

R-01-06

Äspölaboratoriet

RVS-modellering, Ävrö

Slutrapport

Ingemar Markström
Sycon Energikonsult AB

Roy Stanfors
Roy Stanfors Consulting AB

Christopher Juhlin
Uppsala Universitet

Januari 2001

Svensk Kärnbränslehantering AB

Swedish Nuclear Fuel
and Waste Management Co
Box 5864
SE-102 40 Stockholm Sweden
Tel 08-459 84 00
+46 8 459 84 00
Fax 08-661 57 19
+46 8 661 57 19



ISSN 1402-3091

SKB Rapport R-01-06

Äspölaboratoriet

RVS-modellering, Ävrö

Slutrapport

Ingemar Markström
Sycon Energikonsult AB

Roy Stanfors
Roy Stanfors Consulting AB

Christopher Juhlin
Uppsala Universitet

Januari 2001

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

Sammanfattning

Bakgrund

För att prova tillämpbarheten av RVS (Rock Visualization System) som modelleringsmetod i samband med platsundersökningar har en studie genomförts med Ävrö som modellområde.

RVS har utvecklats som ett verktyg speciellt för modellering av t ex deformationszoner och bergenheter i kristallint berg samt visualisering av geovetenskaplig information, främst borrhålsinformation.

Genomförande

Ävrö ansågs lämpligt som modellområde främst på grund av den information som föreligger från flyggeofysik, geofysiska detaljmätningar på markytan (slingram och magnetometri), berggrundskartering och ett antal borrhål, varav ett kärnborrhål ner till c:a 750 m djup. Speciell betydelse tillmättes resultat från de reflektionsseismiska mätningar med modern teknik som föreligger för Ävrö.

RVS-modelleringen har genomförts i steg som i möjligaste mån motsvarar den ordning i vilken de geovetenskapliga platsundersökningarna planeras att genomföras.

Modellversion 1 baseras till övervägande del på ytdata – höjddata, berggrundskarta och strukturernas bedömda utgående i markplanet. Denna version behandlar i första hand större (regionala) strukturer (förmodade deformationszoner). Den strukturgeologiska 3D-versionen blir i detta steg ytterst preliminär eftersom endast ett fåtal data föreligger från geofysik avseende stupningen för de regionala strukturerna.

Modellversion 2 omfattar i första hand en revidering av den strukturgeologiska modellen med hjälp av data från de två reflektionsseismiska profiler som utförts på Ävrö. Den ytlitologiska modellen påverkades inte av reflektionsseismiska data men ett antal reflektorer har tolkats som grönstenslinser på c:a 400-600 m djup. I den strukturgeologiska 3D-modellen har de seismiska reflektorerna inpassats mot strukturerna i modellversion 1. Detta har gett indikation alternativt verifikation på stupningen för flertalet strukturer som inledningsvis, i brist på data, antogs vara vertikala. Nytt är i denna version att en ostligt stupande nord-sydligt strykande struktur modellerats fram med ledning av fem seismiska reflektorer. Ytterligare en nyhet är att en sub-horisontell struktur på c:a 200 m identifierades (benämnd ZS).

I modellversion 3 presenteras den slutliga versionen av såväl litologisk som strukturgeologisk modell. Modelleringen i detta steg omfattar revidering av tidigare modellversioner baserad på data från tre kärnborrhål och två hammarborrhål. Den litologiska ytmodellen påverkas inte av borrhålsdata men med den totala litologiska informationen från bergyta och borrhål har ett försök gjorts att modellera den sannolika fördelningen av grönsten, finkorning granit och metavulkanit som förekommer i underordnad mängd i den helt dominerande Smålandsgraniten. Vad gäller den strukturgeologiska slutliga modellversionen har ytterligare information i modellversion 3 erhållits framför allt vad gäller en del zoners karaktär. Vissa branta zoner kan inte korreleras med något borrhål men för flertalet zoner gäller att det finns en mer eller mindre säker korrelation med borrhålen.

Speciellt intressant är korrelationen mellan borrhålsdata och de seismiska reflektorer som föranlett tolkningen av den subhorisontella zonen ZS som sannolikt varierar kraftigt såväl vad gäller mäktighet som lateral utbredning.

Erfarenheter från arbetet i RVS

De viktigaste erfarenheterna från RVS är:

- Det är av stor vikt att RVS importfunktion för designfiler kompletteras med rutiner för att hantera kopplade data för att dessa ska kunna tillgodogöras i RVS.
- Vad gäller import och visualisering av ytdata återstår en hel del arbete med att fastställa hur dessa data ska tas in och presenteras i RVS. I detta avseende är RVS inte färdigt.
- Det bör införas något annat sätt att behandla och spara den ytlitologiska modellen som ett känt RVS-modellobjekt än som en enkel, importerad designfil.
- Den skräddarsydda funktionen för att tolka reflektionsseismiska metoder ger en unik möjlighet att göra en passning mellan reflektorerna och den geologiska modellen i 3D. Fortfarande krävs dock tillägg av ny funktionalitet om målet är att kunna göra hela tolkningsprocessen i RVS.
- Olika koordinatsystem har olika riktning på norraxeln. När en riktningssangivelse ges måste det alltid beaktas mot vilken norraxel riktningen ges.
- Modelleringsav bergartsobjekt måste ses över, dels vad gäller visualisering av slumpmässigt utplacerade linser och dels vad gäller hantering av objekten i objektlistan. Antalet enskilda objekt blir snabbt många.
- Begränsningen av objekts storlek som finns inbyggd i MicroStation ställer till stora problem när komplexa solider bildas, vilket snabbt sker. Detta problem kan inte få någon lösning förrän MicroStation v8 levereras, vilket är planerat under år 2001.

De verktyg för modellering som finns tillgängliga i de använda versionerna av RVS (version 2.0 – 2.2 har använts under projektets gång) har i flera avseenden visat sig mycket användbara. Dock har vissa brister identifierats vilket återgår som erfarenheter till den vidare utvecklingen av RVS.

Under detta projektets gång har en ny modelleringsmetodik framtagits och fastslagits, det s.k. Geofunk-projektet. De versioner av RVS som använts här har inte varit anpassade efter denna metodik men till version 3 av RVS, som planeras att tas fram under år 2001, skall denna anpassning vara gjord. Några långtgående slutsatser av modelleringsmetodiken i här använda versioner av RVS bör därför inte dras. RVS måste även, och kommer också, kompletteras med blockmodellering.

Läsanvisningar

I kap 1, *Inledning*, beskrivs projektet övergripande och projektorganisationen presenteras.

I kap 2, *Arbetsgång och metodik*, ges en noggrannare beskrivning av hur arbetet i projektet bedrivits.

I kap 3, *Presentation av geologiska modeller*, presenteras hur modellerna såg ut efter de tre modellversionerna.

I kap 4, *Beskrivning av modellarbetet*, beskrivs varför modellerna ser ut som dom gör, d v s hur modellarbetet gått till.

I kap 5, *Indata*, presenteras vilka indata som använts och hur dessa tagits in i RVS.

I kap 6, *Erfarenhetsåterföring*, beskrivs de erfarenheter som noterats under arbetet med de tre modellversionerna.

I kap 7, *Slutsatser*, presenteras de slutsatser som drogs efter avslutat modellarbete, grundat på de erfarenheter som gjorts.

I bilaga 1 redovisas följebrev från GIS-centrum rörande berggrundskartor från SGU.

I bilaga 2 redovisas följebrev från Geovista AB rörande levererade höjd- och djupdata.

I bilaga 3 redovisas följebrev från LMV med beskrivningar till levererade kartor.

I bilaga 4 redovisas indatafiler till reflektionssesmisk tolkning.

I bilaga 5 beskrivs och presenteras WellCad-plottar av kärnkartering med enhålstolkningar.

Innehållsförteckning

1	Inledning	9
1.1	Bakgrund	9
1.2	Syfte	9
1.3	Arbetets genomförande	9
1.4	Organisation	10
2	Arbetsgång och metodik	11
2.1	I: Uppstart	11
2.2	II: Inledande modellhypotes - Modellversion 1.	11
2.3	III: Reflektionseismiska data - Modellversion 2	12
2.4	IV: Borrhål KAV01-03, HAV01-08 - Modellversion 3.	13
2.5	V: Slutredovisning	14
3	Presentation av geologiska modeller	15
3.1	Modellområde	15
3.2	Modellversion 1	16
3.2.1	Litologisk modell	16
3.2.2	Strukturgeologisk modell	17
3.3	Modellversion 2	20
3.3.1	Litologisk modell	20
3.3.2	Strukturgeologisk modell	21
3.4	Modellversion 3, slutlig version	23
3.4.1	Litologisk modell	23
3.4.2	Strukturgeologisk modell	25
3.5	Modellernas osäkerhet	27
3.5.1	Ingående parametrars osäkerhet	28
3.5.2	Modellens utsträckning och avgränsning	28
4	Beskrivning av modellarbetet	31
4.1	Topografisk modellering	31
4.2	Litologisk modellering	31
4.2.1	Modellversion 1	31
4.2.2	Modellversion 2	31
4.2.3	Modellversion 3, slutlig version	31
4.3	Strukturgeologisk modellering	33
4.3.1	Allmänt	33
4.3.2	Struktur Z13	35
4.3.3	Struktur Z14	38
4.3.4	Struktur Z15 (Z05+Z15)	41
4.3.5	Struktur Z18	45
4.3.6	Struktur Z19	46
4.3.7	Struktur ZS	49
4.3.8	Sammanfattning, strukturmodellering	56

5	Indata	57
5.1	Förteckning över indata	57
5.2	Indata till modellversion 1	58
5.2.1	Litologisk ytmodell	58
5.2.2	Strukturgeologisk modell	59
5.2.3	Bearbetning och import av indata i RVS	60
5.3	Indata till modellversion 2	61
5.3.1	Reflektionsseismiska undersökningar	61
5.3.2	Bearbetning och import av indata till RVS	62
5.4	Indata till modellversion 3	64
5.4.1	Borrhål	64
5.4.2	Bearbetning och import av indata i RVS	65
6	Erfarenhetsåterföring	67
6.1	Erfarenheter från preprocessing av data	67
6.1.1	Modellversion 1 inklusive datainsamling	67
6.1.2	Modellversion 2, reflektionsseismiska data	68
6.1.3	Modellversion 3, borrhålsdata	68
6.2	Erfarenheter från geologiskt modellarbete	69
6.2.1	Litologisk modell	69
6.2.2	Strukturgeologisk modell	69
6.3	Erfarenheter från arbetet i RVS	70
6.3.1	Modellversion 1, ytundersökningar	70
6.3.2	Modellversion 2, reflektionsseismiska data	71
6.3.3	Modellversion 3, borrhålsdata	71
7	Slutsatser	73
7.1	Undersökningar	73
7.2	RVS	73
7.3	Import och visualisering av indata	73
7.4	Modellering i RVS	74
7.4.1	Strukturmodellering	74
7.4.2	Litologisk modellering	74
7.4.3	Redovisning av osäkerhet	75
7.4.4	MicroStation-relaterade problem	75

1 Inledning

1.1 Bakgrund

RVS har utvecklats som ett verktyg för visualisering av borrhål och geovetenskaplig information (från SICADA) i 3-D, för modellering av strukturer och enheter i berg samt för modellering av underjordskonstruktioner (tunnlar, mm). Utvecklingen har gjorts inom Äspölaboratoriet och metoden har hittills använts för underjordsmodellering.

