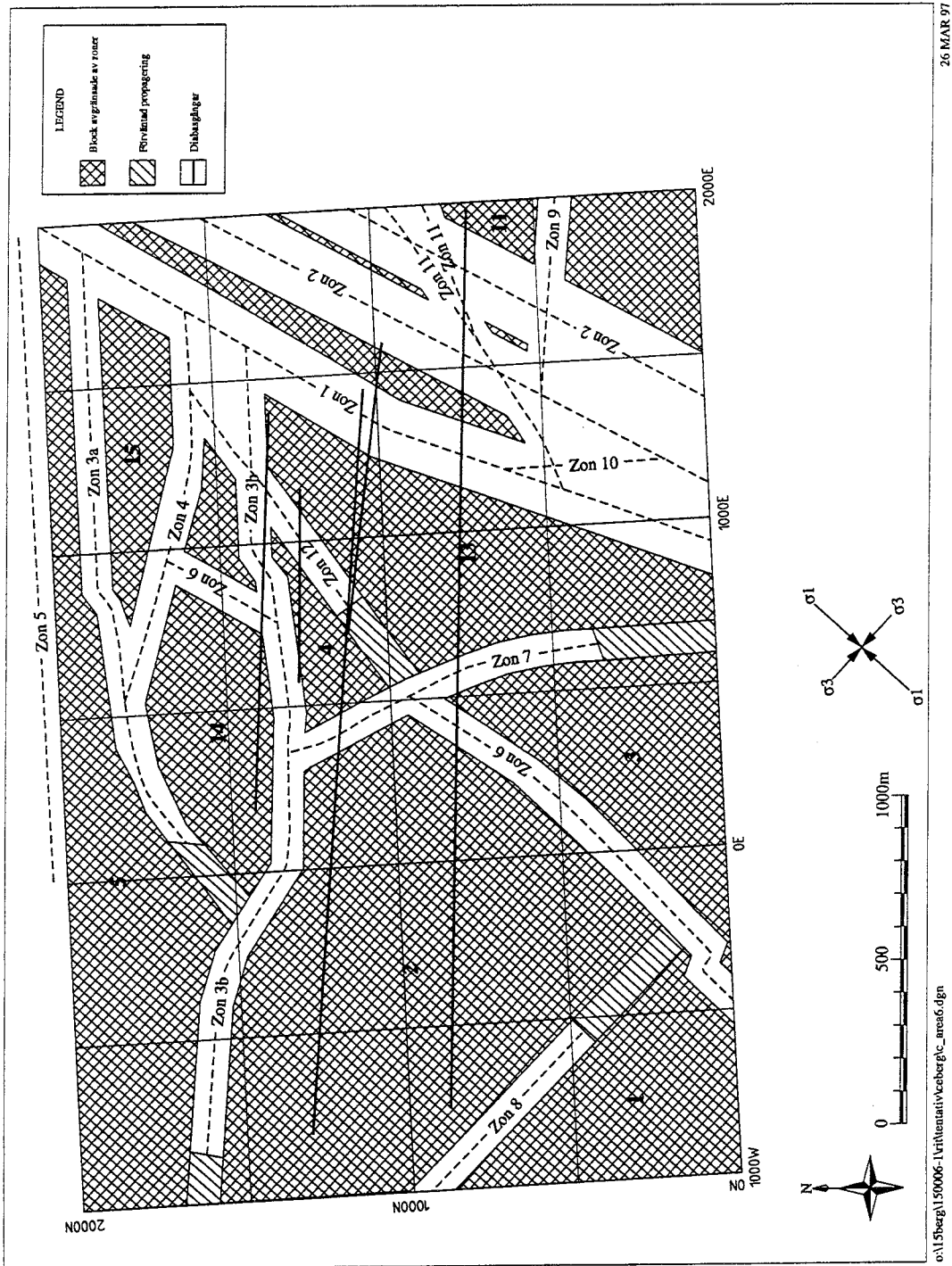


Figur 6-32. Ceberg: Block definierade av zoners geometri och respektavstånd. Figuren representerar ett snitt på $z = -400$ m.

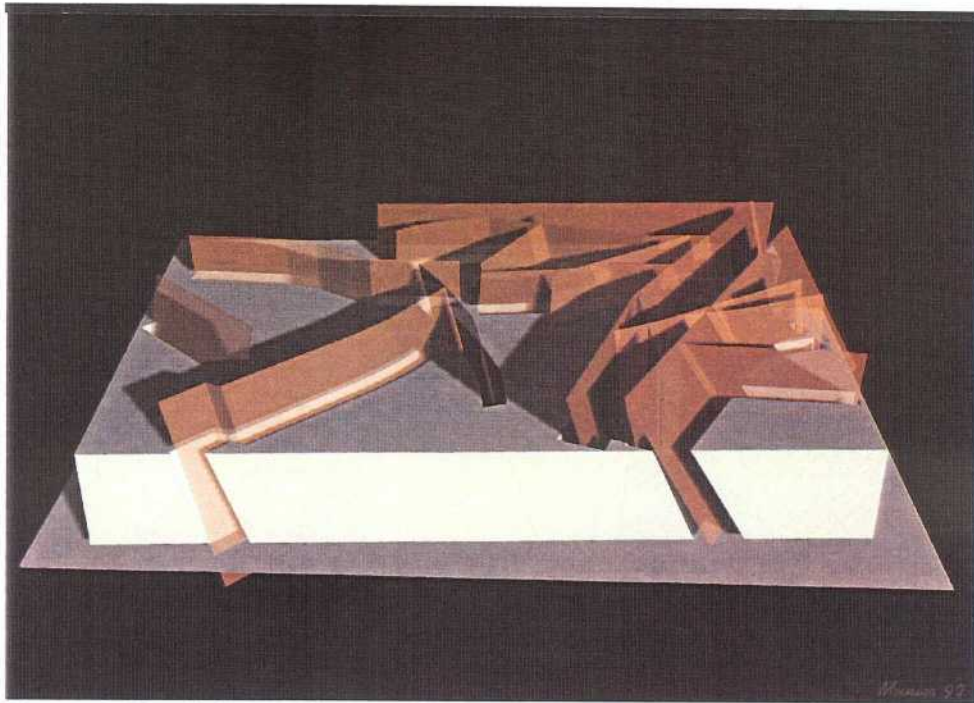


26 MAR 97

Figur 6-33. Block definierade av zoners geometri och respektavstånd. Figuren representerar ett snitt på $z = -500$ m.



Figur 6-34. Block definierade av zoners geometri och respektavstånd. Figuren representerar ett snitt på $z = -600$ m.



Figur 6-35. Ceberg: Vy mot N över block avgränsade av sprickzoner med olika respektavstånd. Blockens övre och undre gränser är belägna på $z = -300$ resp -700 m.