RVS är byggt som en applikation till CAD-programmet MicroStation[®] som levereras av Bentley Systems[®].

Reflektionsseismik bedöms vara en viktig metod för identifiering och geometrisk tolkning av deformationszoner i berget (beroende på platsens förutsättningar), speciellt i tidigt undersökningsskede. Metoden har bl.a. provats på Ävrö /SKB PR D-97-09/.

1.2 Syfte

Syftet med denna aktivitet var:

- att allmänt prova tillämpbarheten av RVS som modelleringsmetod för platsundersökningar i ett inledande skede när den geovetenskapliga informationen är begränsad och framförallt omfattar ytdata (geofysik, geologi, topografi) samt så småningom enstaka borrhål,
- att prova och utarbeta metodik och rutiner för användning av RVS vid tolkning av seismikdata och för användning av seismiska resultat vid RVS-modellering.
- att prova användning av GIS-data och rutiner för integrerad användning av GIS och RVS.

Notera att det primära syftet inte har varit att åstadkomma en geologisk modell över Ävrö.

1.3 Arbetets genomförande

Arbetet under aktiviteten RVS-modellering Ävrö har genomförts i steg, som i möjligaste grad motsvarar den ordning i vilken de olika geovetenskapliga undersökningarna planeras genomföras, och i den omfattning data finns att tillgå vid en platsundersökning.

Arbetet delades upp i följande steg:

I: Uppstart

II: Inledande modellhypotes - Modellversion 1

III: Reflektionsseismiska data - Modellversion 2

IV: Borrhål KAV01, KAV02, KAV03, HAV01-08 - Modellversion 3

V: Slutredovisning

Modellversion 1-3 har fortlöpande redovisats i tre separata projektrapporter. Innehållet i respektive steg redovisas i kapitel 2. Denna rapport redovisar steg V:Slutrapport.

Det är viktigt att notera att endast de deformationszoner som, baserat på flyg- och markgeofysik, bedöms vara ”regionala” eller ”lokala större” modellerats i denna skala. Bergarter har modellerats så långt det ansetts möjligt.

I denna studie har endast ett begränsat antal parametrar åsatts de modellerade objekten då parameterunderlaget varit starkt begränsat. Med ytterligare bearbetning av basdata skulle ett antal parametrar kunnat bestämmas men detta har bedömts ligga utanför syftet med denna studie.

Rapporten har författats av Roy Stanfors, RS Consulting, ansvarig för den geologiska modelleringen, Christopher Juhlin, Uppsala Universitet, sakkunnig och ansvarig för tolkning och bearbetning av reflektionsseismiska data och Ingemar Markström, Sycon Energikonsult, ansvarig för RVS-modelleringen, som även sammanställt rapporten.

Under det första steget beslutades att all modellering skulle ske i det lokala koordinat-systemet ”Äspö96”. Alla koordinater som redovisas i denna rapport redovisas därför i detta system utom i de fall där annat uttryckligen anges.

Arbetet har genomförts enligt den Q-plan och den arbetsplan som upprättats inom projektet enligt SKBs riktlinjer.

1.4 Organisation

Arbetet har genomförts med följande organisation:

Ingemar Markström	Delprojektledare; samt ansvarig för: <ul style="list-style-type: none">• RVS-modellering• Rapport för erfarenhetsåterföring• Presentation RVS-modell
Roy Stanfors	Ansvarig för: <ul style="list-style-type: none">• Modellens geologiska substans• Modellrapport
Christopher Julin	Ansvarig för: <ul style="list-style-type: none">• Seismisk tolkning, seismiska data
Ebbe Eriksson	<ul style="list-style-type: none">• SICADA-support• GIS-support

Fortlöpande rapportering har skett till Karl-Erik Almén, SKB, projektledare för geovetenskapliga undersökningar.

Dessutom har följande personer bidragit till arbetet med detta projekt:

Olle Olsson, Ergodata som konverterat data och gjort Ävrödata tillgänglig från SICADA. Stefan Sehlstedt, MRM (sedermera SKB) som, tillsammans med Roy Stanfors, gjort enhålstolkningen och även beskrivningen av denna. Mats Elfström, Sycon Energikonsult behjälplig vid bearbetning och anpassning av GIS-data samt med erfarenhetsåterföring från detta. Mats Ohlsson, SKB som ställt resurser till förfogande för att få fram funktioner i RVS. Chris Zakrewsky och Maria Hauptman, Team uStation som har framställt de nödvändiga RVS-funktionerna.

2 Arbetsgång och metodik

Arbetet under aktiviteten RVS-modellering Ävrö har genomförts i steg, som i möjligaste grad motsvarar den ordning i vilken de olika geovetenskapliga platsundersökningarna planeras genomföras, och i den omfattning data finns att tillgå vid en platsundersökning.

2.1 I: Uppstart

Under uppstartssteget definierades modellområdet. Detta redovisas i kapitel 3.1.

Data (geografiska, topografiska, ytlitologiska och geofysiska) inventerades och insamlades. Anpassning har skett så de ska gå att införa i MicroStation/RVS. Insamlade data listas i kapitel 5.

Under uppstartsskedet genomfördes även den särskilda studie av överföring av GIS-data till RVS, som i kvalitetsplanen planerats till modelleringssteg 1. Detta beroende på att denna datamängd måste vara tillgänglig innan modelleringen kunde påbörjas.

2.2 II: Inledande modellhypotes - Modellversion 1.

En första modellhypotes framställdes med hjälp av preliminära (yt-) data.

Indata

- Y1: Geologi, hållkartering. Digitaliserad ytinformation. Källa: Hällkarta i skala 1:10000, 6 H 3a Ävrö, Kornfält-Wikman, SGU, 1987, SKB PR 25-87-02 /6/.
- M1: Markgeofysik, tolkad. Digitaliserad ytinformation. Källa: SKB PR 25-87-16 /3/.
- G1: Höjddata. Koordinater i ASCII-fil. Källa: Förstudie Oskarshamn SKB R-98-56 /1/ - ASCII-data: Geovista AB, 1999-02-09 /Bilaga 2/.
- Y2: Bergrundskarta. Dgn-filer konverterade från Arc/Info. Källa: : Förstudie Oskarshamn SKB R-98-56 /1/ - Dgn-filer: SGU/LMV 990223 /Bilaga 1/.
- G2: Kartdata, ekonomiska kartan. Dgn-filer konverterade från Arc/Info. Källa: LMV 1998-04-22 /Bilaga 3/.

Metodik

- Införande av ovanstående indata i RVS, inkl ev ytterligare anpassning av data till RVS.
- Modellering av markyta (bergytan antas vara densamma då uppgifterna om jorddjup är mycket knapphändiga).
- Modellering av deformationszoner utgående från ytobservationer och geofysisk tolkning (läge och stupning) i RVS.

Produkter

- Första RVS-modell (v1) med topografi, litologisk ytmodell och större deformationszoner.
- Fortlöpande arbete med erfarenhetsåterföring, delrapport.

Kvalitetskontroll

- Använda datamängder och arbetsmoment har bokförts av delprojektledaren (IM).
- RVS modellversioner har godkänts av modellansvarig (RS).

Anm: Införandet av GIS-data, topografiska och geografiska, har krävt extern konvertering av data. Eventuellt kan vissa RVS-funktioner kräva komplettering. Erfarenheterna av detta redovisas i erfarenhetsåterföringen, se kapitel 6 och 7.

2.3 III: Reflektionsseismiska data - Modellversion 2

Reflektionsseismiska data infördes. Modellen reviderades efter analys av dessa data.

Indata

- RVS-modell v1 med topografi och större deformationszoner.
- M2: Reflektionsseismiska data införs via ny RVS-funktion. Källa: SKB Project Report PR D-97-09 /4/ - Utvalda reflektorer /Bilaga 4/.

Metodik

- Anpassning av data så de går att införa i RVS.
- Införande av reflektionsseismiska data, visualisering av tolkning i RVS.
- Samtolkning mellan seismiska data och preliminär modell.
- Geometrisk passning -ommodellering av samtliga berörda deformationszoner i RVS.

Produkter

- Reviderad RVS-modell (v2) med topografi, litologisk ytmodell och större deformationszoner.
- Fortlöpande arbete med erfarenhetsåterföring, delrapport.

Kvalitetskontroll

- Använda datamängder och arbetsmoment har bokförts av delprojektledaren (IM).
- RVS modellversioner har godkänts av modellansvarig (RS).

Anm: Visualiseringen av tolkningen har under denna etapp utretts vilket var en viktig del i detta steg. Utredningen utmynnade i en specifikation av ny funktionalitet i RVS vilken även framställdes och driftsattes.

2.4 IV: Borrhål KAV01-03, HAV01-08 - Modellversion 3.

Inläggning av borrhål med visualisering av parametrar. Ommodellering av berörda deformationszoner.

Indata

- RVS-modell v2 över Ävrö med större deformationszoner.
- B1: Borrhålsdata från SICADA. Visualisering av parametrar. Samtolkningar från WellCad /Bilaga 5/. Tillgängliga parametrar redovisas i kapitel 5.4.2.

Metodik

- Identifikation av borrhålsparametrar intressanta för visualisering, utredning om hur parametrarna skulle visualiseras.
- Visualisering av parametrar för borrhål, såsom t ex kartering (litologi och RQD), geofysisk loggning och hydraulisk konduktivitet, visualisering av tolkningar av radarmätningar i RVS (dataprojekt).
- Koppling av visualiserade borrhål och RVS-modellerade deformationszoner.
- Ommodellering av berörda deformationszoner i RVS (modellprojekt) - volymsmodeller.
- Modellering av bergartskroppar.

Produkter

- RVS-modell, v3, över Ävrö innehållande deformationszoner, topografi, litologisk ytmodell och modellerade bergartskroppar.
- Fortlöpande arbete med erfarenhetsåterföring, delrapport.

Kvalitetskontroll

- Använda datamängder och arbetsmoment har bokförts av delprojektledaren (IM).
- RVS modellversioner har godkänts av modellansvarig (RS).

Anm: Enhålstolkningar infördes och visualiserades i RVS, se kapitel 5 samt bilaga 5, vilka även låg till underlag för visualisering av radartolkningar.

2.5 V: Slutredovisning

Slutrapport innehållande såväl ÄVRÖ-modell som erfarenhetsåterföring.

Indata

- RVS-modell över Ävrö innehållande deformationszoner, topografi, litologisk ytmodell samt modellerade bergartskroppar.
- De erfarenheter som fortlöpande redovisats under projektet sammanställs till en erfarenhetsbeskrivning och ingår som en del i slutredovisningen.

Produkter

Föreliggande slutrapport ska innehålla följande avdelningar enligt kvalitets- och arbetsplan:

- Presentation av projektet och projektets syfte
- Beskrivning av arbetsgången vid modelleringen. Kan ses som en RVS 'Case-study'.
- Beskrivning av modellen med samtliga steg redovisade.
- Erfarenhetsrapportering.

Slutrapporten är skriven på svenska vilket föreskrevs i kvalitets- och arbetsplan.