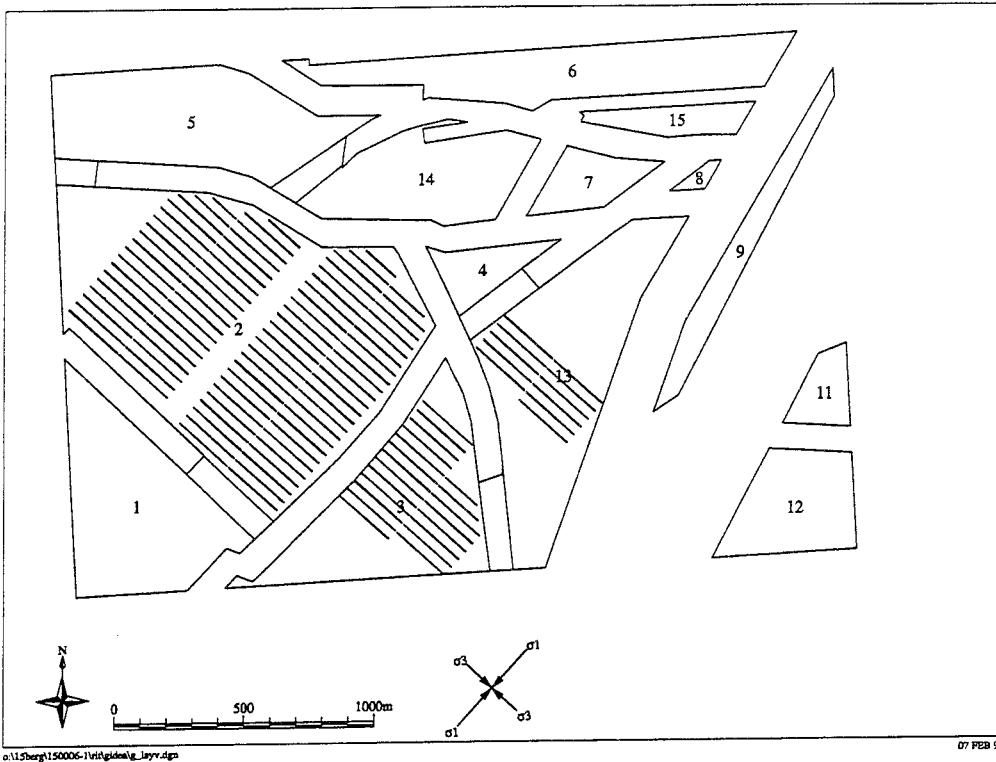
6.3.3 CEBERG-LAYOUTER

För Ceberg har fyra olika layouter föreslagits vilka redovisas på figurerna 6-37 till 6-40.

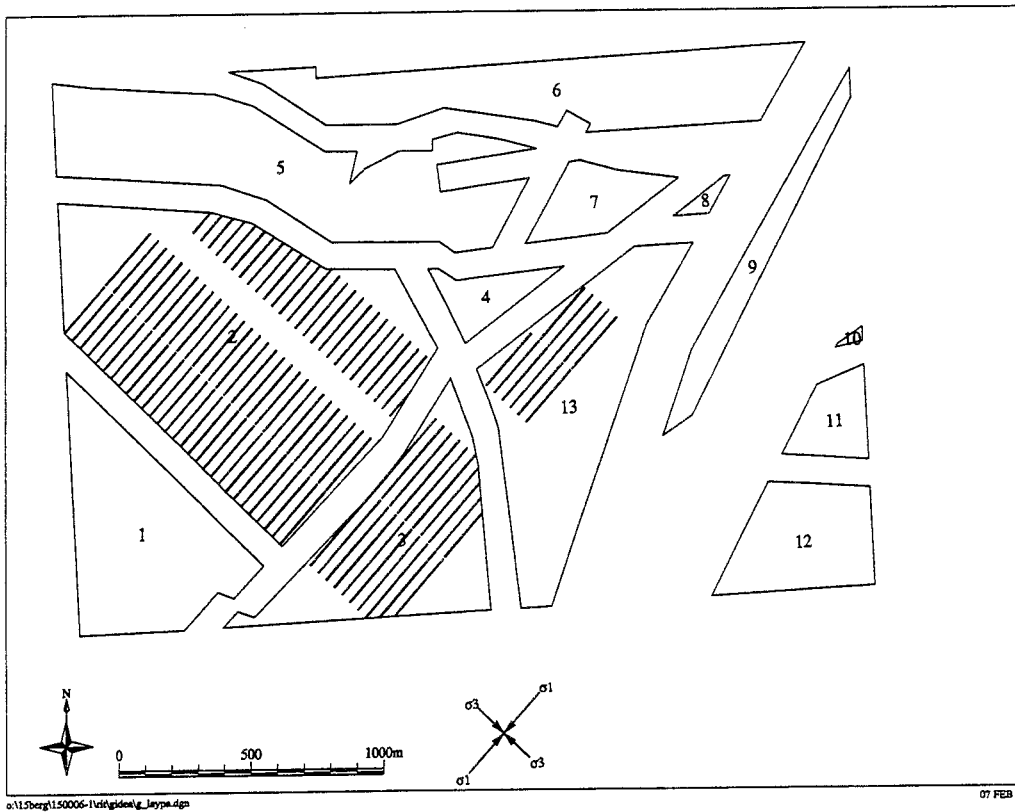
Två layouter, Layout A (Figur 6-37) resp. Layout B (Figur 6-38), är utformade med deponeringstunnlar orienterade parallellt med σ_1 , båda på djupet $z = -400$ m. Skillnaden mellan Layout A och Layout B är att deponeringstunnlarna i Layout B i block 2 givits en längd av max 350 m medan dessas motsvarigheter i Layout A endast är max 250 m långa. Som en följd därav krävs i Layout B en extra transporttunnel.

Två layouter, Layout C och Layout D, är positionerade på $z = -400$ m respektive $z = -500$ m, både utformade med deponeringstunnlarna orienterade vinkelrätt σ_1 .

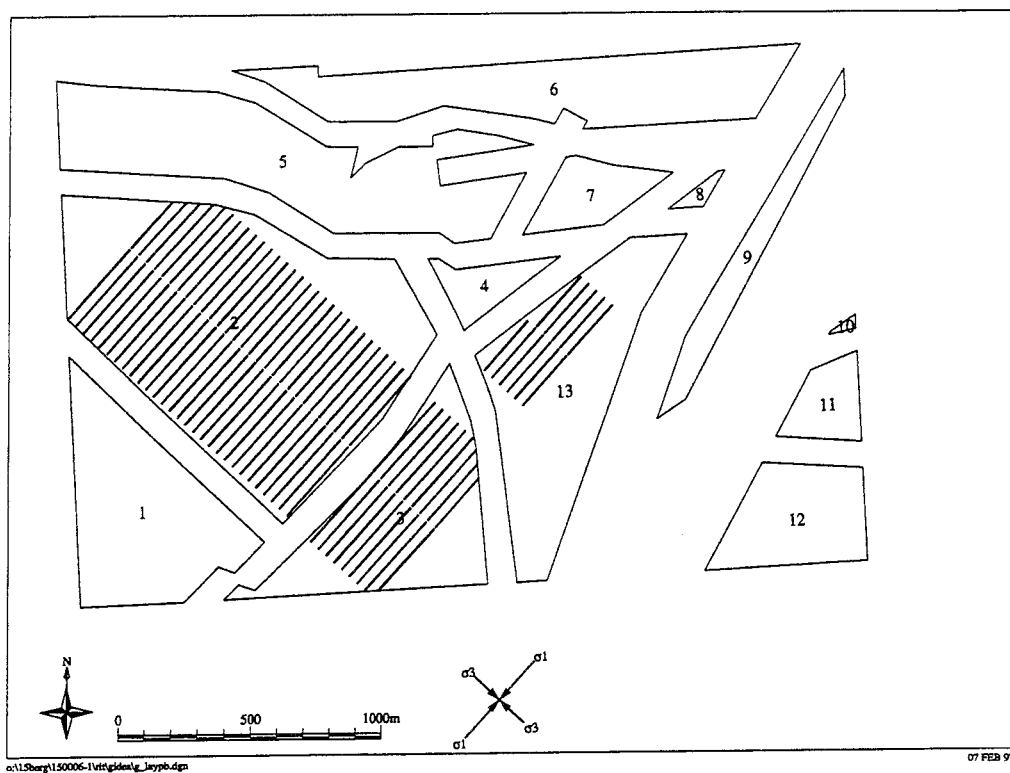
Av de förslagna layouterna bedömdes layout D på djupet $z = -500$ m vara lämpligast för ett tentativt förvar. SFL3-5 positionerades i block 12, SO om zonerna 1 och 2, på djupet $z = -375$ m för att en eventuellt uppkommen grundvattenkemisk påverkan från cementen i SFL 3-5 ej skall påverka deponeringsområdet. Centralområdet placerades i block 4 och nedfartsrampen i block 11. Block 12 bedömdes vara hydrauliskt isolerat från övriga block av zonerna 1 och 2. Endast preliminära resultat av de hydrogeologiska analyserna var emellertid tillgängliga vid layoutarbetet (Walker 1997).



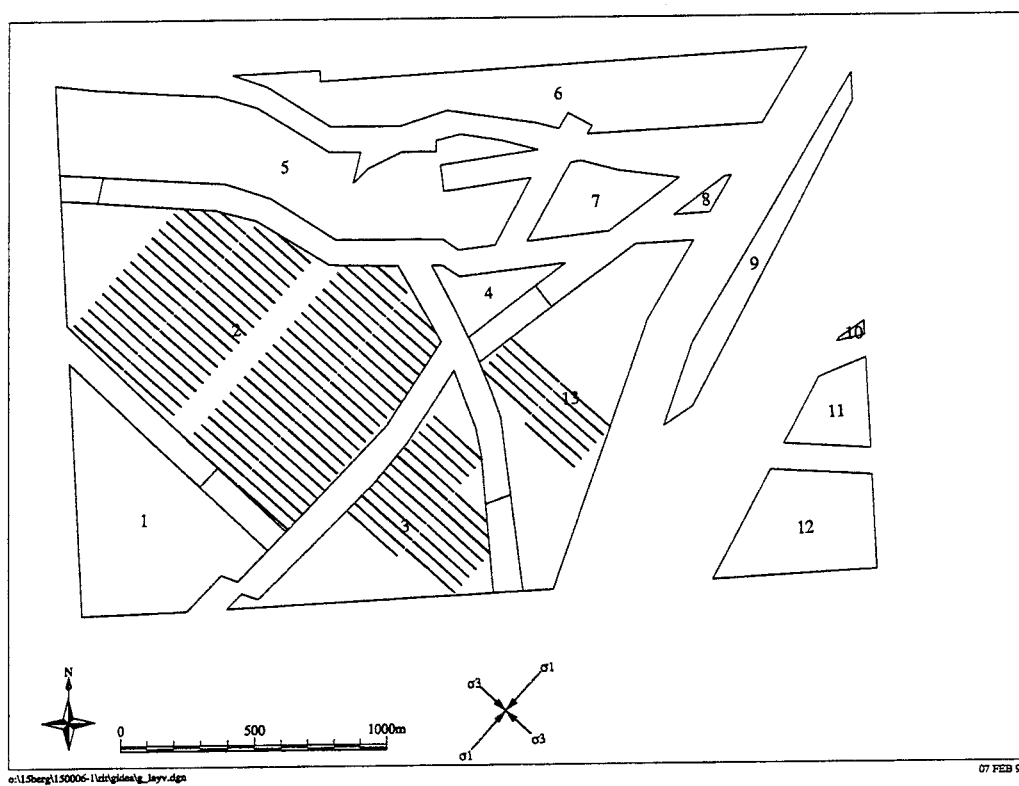
Figur 6-36. Ceberg. Layout med deponeringstunnlar orienterade vinkelrätt mot σ_1 . $z = -500$ m. Denna layout utgör huvudalternativ.



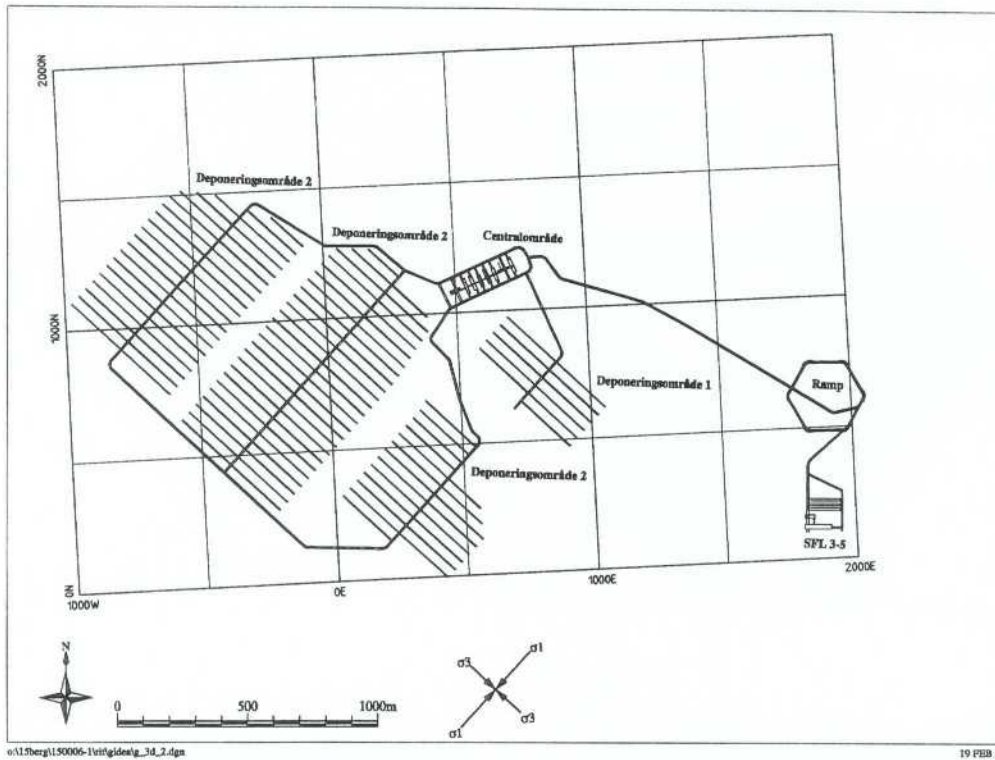
Figur 6-37. Ceberg layout. Deponeringstunnlar är orienterade parallellt med σ_1 . $z = -400$ m.