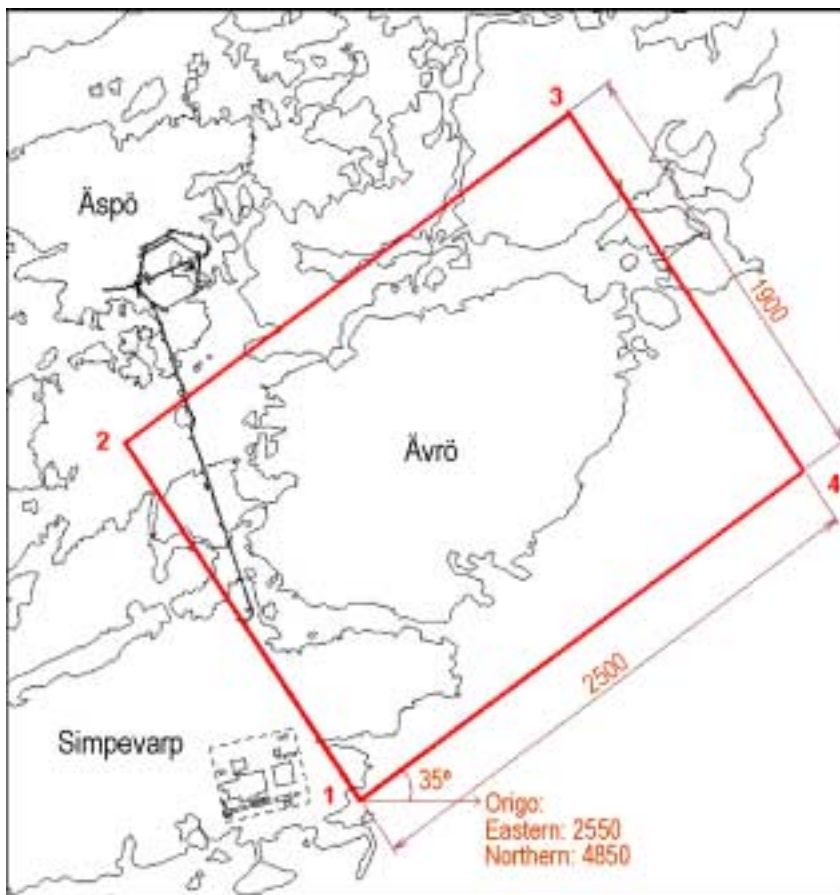
Kvalitetskontroll

- När en slutprodukt är färdig har redovisande aktivitetstabell ifyllts.
- Varje post har godkänts av projektledare.

3 Presentation av geologiska modeller

3.1 Modellområde

Modellområdet är ett rätvinkligt block där sidorna på ytan har måtten 2500*1900 m och ett djup från +20 till -1000 m ö h. Området är vinklat motsols c:a 35° från magnetiskt norr d v s 23,181° från Äspö norr.



Figur 3-1. Modellområdet i plan.

X och y-koordinaterna har definierats i koordinatsystemen Äspö96, Ävrö och RAK38, se Tabell 3-1 nedan. Modelleringen har uteslutande skett i Äspö-systemet. Detta innebär att alla vinklar av RVS räknats fram mot Äspösystemets norraxel.

I delrapporterna har, av denna anledning, alla strykningar angetts i förhållande till lokalt norr, d v s mot Äspösystemets norr, något som dessvärre inte uttryckligen påpekats i modellrapport 2. I denna slutrapport har dock en omräkning skett så att alla strykningsangivelser även har skett mot rikets norr.

Tabell 3-1. Koordinater för modellområdet.

Hörn	Norr_Äspö	Öst_Äspö	Norr_RAK38	Öst_RAK38	Norr_Ävro	Öst_Ävro
1	4850,000	2550,000	6365521,361	1552330,478	4850,320204	2551,393274
2	6596,605	1802,090	6367077,748	1551240,681	6596,352116	1802,109947
3	7580,698	4100,254	6368511,692	1553288,559	7582,251168	4099,520289
4	5834,093	4848,165	6366955,305	1554378,356	5836,219256	4848,803617
origo_Äspö	0,000	0,000	6360251,89	1550827,928	-1,710396	5,172974
origo_Ävrö	1,714	-5,172			-0,000433678	-0,000404266

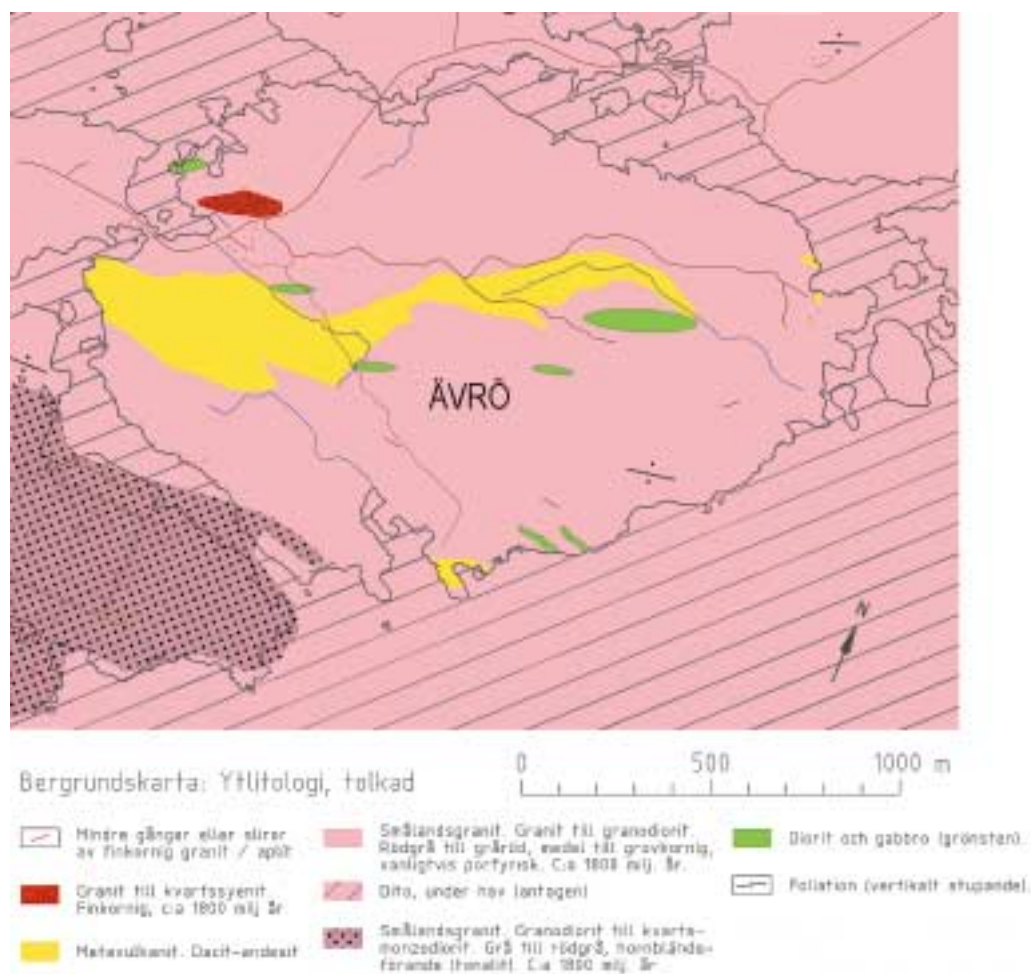
Modellområdet är vinklat 35 - 11.819 grader mot Äspösystemet

3.2 Modellversion 1

Modelleringen omfattar, i detta skede, en litologisk och en strukturgeologisk modell. Den strukturgeologiska modellen består av en ytversion med strukturernas bedömda utgående i markplanet och en 3D-version där strukturernas förmodade utbredning mot djupet anges.

3.2.1 Litologisk modell

Den litologiska modellen presenteras som en ytmodell, *Figur 3-2*.



Figur 3-2. Modellversion1: Tolkad Ytgeologi.

Nomenklaturen avseende bergarter har anpassats till den som presenteras av SGU i Förstudie Oskarshamn (Bergman et al, 1998 /1/).

Den litologiska modellen domineras av Smålandsgranit. Smålandsgranit är en samlingsbeteckning för ett antal granitiska bergarter som är c:a 1800 miljoner år gamla och har en sammansättning varierande mellan granit-granodiorit-tonalit-kvartsdiorit.

Den dominerande varianten på Ävrö är en rödgrå medel- till grovkornig granit-granodiorit (Ävrögranit). I sydväst finns ett mindre inslag av en mera basisk hornbländeförande variant granodiorit-tonalit. Foliationen i graniterna är oftast svagt utvecklad men har i samtliga fall där den iakttagits en utsträckning i O-NO med närmast vertikal stupning.

Diorit och gabbro (grönsten) är basiska bergarter - i vissa fall mineralogiskt omvandlade - som förekommer som enstaka oregelbundna inneslutningar eller gångar i graniterna. De mera linsformade grönstenskropparna har ofta en längdutsträckning som sammanfaller med foliationsriktningen O-V i graniterna. Små (upp till meterstora) inneslutningar av grönsten är också vanligt förekommande i graniterna.

I centrala delen av Ävrö finns ett sammanhängande stråk av metavulkanit d v s omvandlade vulkaniska bergarter med en sammansättning motsvarande dacit-andesit. Dessa bergarter tolkas ofta som åldersmässigt samhöriga med Smålandsgraniterna.

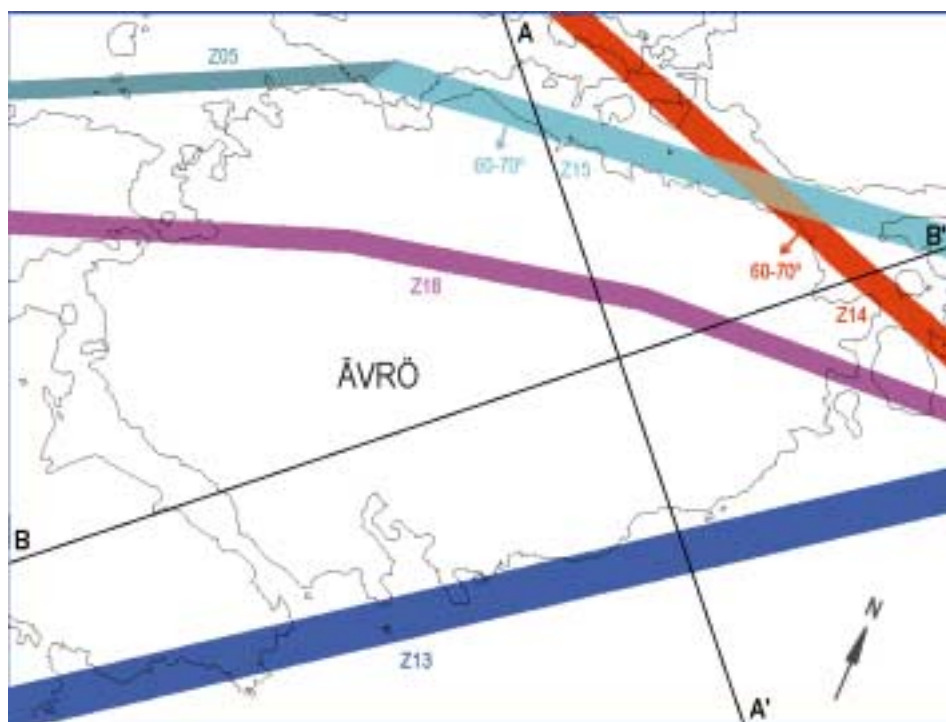
Röd, finkornig granit genomsätter alla övriga bergarter på Ävrö. Den finkorniga graniten uppträder i form av enstaka mindre massor men främst som gångar och oregelbundna sliror. Flertalet gångar har en utsträckning i ONO-NO.

Någon litologisk djupmodellering har inte gjorts i denna modellversion.