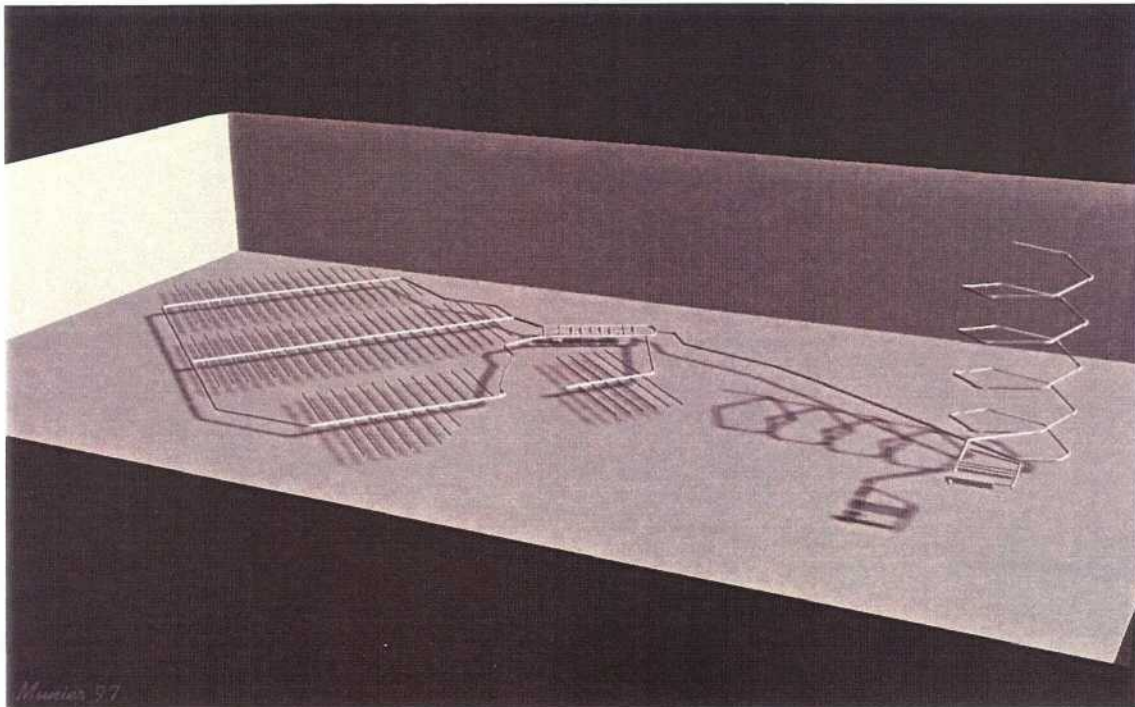
Figur 6-38. Ceberg layout B. Deponeringstunnlar är orienterade parallellt med σ_1 .
 $z = -400$ m.



Figur 6-39. Ceberg. Layout C med deponeringstunnlar orienterade vinkelrätt mot σ_1 .
 $z = -400$ m.



Figur 6-40. Ceberg. Layout D med ramp, centralområde och transporttunnlar. SFL3-5 är positionerad på djupet $z = -375$ m.



Figur 6-41. Ceberg. Vy mot NV illustrerar schematiskt förvarets geometri.

7 DISKUSSION

För samtliga studerade områden Aberg, Beberg och Ceberg har endast den information som funnits tillgänglig använts. Denna information har inte enbart insamlats eller bearbetats med avsikt att lokalisera ett (tentativt) förvar. En jämförelse av layouterna för de olika platserna och möjligheten att placera in ett förvar på bästa sätt styrs av den geologiska beskrivningen för respektive område. Omfattningen av och karaktären på utförda undersökningar varierar avsevärt mellan Aberg, Beberg och Ceberg. Följande tydliga skillnader kan noteras:

- Aberg har genomgått omfattande förundersökningar. Den geologiska modellen baseras också på information från den ramp som drivits från markytan och ner till ca 450 m nivå. Genom rampens läge är kunskapen om det södra blocket avsevärt mycket större än det norra blocket. Trots detta bedöms kunskapen om det norra blocket, som ligger utanför SKB:s så kallade target area, vara större än motsvarande för Beberg och Ceberg.
- Undersökningen av Beberg har främst utförts med två syften, dels för att undersöka området som en del av SKB:s typområdes-undersökningar, dels för att undersöka den mäktiga horisontella strukturen (Zon 2) som identifierats i området. Härvid finns det relativt god kunskap om områdets regionala geologi samt området över Zon 2. Avsevärt mindre kunskap föreligger om området under Zon 2 på nivå ca -500 m.
- Ceberg är den lokal där informationsmängden är minst; bland annat är borrhålsfrekvensen lägre än i Aberg och Beberg. För Ceberg finns det en nyligen utförd geologisk sammanställning där bland annat strukturtolkningar har utförts med en något annorlunda metodik än för övriga områden; sprickzoner är ej förenklade till plana ytor utan undulerar i 3-dimensioner och slutar i några fall blint i block.

En genomgående karaktär av områdena som studerats är att frekvensen strukturer, och de på grund av dessa bortfallande områden för kapseldeponering, är högst i de mest intensivt undersökta delarna av typlokalerna. Detta kan bero på att undersökningarna koncentrerats till de områden som från markundersökningar uppvisar sämst bergförhållanden eller att ytterligare zoner som påverkar lagrets layout identifierats genom undersökningarna.

Den faktor som i dagsläget bedöms påverka lagrets layout mest, och därmed behovet av bergvolym för deponering, är respektavstånden som definieras för olika geologiska strukturer. I exempelvis Beberg, med dess långsmala områden för kapseldeponering och flacka zoner, förändras tillgänglig deponeringsvolym avsevärt med varierande respektavstånd. Det saknas

emellertid i dagsläget en metodik för bestämning av respektavstånd vilka torde behöva utredas för varje större struktur, D1 D2 och D3, i ett givet förvarsområde. Vidare har i föreliggande utredning strukturer som bedömts kunna tillhöra funktionsklass D1 tillåtits inom förvarsvolymen trots att dessa per definition ej tillåts förekomma. En strikt tillämpning av funktionsklassificeringen skulle dock för Aberg innebära att den tillgängliga bergvolymen är otillräcklig och för Beberg och Ceberg skulle troligen krävas layouts i flera plan. Nyligen utförda studier av seismicitet och reaktivering (La Pointe 1997) pekar på att respektavståndet (seismiskt) till en zon, motsvarande några av de som här klassificerats D1, är i storleksordningen hundratals meter upp till någon kilometer. Ingen hänsyn har visserligen tagits till det seismiska respektavståndet i föreliggande studie men i praktiken har för modelleringen zoner av funktionsklass D1 givits respektavstånd som kanske i ett verkligt fall motsvarar det som beräknas för en struktur av funktionsklass D2. Motsvarande kanske även gäller för strukturerna av funktionsklass D2 och D3.

Med de restriktioner och antaganden som använts, och på det sätt på vilket respektavstånd tillämpats inom föreliggande studie, anses undersökningsområdenas storlek otillräckliga. Då lagret förutom deponeringsområde 2 skall omfatta deponeringsområde 1, för ca 400 kapslar placerat i ett separat bergblock, ett centralområde samt SFL 3-5, som placeras ca 1000 m från närmaste deponeringsområde, borde undersökningsområden i ett verkligt fall utökas. Detta understryks av att SFL 3-5 skall placeras så att den naturliga grundvattenströmningen från SFL 3-5 med eventuellt uppkommen grundvattenkemisk påverkan inte tillåts påverka deponeringsområdet. Detaljundersökning av en 1000x1000 m stor s.k. bergplint ger därför, baserat på erfarenheterna från föreliggande undersökning, för stor osäkerhet i undersökningsområdets periferi. Undersökningsområdets gränser utgör randvillkor för denna och liknande typer av utredningar och dessa måste tidigt fastställas.

För presenterade layouts har ett positionsindex av 100% antagits; det vill säga att samtliga kapselpositioner kan utnyttjas för deponering av kapslar. Bortfallet av kapslar inom respektive bergblock beror på flera faktorer, däribland frekvensen av strukturer med funktionsklass D3 samt lokala bergmekaniska och hydrauliska förutsättningar. Baserat på rådande kunskap är det för Aberg möjligt att göra en ansats om bortfallet av kapslar medan det för övriga områden i princip saknas erforderligt geologiskt underlag för att göra motsvarande uppskattningar.

Baserat på den information och kunskap som framkommit vid arbetet med tentativa layouts för Aberg, Beberg och Ceberg, och i enlighet med det resonemang som förts i denna rapport, bör, enligt författarnas uppfattning, särskild hänsyn tas till följande faktorer framledes:

- Undersökningsinsatserna bör inte som hittills koncentreras till centrum av undersökningsområdet och enskilda strukturer utan en informationsstrategi bör utformas med sikte att rama in förvaret med

alla dess komponenter för att därefter successivt öka informationstätheten.

- Strukturer av funktionsklass D2 har stor påverkan på kapselbortfallet, genom att dessa ramar in och definierar de block inom den aktuella bergvolymen i vilka ett förvar kan tillåtas lokaliseras.
- Det bedöms ej troligt att en förvarslayout anpassas efter strukturer med funktionsklass D3. Dessa kan inte på aktuellt förvarsdjup (500 m) tillförlitligt identifieras med förundersökningar och troligen endast karakteriseras med önskvärd noggrannhet då deponeringstunnlarna byggts. Därefter kan placeringen av deponeringshål optimeras för att minimera bortfallet orsakat av dessa strukturer.
- Metodik behöver utvecklas för att i ett tidigt layoutskede bedöma respektavstånd och kapselpositionsindex. Detta är nödvändigt för att det i layoutskedet skall vara möjligt att fastställa den för anläggningen erforderliga bergvolymen och dess areella utbredning.

8 REFERENSER

- Ahlbom, K. & Tirén, S., 1991. Overview of geologic and hydrogeologic conditions at the Finnsjön site and its surroundings. SKB Teknisk Rapport TR 91-08.
- Almén, K., Stanfors, R. & Svemar, C., 1996. Nomenklatur och klassificering av geologiska strukturer vid platsundersökningar för SKB:s djupförvar. SKB Projekt Rapport PR-D-96-029.
- Andersson, J-E., Nordquist, R., Nyberg, G., Smellie, J., & Tirén, S., 1991. Hydrogeological conditions in the Finnsjön area. Compilation of data and conceptual model. SKB Teknisk Rapport TR 91-24.
- Bäckblom, G., 1996. Preliminär utformning av djupförvarets närområde, SKB Arbets Rapport AR-D-96-011.
- Djupförvar, Anläggningsbeskrivning i tre delar, juni 1993: 1) Nerfart endats via schakt, SKB AR 44-93-003. 2) Nerfart via spiralramp och serviceschakt, SKB AR 44-93-004. 3) Nerfart via rak ramp, SKB AR 44-93-005. Svensk Kärnbränslehantering AB, Box 5864, 102 48 Stockholm.
- Ericsson, L., 1988. Fracture mapping on Äspö island, findings of directional data. SKB Progress Report PR-25-88-10.
- Hermansson, J., Hansen, L. & Follin, S., 1996. Update of the geological models of the Gideå study site. SKB R 97-05.
- La Pointe, P., Wallmann, P., Thomas, A., & Follin, S., 1997. A methodology to estimate earthquake effects on fractures intersecting canister holes, SKB Technical Report TR 97-07
- Munier, R., 1993. Segmentation, fragmentation and jostling of the Baltic shield with time. Uppsala Dissertations from the Faculty of Science, No 37. ISBN 91-554-3067-8.
- Munier, R., 1996. Studies of geological structures at Äspö, comprehensive summary of results. SKB Progress Report PR- 25-95-21.
- Munier, R., 1997. Projekt JADE Geovetenskapliga studier. Scandiaconsult Bygg och Mark AB, *in prep.*
- Push, R., & Hökmark, H., 1996. Jämförelse av Bergmekaniska funktionssätt hos KBS-3 V, KBS-3 H och MLH. SKB *in prep.*
- Rhén, I (ed)., Gustafson, G., Stanfors, R., & Wikberg, P. 1997. Äspö HRL-Geoscientific evaluation 1997/5. Models based on site characterization 1986-1995. SKB TR 97-06.

- Rhén, I., & Forsmark, T., 1996. Statistisk analys av hydrauliska testdata från Äspölaboratoriet. SKP *in prep.*
- Stanfors, R., Liedholm, M., Munier, R., Olsson, P. & Stille, H., 1994. Geological-structural and rock mechanical evaluation of data from tunnel section 2265-2874 m. SKB Progress Report PR- 25-94-19.
- Stenberg, L., Sehlstedt, S. 1989. Geophysical profile measurements on interpreted regional aeromagnetic lineaments in the simpevarp area. SKB Progress Report PR-25-89-13.
- Tirén, S & Beckholmen, M., 1988. Structural analysis of contoured maps Äspö, Ävrö, Simpevarp area, Southeastern Sweden. SKB Progress Report PR-25-87-22.
- Walker, D et al 1997. Compilation of hydrogeological conditions at Aberg, Beberg, Ceberg. SKB *in prep.*
- Wikberg, P., Gustafson, G., Rhén, I. & Stanfors, R., 1991. Äspö Hard Rock Laboratory. Evaluation and conceptual modelling based on the pre-investigations 1986-1990. SKB Technical Report TR 91-22.

APPENDIX 1

1 RESPEKTAVSTÅND

1.1 ALLMÄNT

Den nomenklatur och de definitioner som använts i denna rapport baseras på Almén et al 1996 (PR D-96-029).

Med diskontinuitet avses varje mekaniskt avvikande struktur i bergmassan exempelvis en spricka, ett skiffrihetsplan eller en zon. Diskontinuiteter har oftast en huvudsaklig utsträckning i två dimensioner och lägre hållfasthet än den omgivande bergmassan.

Baserat på den geovetenskapliga karakteriseringen analyseras och utvärderas en plats lämplighet för ett djupförvar. Alternativa layouter för förvaret analyseras med avseende på byggspekter och användning under drift, men framför allt med avseende på långsiktig funktion och radiologisk säkerhet. En funktionsbeskrivning av berget med förvaret upprättas varvid berget och dess strukturer beskrivs och klassas med avseende på funktion för djupförvaret. Under pågående platsundersökning kan klassningen av en struktur revideras i takt med att den geovetenskapliga informationen om densamma ändras.