3.2.2 Strukturgeologisk modell

Den strukturgeologiska modellens utseende på ytan omfattar bedömd utsträckning av större deformationszoner i markplanet, Figur 3-3.

Den på Figur 3-3 angivna zombredden i markplanet är osäker. Seismiska detalj-mätningar som utförts över liknande zoner i Simpevarpsområdet visar att den egentliga deformationszonens bredd oftast är enbart något eller några få tiotals meter.



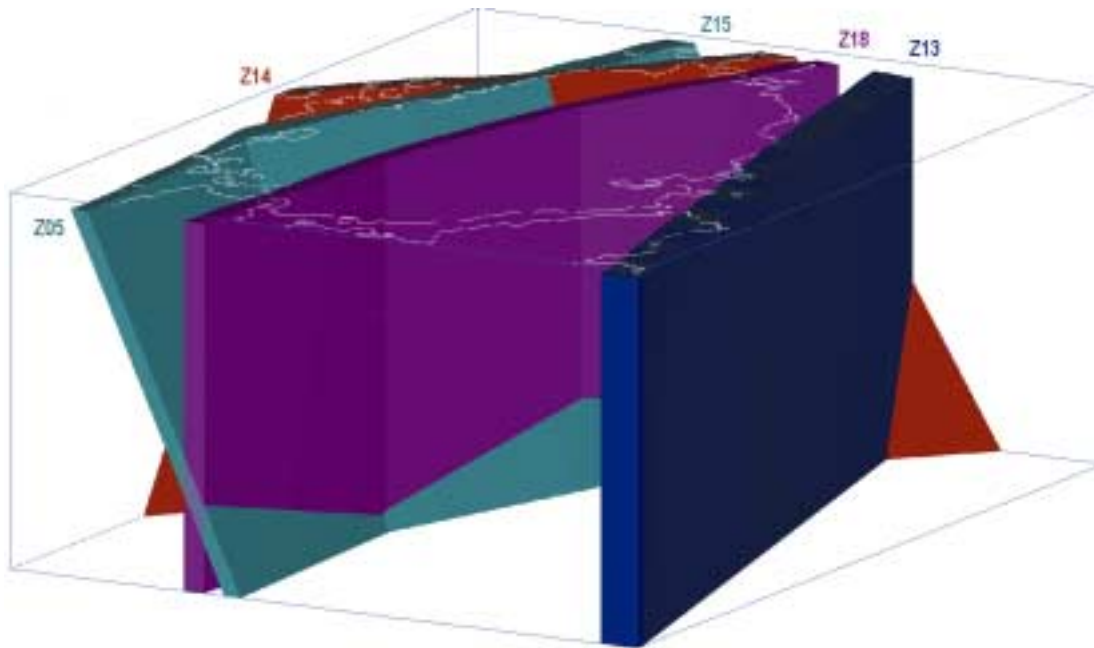
Figur 3-3. Modellversion 1: Struktureologisk modell. Bedömt ytläge för större deformationszoner. Skala 1:20000. De två svarta strecken visar snittlägen för Figur 3-5 och Figur 3-6.

Den struktureologiska modellen har fått sitt utseende mot djupet (3D) som en utvidgning av det bedömda ytläget baserad på de stupningsbedömningar som gjorts i samband med flyggeofysisk tolkning (Nisca, 1987 /7/) för de två nordligaste zonerna. För de övriga två zonerna antages stupningen vara närmast vertikal, Figur 3-4.

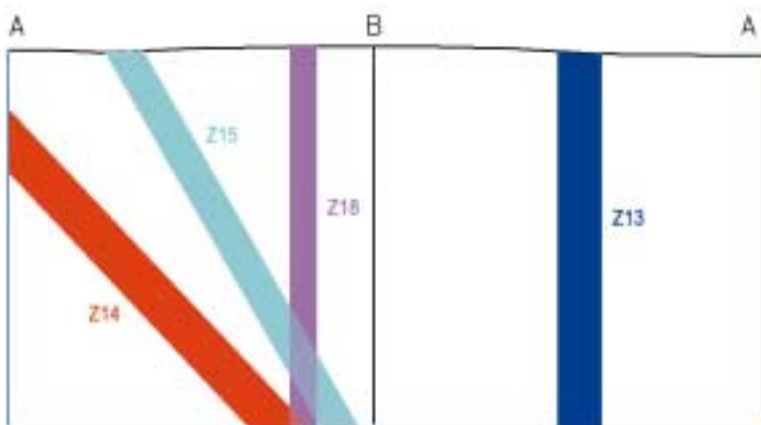
Tabell 3-2. Modellerade strukturer, modellversion 1.

Struktur	Strykning	Strykning (Åspönorr)	Stupning	Bredd	Projicerad utbredning ^(*)
Z05	52,2°	64,0°	60-70°	45 m	50 m
Z13	221,8°	233,6°	90°	115 m	115 m
Z14	96,7°	108,5°	60-70°	70 m	75 m
Z15	71,8°	83,6°	60-70°	75 m	80 m
Z18	66,5°	78,3°	90°	60 m	60 m

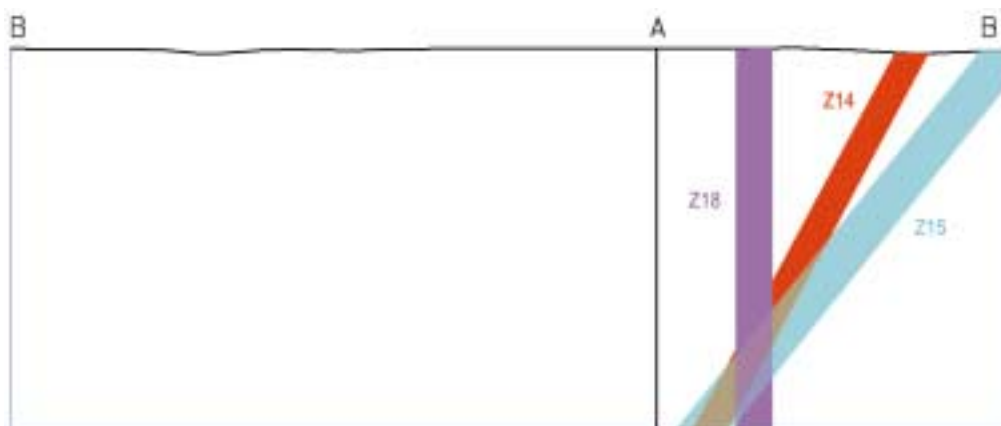
^(*) Utbredning på markytan med hänsyn taget till stupningen = bredd/sin(stupn)



Figur 3-4. Modellversion1: Struktureologisk modell. Tredimensionell vy från SW med de tolkade zonerna.



Figur 3-5. Modellversion1: Snitt A-A' genom modellen, skala 1:20000. Vy från väster. Det lodräta strecket motsvarar snittläget för snitt B-B', Figur 3-6.



Figur 3-6. Modellversion1: Snitt B-B' genom modellen, skala 1:20000. Vy från söder. Det lodräta strecket motsvarar snittläget för snitt A-A', Figur 3-5.

3.3 Modellversion 2

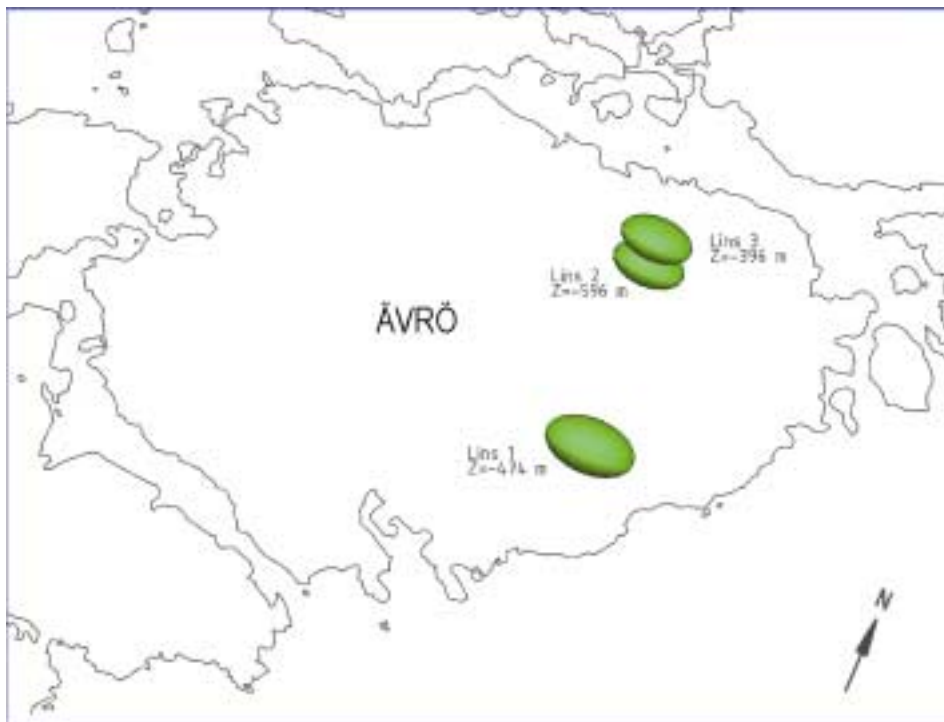
Modelleringen omfattar, i detta skede, revidering av den strukturgeologiska modellen med avseende på data från reflektionsseismiska undersökningar i två profiler, se kapitel 5.3. I viss mån har även litologiska objekt tolkats från reflektionsseismiska data.

3.3.1 Litologisk modell

Den litologiska ytmodellen från modellversion 1, *Figur 3-2*, har inte påverkats av tolkningen av reflektionsseismiska data, den ligger kvar oförändrad. Någon tre-dimensionell modellering gjordes inte i modellversion 1.

I 3D-modellen däremot har i några fall basiska bergarter (grönsten) med ledning av seismiska data modellerats fram som linsor med en längdutsträckning som sammanfaller med foliationsriktningen O-V i graniterna

Större sådana grönstenskroppar kan ge reflektioner och därmed detekteras genom reflektionsseismiken. I föreliggande undersökning bedöms reflektorerna 7₂, 8₂ och 9₂ (se kapitel 5.3 för förklaring till numrering av reflektorer) härröra från sådana grönstenskroppar. Dessa har, i brist på mer information, bedömts ligga rakt under seismiklinje 2. Orienteringen bedöms, som ovan anges, vara O-V och utsträckningen ges av träffpunkterna för de seismiska reflektionerna, *Figur 3-7*.



Figur 3-7. Modellversion 2: Modellerade grönstenslinser i toppvy, skala 1:20000. Linsernas utbredning baseras på seismiska reflektorer. Presenteras utan ytmodell som är identisk med version 1, *Figur 3-2*.