Diskontinuiteterna klassas ur funktionssynpunkt enligt följande:

1. D1. Diskontinuiteter med sådana egenskaper att de ej tillåts förekomma inom förvarsvolymen och endast i undantagsfall tillåts att passeras av tillfartstunnel. Diskontinuiteter av funktionsklass D1 utgör storskaliga mekaniska och/eller hydrauliska ränder för djupförvaret. Diskontinuiteter av funktionsklass D1 framträder ofta som lineament med mils utbredning. Typfall Äspö: NE-1.
2. D2. Diskontinuiteter med sådana egenskaper att de ej tillåts passeras av deponeringstunnlar. Diskontinuiteter av funktionsklass D2 tillåts dock vara avgränsande mellan förvarets olika huvuddelar eller deponeringsområden. D2 har liknande egenskaper som D1 men är i allmänhet mer lokala och mindre intensiva till sin karaktär. Typfall Äspö: EW-3.
3. D3. Diskontinuiteter med sådana egenskaper att de tillåts förekomma inom förvarsdelar och passeras av såväl transporttunnlar som deponeringstunnlar. D3 utgörs oftast av mindre sprickzoner men även enstaka sprickor, exempelvis kraftigt vattenförande sprickor med stor utbredning, kan uppvisa egenskaper som motiverar tillhörighet till denna klass. Typfall Äspö: NNW-4.
4. D4. Diskontinuiteter med sådana egenskaper att de tillåts korsa deponeringsposition, och således inte påverkar förvarets utnyttjandegrad. Diskontinuiteter av funktionsklass D4 består vanligen av enskilda sprickor eller förskiffringsplan vars huvudorienteringar dock kan påverka förvarets tunnelriktningar. Diskontinuiteter av funktionsklass D4 kan även ha betydelse för närområdets funktion, m a p grundvattenströmning och nuklidtransport; dessa kan även ha betydelse för kapselhålets bergmekaniska stabilitet.






Vid förändrade geologiska förhållanden påverkas en bergmassa olika bland annat beroende på egenskaperna hos dess inneboende diskontinuiteter. Diskontinuiteterna i sin tur kan påverka sina närområden olika beroende bland annat på vilken skala som beaktas. Ett influensområde kring en diskontinuitet kan definieras som den volym av den aktuella bergmassan, för en given studieskala, bortom vilken en viss påverkan anses osannolik. Ett respektavstånd kan därför definieras som det avstånd från en tolkad diskontinuitet som krävs för långsiktig säkerhet av en kapselposition. Det saknas i dagsläget en metodik för hur respektavstånd skall kvantifieras för olika typer av diskontinuiteter.

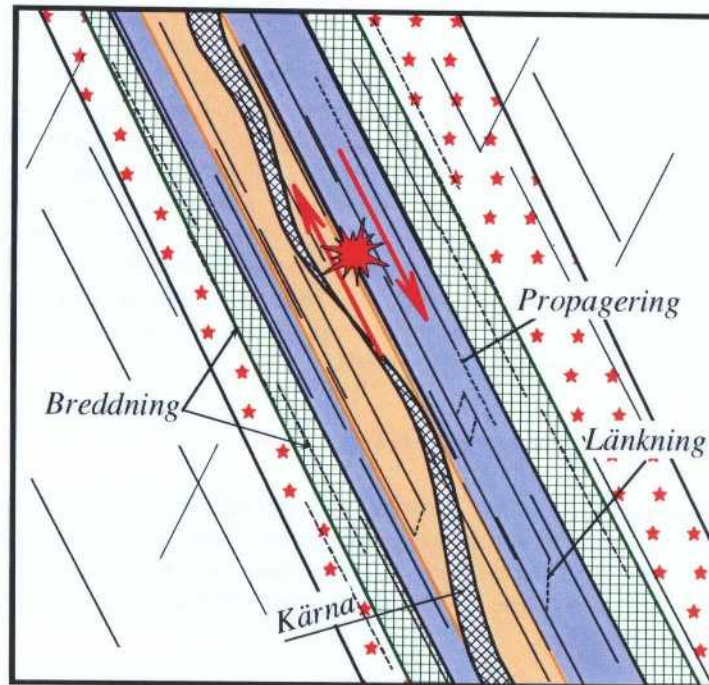
Respektavståndet är bland annat en funktion av kemiska, hydrauliska, geometriska och tektoniska egenskaper varav endast det geometriska- och i viss utsträckning även det tektoniska- respektavståndet berörs i detta dokument. Den eller de av diskontinuitetens egenskaper som verkar dimensionerande på respektavståndet antas vara påverkbar av den skalan i vilket bergmassan studeras och diskontinuitetens övriga egenskaper. Exempelvis antas en tektoniskt influensvolym (se nedan) kunna vara dimensionerande för respektavståndet från större, regionala strukturer medan en hydraulisk influensvolym antas kunna vara dimensionerande för respektavståndet från mindre strukturer. Egenskaperna kan emellertid variera avsevärt mellan zoner vilka vid tidiga undersökningar verkar snarlika. Detta medför att respektavstånd, vid strikt tillämpning, skall beräknas för varje enskild diskontinuitet.

Inom ramen för föreliggande studie har begreppet respektavstånd klassificerats i olika typer, t.ex. seismiskt respektavstånd, geometriskt respektavstånd, för att tydliggöra skillnaderna mellan de olika mekanismer som påverkar respektavståndets storlek. Vid en slutgiltig bedömning av respektavståndets storlek sammanvägs samtliga influensvolymerna för de olika egenskaperna av vilka den dimensionerande benäms respektavstånd.

1.2 GEOMETRISKT RESPEKTAVSTÅND

Bredden på en sprickzon kan definieras på olika sätt. Vanligen definieras en sprickzons bredd som bredden på dess kärna (se Figur 1-1). Kärnan består vanligen av lerfyllda sprickor, mylonit, breccia, kataklasit mm (eng. fault rock). En sprickzon kan emellertid betraktas, beroende på observationsskala, ha en bredd som även inkluderar den volym utanför kärnan som har en sprickdensitet som är tydligt avvikande från omgivande bergmassa. Den effektiva bredden blir med detta betraktelsesätt större. För definition av respektavstånd bedöms det senare betraktelsesättet vara lämpligare då det även beaktar zonens förändring med tid (se 1.3).

-  Observerad mäktighet
-  Geometriskt respektavstånd
-  Hydrauliskt respektavstånd
-  Kinematiskt respektavstånd
-  Seismiskt respektavstånd



Figur 1-1. Schematisk illustration av begreppet respektavstånd. En zons bredd definieras endera som bredden på kärnan eller som bredden på bergvolymen som har högre sprickintensitet än omgivande bergmassa. Kärnan utgör i det senare fallet endast en komponent av en komplex struktur. Det tektoniska respektavståndet omfattar förväntad utbredning efter framtida reaktivering (kinematiskt respektavstånd) samt reaktivering av angränsande strukturer (seismiskt respektavstånd).

En sprickzon undulerar vanligen i 3 dimensioner så att dess strykning, stupning och tjocklek varierar. Denna variation kan vara påtaglig; exempelvis är undulationen av zon NE-2 i Aberg av storleksordning 50 m. Det finns empiriskt stöd för att deviationen från ett tolkat plan kan uppgå till ca en tiondel av zonsens längd. Tolkningosäkerheter och naturlig variation medför att zonsens mäktighet är, ur alla praktiska hänseenden, betydligt större än vad som kan ha uppmätts i exempelvis borrhäror.

Ett geometriskt respektavstånd kan betraktas som en konfidensvolym inom vilken en zon påträffas med en viss angiven sannolikhet. Detta respektavstånd förändras i takt med att undersökningarna fortskrider och justeras slutgiltigt först när samtliga deponeringstunnlar är uttagna och undersökningarna avslutade. Det geometriska respektavståndet anger emellertid tidigt en skattning av den bergvolym som finns tillgänglig för deponering och påverkar därmed layouten med avseende på tunnellängder, ramper etc. Det geometriska respektavståndet är det minsta avståndet från en zon där deponering kan planeras. Det geometriska respektavståndet är tillämpligt på strukturer av samtliga funktionsklasser.

1.3 TEKTONISKT RESPEKTAVSTÅND

En grundläggande princip, eller grundantagande, för modellering av framtida geologiska scenarier är att spröd deformation till övervägande del antas bli lokaliserad till befintliga zoner. Principen baseras på att energiåtgången för reaktivering av sprickor och sprickzoner är lägre än för skapandet av nya. En förutsättning är emellertid att antalet sprickzoner är tillräckligt stort och att dessa har en tillräcklig variation i orientering (vilket påverkar friktionen mellan sprickplanen). Det är ytterst svårt att kvantifiera en tillräcklig zontäthet eller spridning i orientering men empiriska studier visar att svensk berggrund de senaste miljonerna åren främst deformerats genom reaktivering av äldre sprickzoner (eg Munier 1993). Reaktivering även gäller de postglaciala förkastningar som studerats i norra Sverige.

Förenklat, sker reaktivering av sprickzoner och sprickor som en effekt av att energi, orsakad av tektonik och/eller glaciation, överförs till bergmassan och där konsumeras som deformation vilken antingen kan vara plastisk eller spröd. Den spröda deformationen sker längs diskreta plan i form av skjuvning, öppning och återslutning, beroende bland annat på zonernas orientering i förhållande till det lokala spänningsfältet, samt kombinationer av dessa mekanismer. Plastisk deformation kan ske i anslutning till sprickzonens gräns (eng. "tipline"), i form av exempelvis veckning, eller längs zonen i form av exempelvis mylonitisering. Värmeutvecklingen kan vid hastig (seismisk) deformation yttra sig som lokal uppsmältning (tex pseudotachylit). För en skattning av ett tektoniskt respektavstånd är det främst två effekter som bör tas i beaktande: Propagering av strukturen i 3 dimensioner (kinematiskt respektavstånd) och reaktivering eller initiering av strukturer i blocken mellan zonerna (seismiskt respektavstånd).

1.3.1 KINEMATISKT RESPEKTAVSTÅND

Propagering av en zon sker dels genom att befintliga sprickor i zonens närområde länkas till varandra och till zonen, dels genom att sprickorna själva växer. Som en effekt av detta ökar zonens utbredning vid varje deformationsmoment både längs sitt eget plan (större area) och tvärs sitt plan (större volym). Ett respektavstånd ur denna aspekt bör därför ta i beaktande båda effekter.

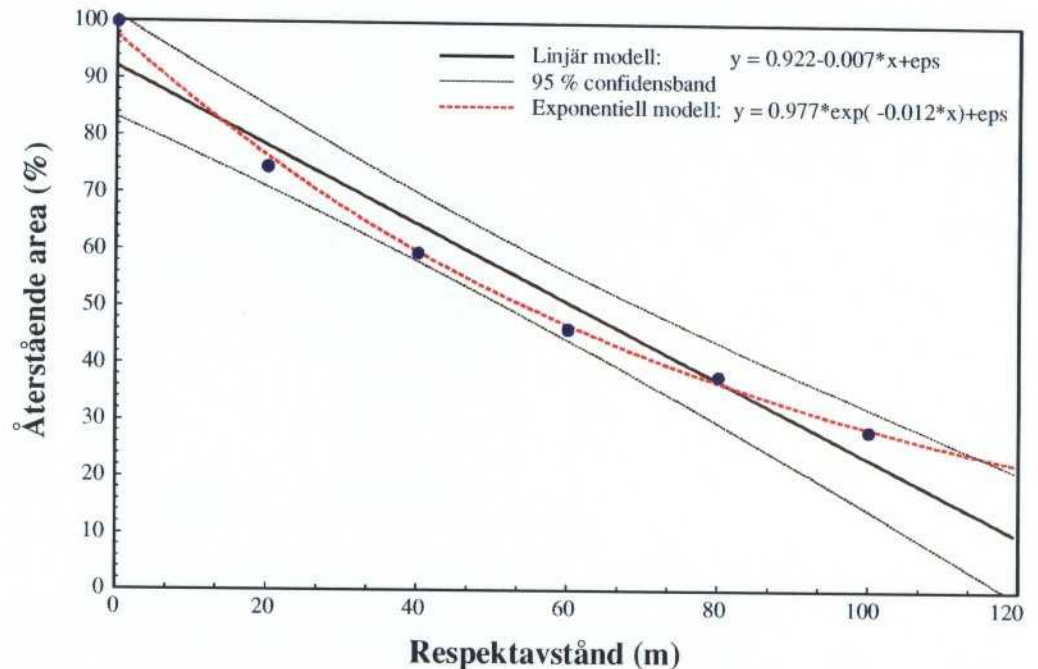
Den tillgängliga informationen om skjuvningens storlek i förhållande till seismisk magnitud, zoners längd och zoners bredd är tämligen omfattande och har nyligen sammanställts i en studie inom ramen för SKB:s verksamhet (La Pointe et al in prep 1997). Det saknas, enligt författarnas kännedom, emellertid i nuläget en samlad redovisning om sambandet mellan exempelvis seismisk magnitud och ökningen av arean eller volymen. Därmed har det inte inom ramen för föreliggande studie varit möjligt att skatta det kinematiska respektavståndet ur denna aspekt. Det kinematiska respektavståndet bedöms vara tillämpligt på strukturer av funktionsklass D1-D3.