Följande dimensioner (i meter) åsattes de geologiskt antagna linserna för att stämma med reflektorerna:

Lins1: l=300, b=120, h=25

Lins2: l=250, b=100, h=20

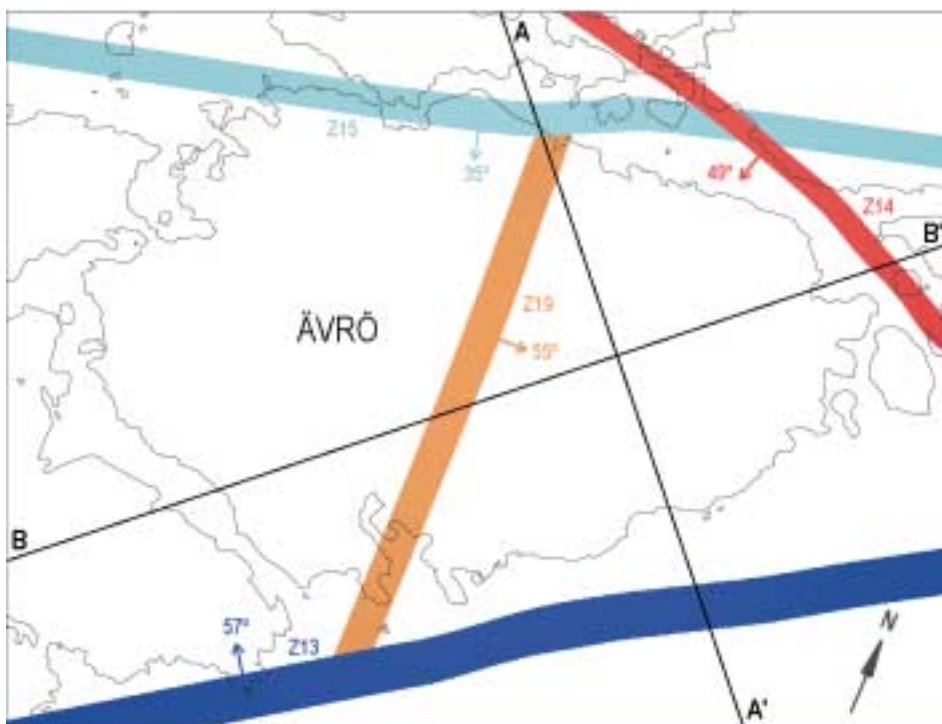
Lins3: l=250, b=100, h=20

3.3.2 Strukturgeologisk modell

De seismiska reflektorerna har inpassats mot den strukturgeologiska modellen från modellversion 1, kapitel 3.2.2. Detta har gett en verifikation och en indikation på stupningen som i första modellsteget för flertalet strukturer i brist på data antogs vara vertikal.

Genom denna passning, som beskrivs i kapitel 4.3, bedöms strukturerna Z05+Z15 (nu endast benämnd Z15), Z13 och Z14 ha verifierats. Dessutom har en nord-sydligt strykande struktur, kallad Z19, och en subhorisontell struktur, kallad ZS, modellerats fram. Z19 bedöms motsvara den markgeofysiskt tolkade indikationen med samma benämning, *Figur 5-3*.

Zonernas bredd har anpassats så att projicerad bredd på markytan (se *Figur 3-8* nedan) överensstämmer med den i modellversion 1 antagna bredden. Zonernas bredd i modellversion 1 är bedömda med ledning av data från magnetiska och elektromagnetiska flyg- och markmätningar. De mest uppspruckna delarna av deformationszonerna - som seismiken kan förväntas indikera - är erfarenhetsmässigt ofta avsevärt smalare än vad den totala zombredden anger.



Figur 3-8. Modellversion 2: Ytläge för tolkade zoner, skala 1:20000. De två svarta strecken visar snittlägen för *Figur 3-10* och *Figur 3-11*.

Den i första modellsteget bedömda strukturen Z18 har inte kunnat verifieras i reflektionsseismiken och de tidigare indikationerna bedöms därför härröra från det sammanhängande stråk av metavulkanit d v s omvandlade vulkaniska bergarter som finns i centrala delen av Ävrö, *Figur 3-2*. Strukturen utgår därför ur strukturmodellen.

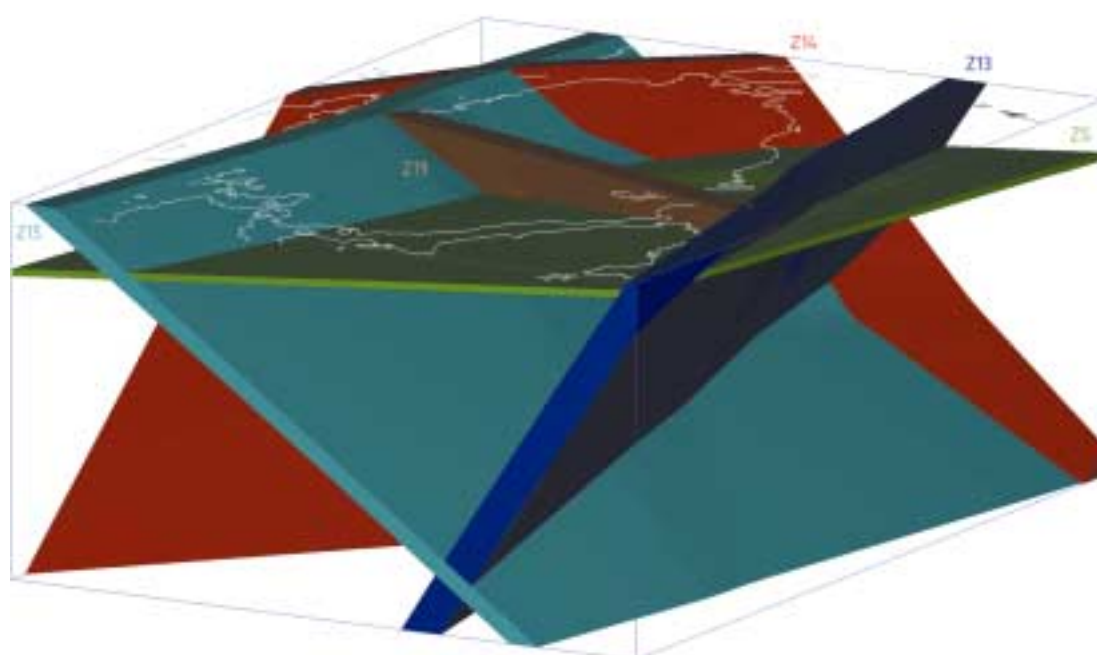
Nedan presenteras en tabell över de modellerade strukturer som tolkats fram efter införandet av reflektionsseismiska mätningar. Observera att reflektionsseismiken inte belyser hela de tolkade planen, se tvärsnitt för respektive plan i kapitel 4.3.

Tabell 3-3. Modellerade strukturer, modellversion 2.

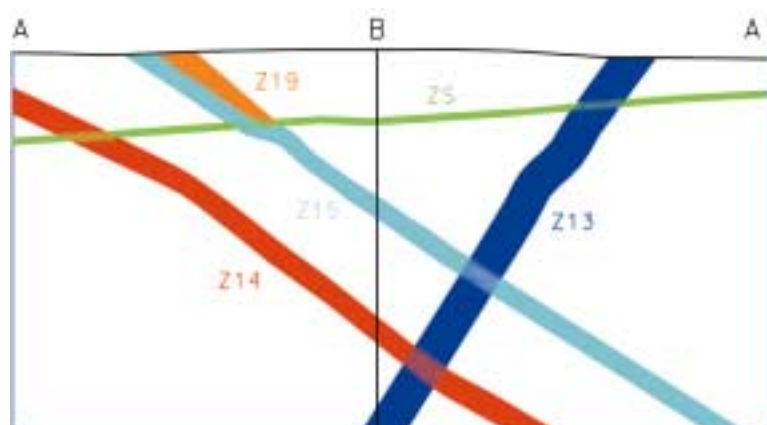
Struktur	Strykning	Strykning (Åspönorr)	Stupning	Bredd	Projicerad utbredning ^(*)
Z13	224,99°	236,81°	56,63°	100 m	120 m
Z14	94,85°	106,67°	48,55°	50 m	67 m
Z15	61,97°	73,79°	34,82°	50 m	88 m
Z19	345,66°	357,48°	55,14°	75 m	91 m
ZS	266,04°	277,86°	5,57°	20 m	100 m

^(*) Utbredning på markytan med hänsyn taget till stupningen = bredd/sin(stupn)

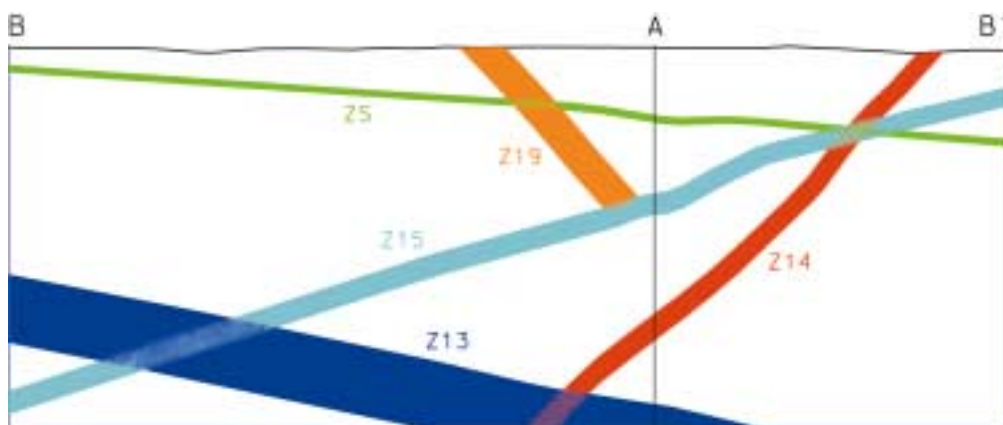
Nedan zonerna i en tredimensionell vy, *Figur 3-9*, samt ett snitt i N-S, *Figur 3-10*, och ett i E-W, *Figur 3-11*, genom modellen.



Figur 3-9. Modellversion 2: Tredimensionell vy från SW med modellerade zoner.



Figur 3-10. Modellversion 2: Snitt A-A' genom modellen, skala 1:20000. Vy från väster. Det lodräta strecket motsvarar snittläget för snitt B-B', *Figur 3-11*.



Figur 3-11. Modellversion 2: Snitt B-B' genom modellen, skala 1:20000. Vy från söder. Det lodräta strecket motsvarar snittläget för snitt A-A', Figur 3-10.

3.4 Modellversion 3, slutlig version

Modelleringen omfattar, i detta skede, revidering av den strukturgeologiska modellen med avseende på data från tre kärnborrhål och två hammarborrhål, se kapitel 5.2. I viss mån har även litologiska objekt tolkats.