1.3.2 SEISMISKT RESPEKTAVSTÅND

Ett tektoniskt respektavstånd bör även omfatta effekten av seismisk reaktivering av sprickzoner. Seismisk reaktivering (jordbävning) medför dels att strukturen kan propagera enligt diskussionen i 1.3.1 och dels att bergmassan mellan sprickzonerna deformerar. Deformationens storlek, skjuvningen längs diskreta sprickplan, avtar med avståndet till epicentret och är bland annat en funktion av jordbävningens magnitud och sprickornas geometrier. Då relationen mellan t.ex. magnitud och zonens längd, tjocklek etc är (empiriskt) relativt väl dokumenterade är det möjligt att beräkna ett kritiskt avstånd mellan en zon, längs vilken reaktivering av en viss magnitud förväntas ske, och närmaste kapselposition i vilken deformationen ej tillåts överskrida ett kritiskt värde. En metod för dylika beräkningar utvecklas inom ramen för SKB:s verksamhet (La Pointe et al 1997 in prep) och preliminära värden har beräknats. Dessa beräkningar är dock platsspecifika och bör förfinas ytterligare (seminarium SKB 1997-01-13). Metoden bedöms vara möjlig för beräkning av seismiska respektavstånd till zoner av funktionsklass D1 och eventuellt även D2.

1.4 KÄNSLIGHETSANALYS AV RESPEKTAVSTÅND

Valet av respektavstånd för varje zon påverkar i mycket stor utsträckning den area av ett tänkt försvarsområde som blir tillgänglig för deponering. För att undersöka effekterna av olika val av respektavstånd har en känslighetsanalys utförts. Denna analys är endast avsedd att identifiera trender och kritiska parametrar; för djupare analyser är bl.a. topologiska studier eller omfattande datorsimuleringar nödvändiga vilka ej ingår i detta projekt.



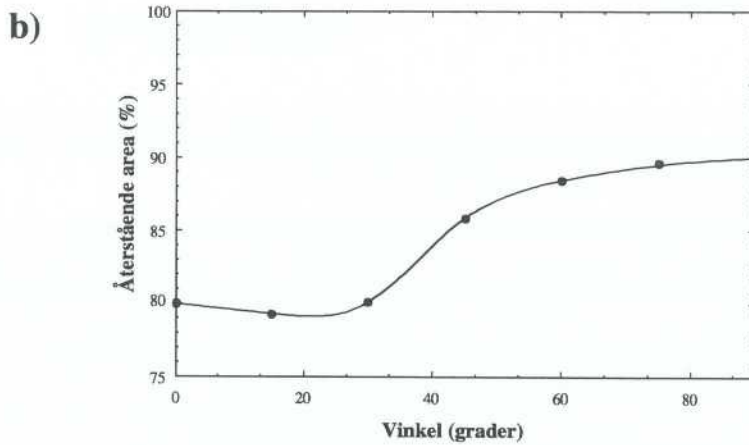
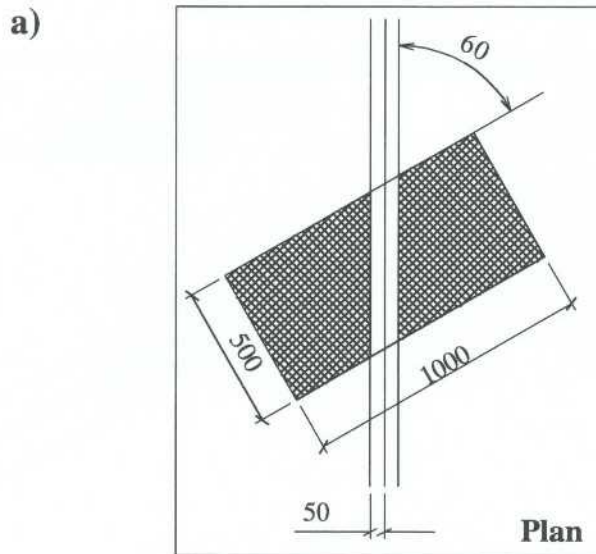
Figur 1-2. Samband mellan respektavstånd och deponeringsarea på Aberg. Relationen, vilken är platspecifik, är icke linjär men ett linjärt förhållande är acceptabelt på 95% konfidensnivå (se text för ytterligare förklaring).

En simulering av respektavståndens påverkan på försvarsvolymen har utförts för Aberg. Beräkningarna har förenklats så att samtliga zoner vid varje beräkningssteg givits samma respektavstånd vilket succesivt ökats. Den area som återstod av den tillgängliga arean beräknades för varje respektavstånd. Resultatet redovisas (Figur 1-2) som fraktionen mellan tillgänglig area och total area för ett horisontellt snitt på djupet $z = -500$ m. Resultatet är specifikt för Aberg men ändå av principiell natur. Av de olika modeller som testats approximeras modellen bäst med en exponentiell funktion. En linjär regression är trots detta acceptabel under 95% konfidensnivå och därför att föredra på grund av sin enkelhet; sambandet är dock i realiteten ytterst komplex.

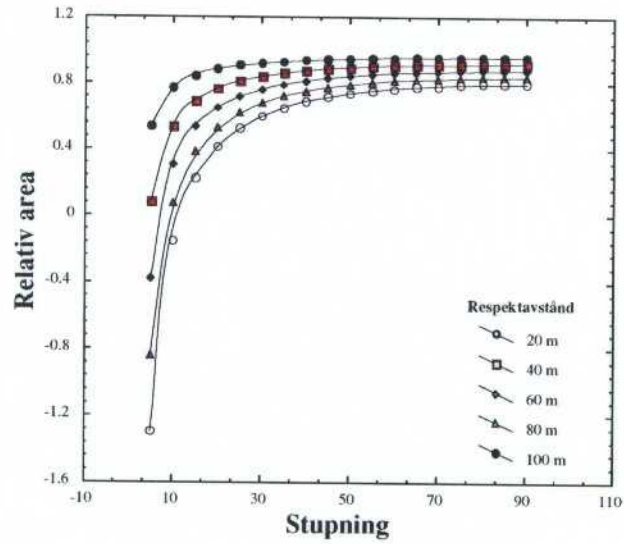
En kombination av datorsimuleringar och analytiska lösningar har använts vilka sammanfattas punktvis nedan för tydlighet; respektavståndets effekt på försvarsvolymen varierar med (bland annat) följande parametrar:

1. Områdets form i relation till zonernas strykning. För områden med samma area är bortfallet större för det område vars längdaxel (medellängdaxel för oregelbundna block) är parallellt med zonernas dominerande riktning (Figur 1-3). Beräkningarna utfördes genom successiv rotation av ett block med en fixerad orientering på en sprickzon med varierande respektavstånd.
2. Bortfallet är större för smala block dvs för det område vars fraktion längd/bredd är större. Sambandet är en funktion av blockets längd/bredd förhållande, fraktionen totalarea/respektarea och vinkel. Detta gäller endast för zoner större än den längsta kantlängden (i praktiken D2 och större).

3. Zonernas stupning påverkar avsevärt den för förvar tillgängliga arean. Relationen är emellertid trigonometrisk och får effekt först vid stupningar större än ca 30 grader (Figur 1-4). Denna effekt undviks vid layoutarbetet genom att förvaret placeras under eller över zonens respektavstånd. Beräkningarna utfördes genom successiv rotation av en sprickzon med olika respektavstånd.



Figur 1-3. Simulering av en zons riktning i relation till ett block av en given form och area.



Figur I-4. Simulering av stupningens effekt på deponeringsarean för en kvadratisk förvarsvolym. Zonen stryker parallellt med areans ena axel. Grafen visar att zoner flackare än ca 30° kan fordra stora volymer vilket lättast undviks genom att förvaret placeras på en djupare nivå. Kurvorna representerar olika respectavstånd.