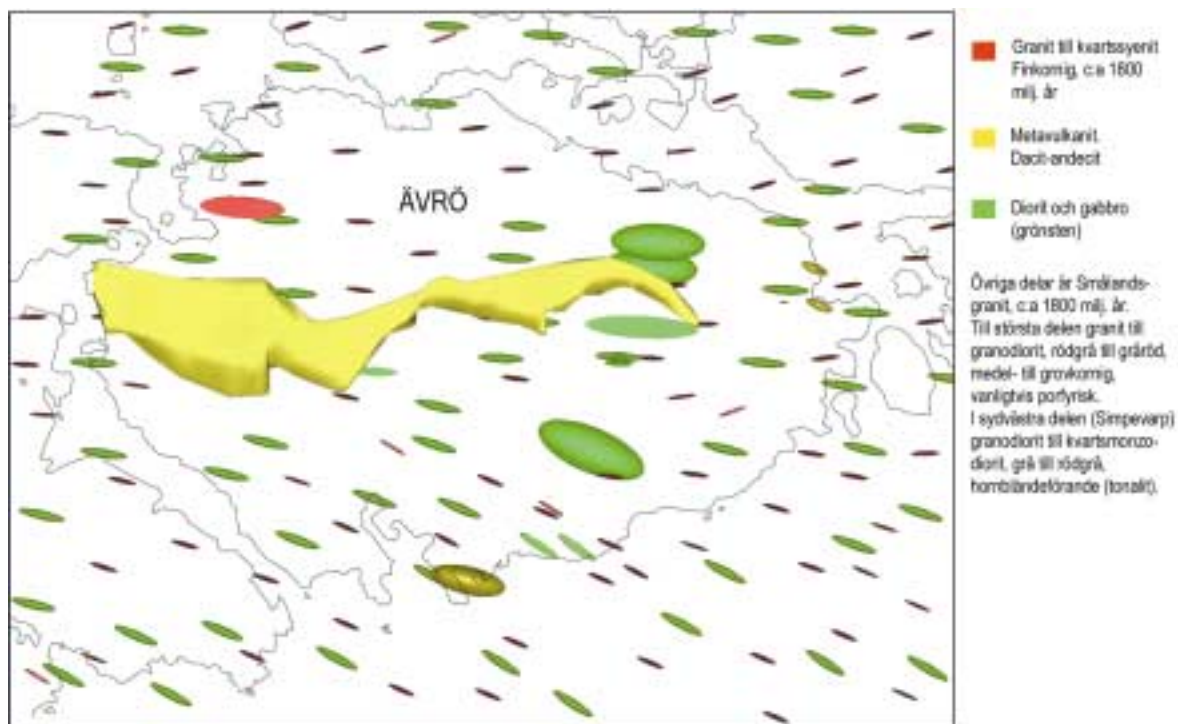
3.4.1 Litologisk modell

Den litologiska ytmodellen från modellversion 1, *Figur 3-2*, har inte påverkats av tolkningen av borrhålsdata.

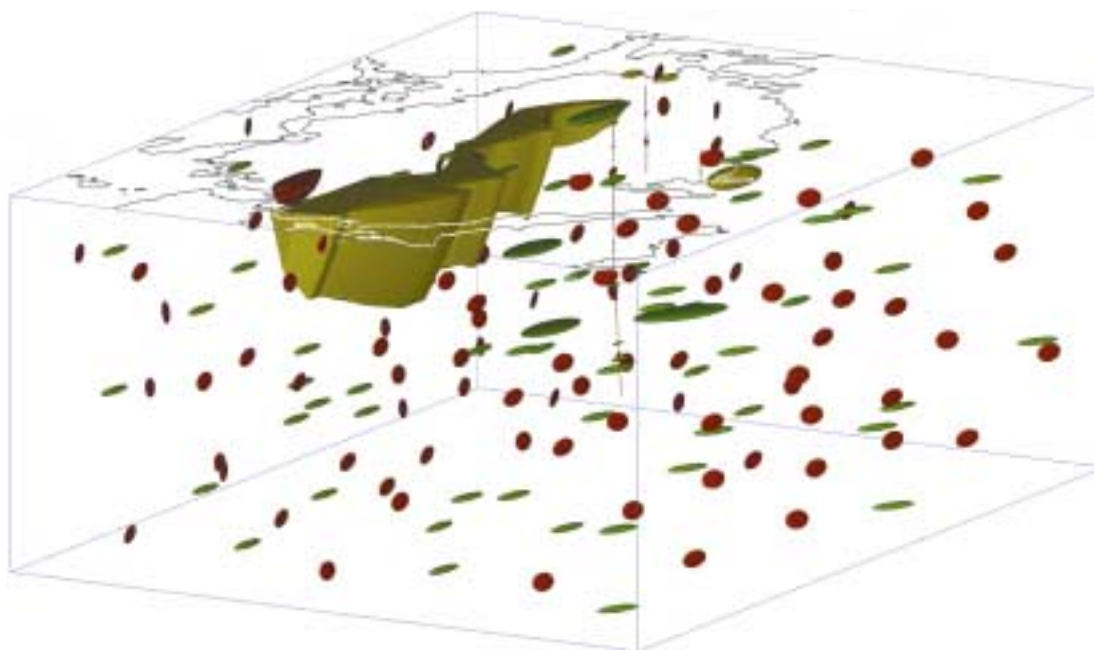
Med den information som erhålls genom borrhålen om bergartsfördelningen är det rimligt att anta att Smålandsgranit dominerar även mot djupet i den aktuella modellvolymen. Den frekvens av finkorning granit och grönsten, i form av sliror och smala gångar, som noteras i ytmodellen antas, med ledning av borrhålsdata, vara representativ i hela 3D-modellen. Metavulkaniten förekommer enligt ytkarteringen huvudsakligen i ett smalt stråk c:a Ö-V genom centrala Ävrö. I KAV01 finns den endast i mycket begränsad omfattning varför den antages kila ut brant mot djupet. Någon ytterligare information om de större grönstenslinser, som modellerats i steg 2 med ledning av seismiska reflektorer, erhålls inte från borrhålen. Dock har de två nordligare linserna fått en strykning, 58° (70° mot lokalt norr), som bättre överensstämmer med de ytobservationer som varit styrande för modelleringen av linsor.

I modellen har linsor av grönsten, finkornig granit och vulkanit placerats i ytan med form och orientering efter den ytmodell som framtogs i modellversion 1, se kapitel 3.2.1, och deras förekomst längs borrhålen. Liknande linsor har sedan på ett slumpmässigt sätt placerats ut i hela modellvolymen. Se vidare kapitel 4.2.3.

Nedan presenteras de modellerade bergartskropparna i toppvy genom modellen med transparent Smålandsgranit, *Figur 3-12*. Jämför med den ytlitologiska modellen från modellversion 1, *Figur 3-2*. I *Figur 3-13* visas de modellerade bergartskropparna snett uppifrån. Det är viktigt att notera att båda bilder ser genom hela modellvolymen varför antalet utplacerade linsor kan förefalla överraskande stort.



Figur 3-12. Modellversion 3: Modellerade bergartskroppar i toppvy. De ofyllda delarna består av Smålandsgranit. Notera att siktdjupet går genom hela modellvolymen (c:a 1000 m). Skala 1:20000.



Figur 3-13. Modellversion 3: Modellerade bergartskroppar. De ofyllda delarna består av Smålandsgranit. Beträffande färgkodning, se Figur 3-12.

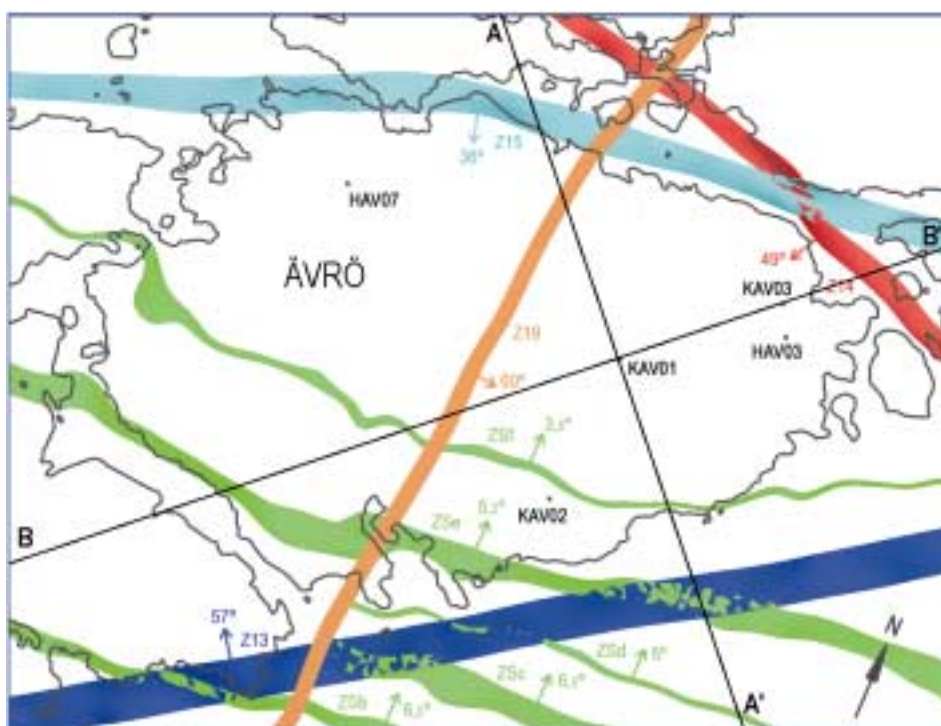
3.4.2 Strukturgeologisk modell

I modellsteg 2 modellerades zonerna Z13, Z14, Z15 och Z19 och den subhorisontella strukturen ZS. Zonernas antagna strykning och bredd på markytan baserades i första hand på data från magnetiska och elektromagnetiska flyg- och markmätningar. Stupning och utbredning mot djupet verifierades med ledning av seismiska reflektorer. Med ledning av borrhålsdata har ytterligare information erhållits för modellsteg 3, framför allt vad gäller zonernas karaktär.

I Figur 3-14 visas ytläget för de tolkade strukturerna.

Z13 kan med sin branta stupning inte korreleras med något borrhål, se Figur 4-4. För övriga zoner finns en mer eller mindre säker korrelation med borrhålen. Det bör observeras att Z15 och Z19 bedöms skära varandra inom det c:a 80 m långa sprickrika/krossade avsnitt som föreligger mellan c:a 420-500 m i KAV01, se vidare kapitel 4.3.4 och 4.3.6.

ZS antages vara komplex med ett antal grenar som sannolikt varierar kraftigt avseende både mäktighet och lateral utbredning.



Figur 3-14. Modellversion 3: Ytläge för tolkade zoner. Skala 1:20000. De två svarta strecken visar snittlägen för Figur 3-16 och Figur 3-17.

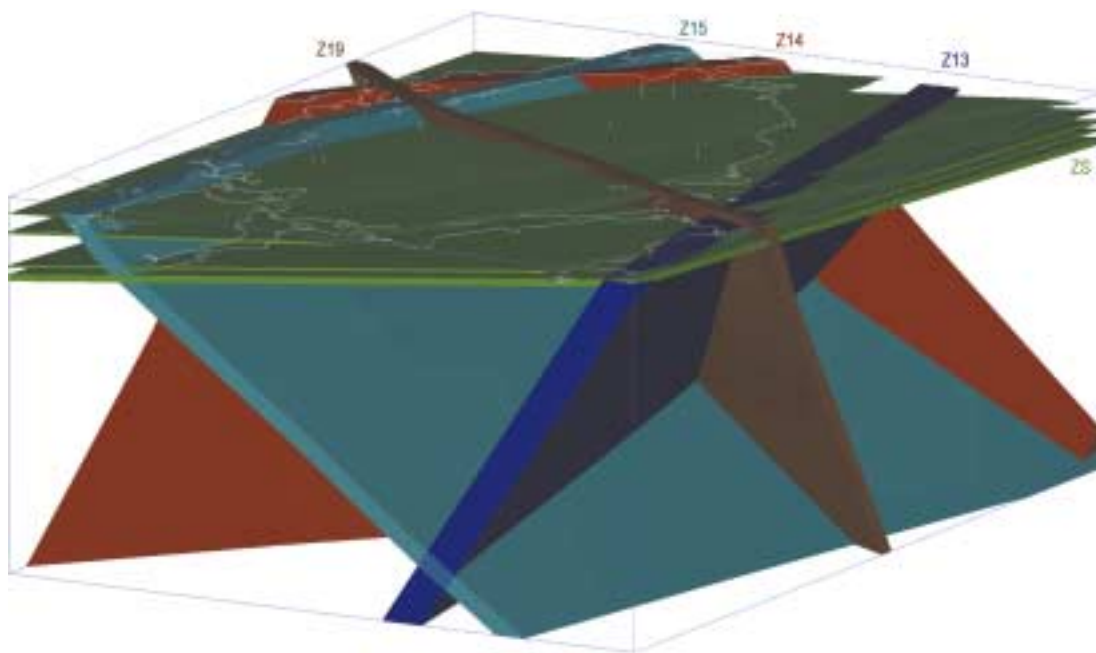
Nedan presenteras en tabell över de modellerade strukturer som tolkats fram efter utvärdering av borrhålsdata.

Tabell 3-4. Modellerade strukturer, modellversion 3.

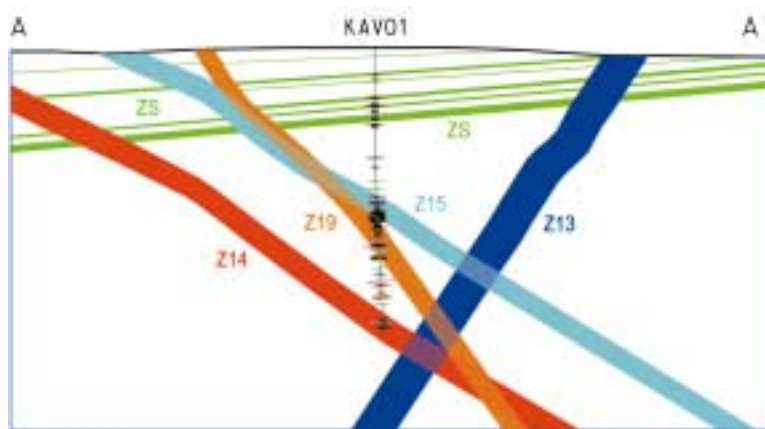
Struktur	Strykning	Strykning (Åspönorr)	Stupning	Bredd	Projicerad utbredning ^(*)
Z13	224,99°	236,81°	56,63°	100 m	120 m
Z14	95,06°	106,88°	49,02°	50 m	66 m
Z15	64,33°	76,15°	35,61°	50 m	86 m
Z19	354,76°	6,58°	60,40°	40 m	46 m
ZS	258,2°	270,00°	3,5 - 6,5°	2-20 m	-

^(*) Utbredning på markytan med hänsyn taget till stupningen = bredd/sin(stupn)

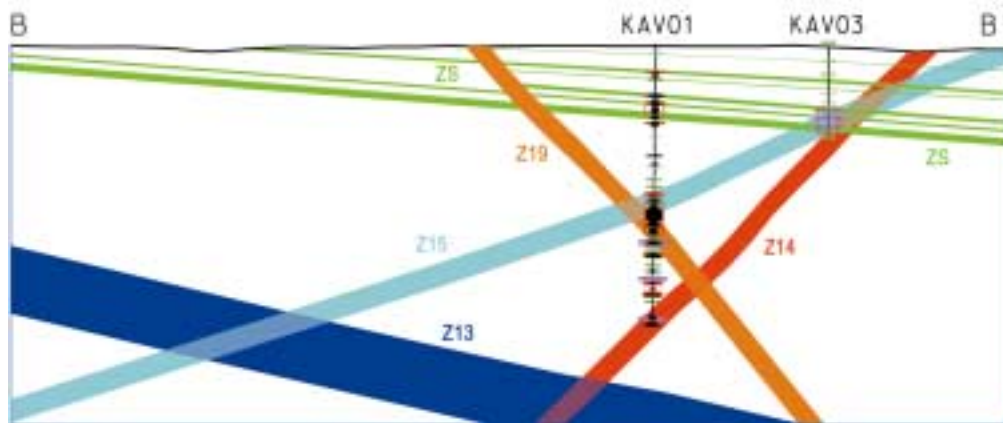
Nedan zonerna i en isometrisk vy, Figur 3-15, samt ett snitt i N-S, Figur 3-16, och ett i E-W, Figur 3-17, genom modellen.



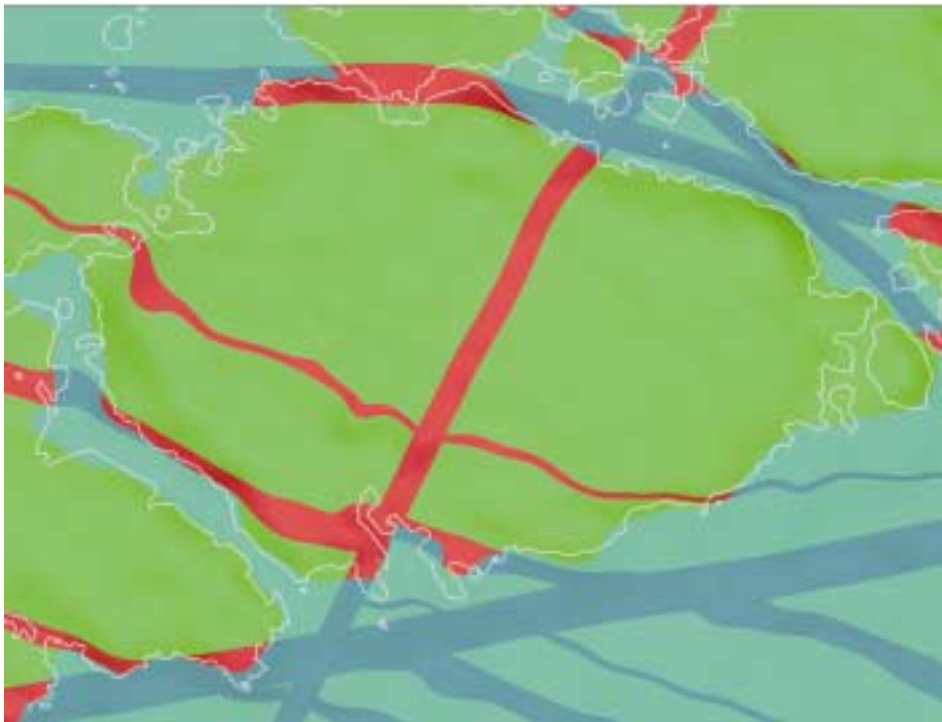
Figur 3-15. Modellversion 3: Tredimensionell vy från SW med modellerade zoner.



Figur 3-16. Modellversion 3: Snitt A-A' genom modellen. Vy från väster. Snittläget för Figur 3-17 går rakt genom KAV01. Skala 1:20000.



Figur 3-17. Modellversion 3: Snitt B-B' genom modellen. Vy från söder. Snittläget för Figur 3-16 går rakt igenom KAV01. Skala 1:20000.



Figur 3-18. Modellversion 3: Toppvy där topografien framgår som färgskuggning. Alla strukturer är inlagda i rött, 0-nivån inlagd halvtransparent. Strukturerna under 0-nivån har därför en blå färgton. Skala 1:20000.

3.5 Modellernas osäkerhet

Vad gäller säkerheten för de ovan presenterade modellerna bör man skilja mellan två begrepp:

- osäkerheten för de olika attribut och parametrar som ingår i modellen och
- modellens avgränsning med avseende på informationsdensitet.

I detta kapitlet redovisas den säkerhet som kan anses gälla för modellen som presenteras i modellversion 3, kapitel 3.4, eftersom detta är slutversionen av modellen. Osäkerheten uttrycks i termerna ”möjlig”, ”sannolik” och ”säker”.

3.5.1 Ingående parametrars osäkerhet

Vad gäller informationsdensitet för litologin kan allmänt sägas att underlaget ger en möjlighet att bedöma ytmodellen som ”säker” för alla delar över havsytan såväl vad gäller antalet ingående bergartstyper som fördelning och orientering av bergenheter. Motsvarande säkerhet för delar under havsytan bedöms vara sannolik.

Mot djupet bedöms den litologiska modelleringen vara ”säker” endast i avsnitt som berörs av borrhål, framförallt kärnborrhål. Detta gäller för samtliga parametrar utom orienteringen av linser och gångar som bedöms vara ”sannolik”. Läget av enskilda bergenheter bedöms vara ”möjlig”.

För deformationszonerna gäller att ytutgåendet för zonerna Z13, Z14 och Z15, som är av typen regionala, bedöms vara ”sannolika”. För zonerna Z19 och ZS, som är av typen lokala större, är utgåendena ”möjliga”. Bredden för samtliga zoner är mycket osäker och ligger sannolikt inom intervallet 10-100 m.

Karaktären för Z15 och Z19 bedöms vara ”säker” (krossat, delvis leromvandlat berg – kraftigt vattenförande) med ledning av borrhålsinformation. För Z14, som endast påträffas i slutet av borrhålen, bedöms karaktären som ”sannolik”. Karaktären för ZS bedöms vara ”sannolik” – ”möjlig” p g a stor lateral variation. För Z13 finns ingen information om karaktären.

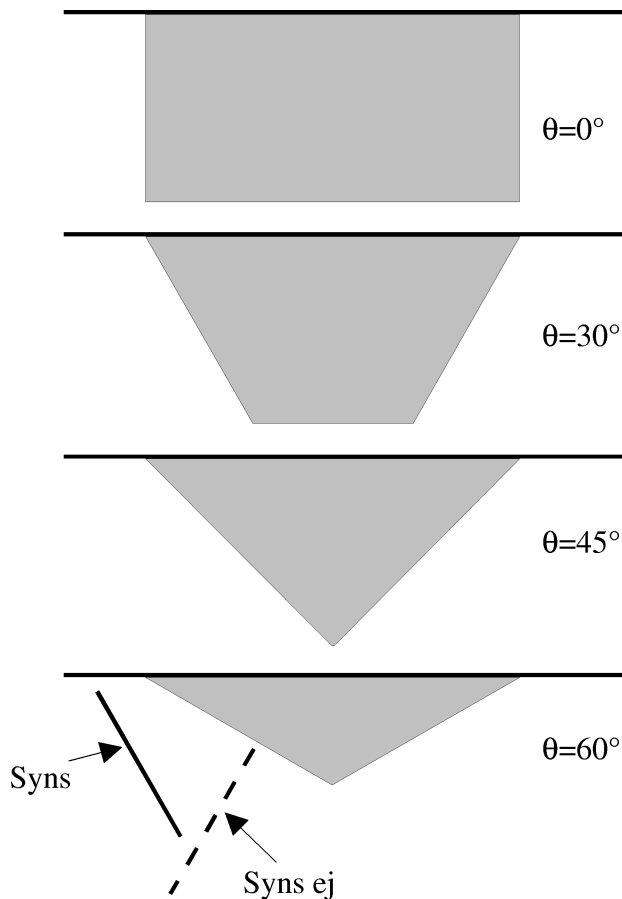
3.5.2 Modellens utsträckning och avgränsning

Generellt kan sägas att undersökningarna är koncentrerade i mitten av modellområdet vilket är en ganska typisk situation vid modellering. I djupled är undersökningarna, av naturliga skäl, fler och mer omfattande ju närmare ytan man kommer.

I detta fall är de reflektionsseismiska undersökningarna och borrhålen dessutom koncentrerade till områdets östra halva, se Figur 5-5 och Figur 5-8. Detta medför att föreliggande modell har en högre grad av relevans i mitten av modellområdet mot den östra delen, närmast seismikprofiler och borrhål, än den har mot kanterna. Osäkerheten ökar mot djupet.

Med de reflektionskoefficienter som deformationszonerna har (låga) finns det inget problem med skuggzoner, energi går igenom zonerna. Däremot, är belysningsvolymen för reflektionsseismiken begränsad eftersom linjerna är korta i förhållande till modellvolymen. Zoner som stupar ut från seismiklinjerna är svårare att detektera eftersom de bara kan ses på en kort del av seismiksektionen. Dessutom finns ingen 3D-kontroll på strykning och stupning för eventuella utåt stupande zoner från seismiken då det inte finns någon korsande linje för att verifiera dessa parametrar.

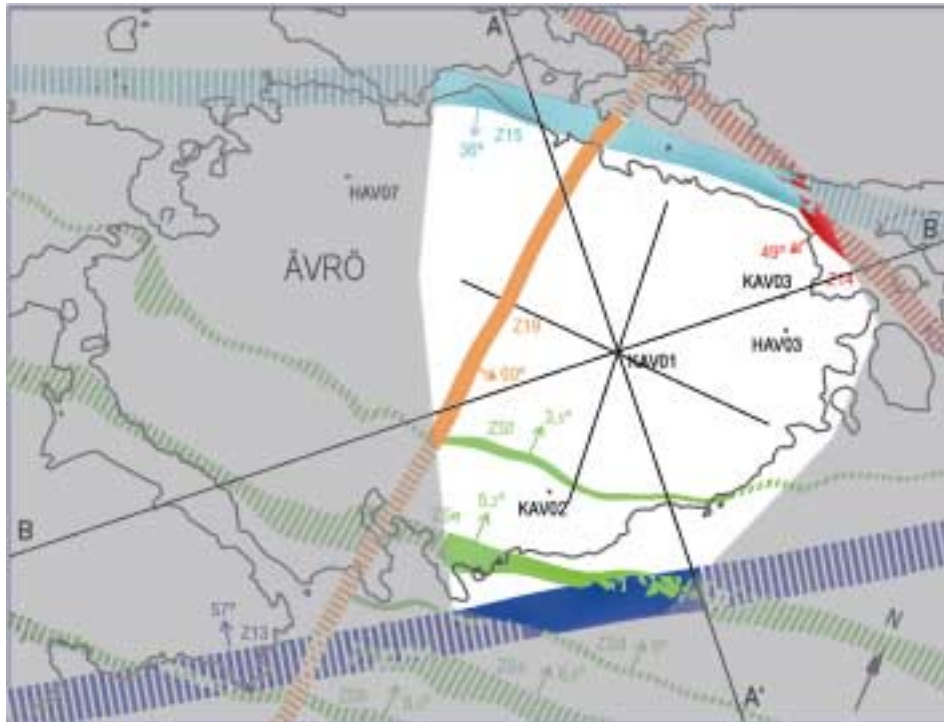
I Figur 3-19 visas den area som belyses längs en profil för olika brant stupande reflektorer. Sub-horisontella ($\theta=0$) reflektorer belyses längs hela seismikprofilen. Allteftersom lutningen på reflektorena ökar belyses ett allt mindre område. De grå områdena i figuren visar, för ett antal olika vinklar, den area inom vilken alla reflektorer med lutning upp till given vinkel belyses. Reflektorer med stupningar större än denna vinkel utanför detta område kan synas om de ligger gynnsamt till. I figuren antas det att geometrin är 2D. Om geometrin är 3D blir problemet mer komplicerat, men principen är densamma.



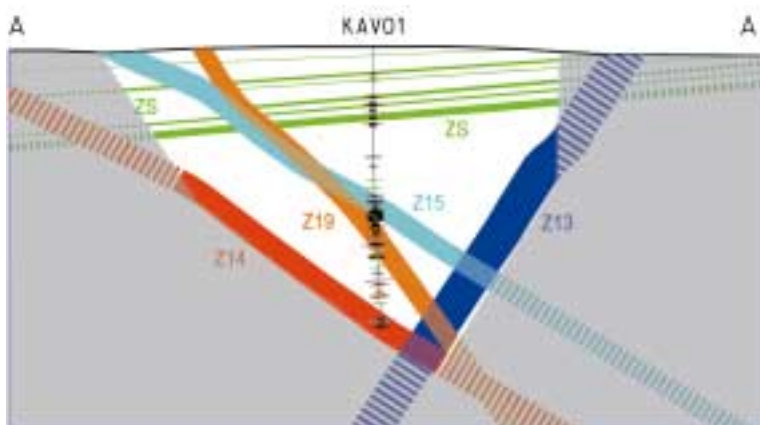
Figur 3-19. Den area som belyses längs en profil för olika brant stupande reflektorer.

De borrhål som ingår i denna studie är relativt få och dessutom ganska korta. Med hjälp av dessa har vi ganska väl kunnat validera de från reflektionsseismiken antagna stupningarna. Däremot är borrhålen, i likhet med de reflektionsseismiska profilerna, koncentrerade till Ävrös östra sida. Detta medför en stor osäkerhet vad gäller modelleringen av västra Ävrö.

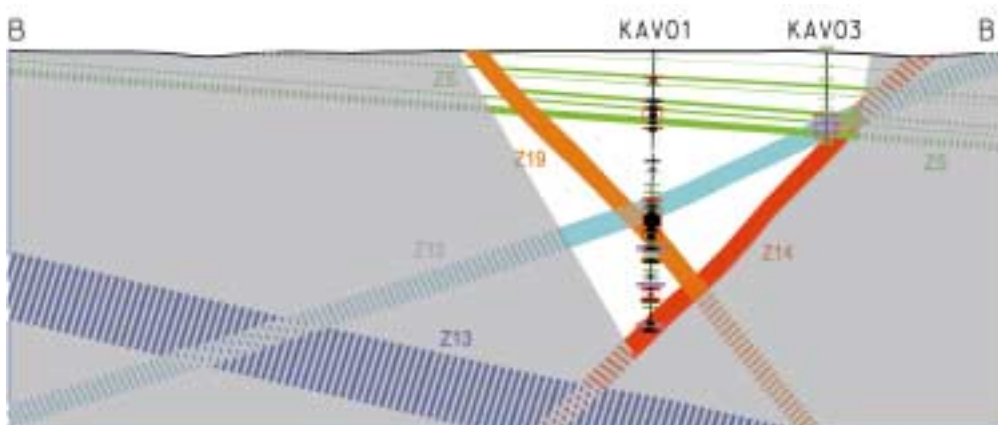
Nedan presenteras osäkerheten i plan och profil. De områden där osäkerheten är hög är markerade med grå färg. De delar av de modellerade strukturerna som inte validerats med reflektionseismik eller borring är streckade.



Figur 3-20. Planskiss. Områden med hög osäkerhet markerade med grått. Delar av strukturer som inte validerats med borrhning eller reflektionsseismik är streckade.



Figur 3-21. Snitt A-A'. Områden med hög osäkerhet markerade med grått. Delar av strukturer som inte validerats med borrhning eller reflektionsseismik är streckade.



Figur 3-22. Snitt B-B'. Områden med hög osäkerhet markerade med grått. Delar av strukturer som inte validerats med borrhning eller reflektionsseismik är streckade.

4 Beskrivning av modellarbetet

4.1 Topografisk modellering

Den topografiska modellen framställdes i modellversion 1 via RVS-funktionen 'Model Surface' och sparats som typen 'Ground Surface', d v s en modellering av markytan. Någon modell av bergöverytan har inte gjorts då tillräckligt underlag saknas.

Ingen revision av den topografiska modellen har gjorts i modellversion 2 och 3.

4.2 Litologisk modellering

4.2.1 Modellversion 1

Den ytlitologiska modellen har framställts i standard MicroStation med underlagsmaterialet, enligt kapitel 5.2, som referensfiler. Den har sedan tagits in i RVS via funktionen 'Import DGN' och sparats som ett objekt.

4.2.2 Modellversion 2

I beskrivningarna nedan används följande beteckningar för reflektorerna i de två seismiklinjerna, se även kapitel 5.3:

Linje 1 (E-W) innehållande 9 utvalda reflektorer, benämnda 1_1 till 9_1 .

Linje 2 (N-S) innehållande 10 utvalda reflektorer, benämnda 1_2 till 10_2 .

Tre av de utvalda reflektorerna har tolkats som reflektioner från linsformade grönstenskroppar.

Den ytlitologiska modellen från modellversion 1 ligger kvar oförändrad och har inte påverkats av modellarbetet i modellversion 2.

Basiska bergartslinser (grönsten)

Reflektorerna 7_2 , 8_2 och 9_2 tolkades, utgående från seismiska data, härröra från basiska bergartslinser (grönsten). Dessa modellerades att ligga vertikalt under mätpunkterna. Strykningen förutsattes vara öst-västlig och bredden anpassades till reflektionspunkterna.

För närmare beskrivning, se kapitel 3.4.1 samt *Figur 3-7*.

4.2.3 Modellversion 3, slutlig version

Utplaceringen av linser i modellvolymen har gjorts med ledning av observationer i markytan och i borrhål. Observerad frekvens, form, orientering och fördelning antas vara representativ i hela 3D-modellen.

De slumpmässigt utplacerade linserna har samtliga samma mått. I praktiken är varken form eller storlek så likartad som i modellen. Observationerna i borrhålen, i ytan och slutsatserna från reflektionsseismiken tyder på att både större och mindre kroppar finns. Vald storlek och form kan ändå anses vara ”typisk” och för de enskilda linserna finns inga observationer som skulle kunna motivera en variation i modellen. En sådan variation skulle kunna ge intrycket av att det finns mer information än det faktiskt gör.

Grönsten

Samtliga grönstenslinser har en långsträckt och något ”tillplattad” form. Linser har placerats där grönstenar observerats i borrhål och på markytan. Tre större linser har modellerats utgående från seismiska reflektorer, se modellversion 2, kapitel 3.3.1. Förutom dessa har ett antal linser slumpmässigt placerats ut i modellvolymen som beskrivs nedan.

I markytan har fem grönstenslinser placerats. Fyra av dessa har måtten $l=125$, $b=25$, $h=20$ meter, den sjätte som ligger på centrala Ävrö är större och har måtten $l=300$, $b=60$, $h=50$ meter. Tre centralt placerade linser har orienteringen 58° (70° mot lokalt norr) medan två linser i södra Ävrö har orienteringen 88° (100° mot lokalt norr).

Linserna som placerats längs borrhålen, sju längs KAV01 och en längs KAV03 har samma form men är, i flera fall, betydlig mindre. Storleken har anpassats efter de observationer som gjorts i borrhålen. Linserna har placerats centralt runt borrhålet. Det finns inget stöd för att så är fallet men heller ingen grund att placera dem på annat sätt. Samtliga har getts en orientering på 58° (70° mot lokalt norr).

De tre linser som modellerats utgående från reflektionsseismiken har följande mått:
Lins1: $l=300$, $b=120$, $h=25$, Lins2 och 3: $l=250$, $b=100$, $h=20$ meter.

De slumpmässigt utplacerade linserna har samtliga måtten $l=125$, $b=25$, $h=20$ meter. Orienteringen har varierats från 58° (70° mot lokalt norr) i norra och centrala delen av modellvolymen till 88° (100° mot lokalt norr) i den södra delen. Totalt har 59 stycken slumpmässigt placerade grönstenslinser lagts in i modellen. Detta motsvarar 13,5 linser per km^3 i modellvolymen eller en lins i varje kub om volymen fylldes med kuber med 420 meter sida åt alla håll. Den totala andelen grönsten i modellvolymen blir på detta sätt c:a 0,05%.

I borrhålen är denna halt c:a 3%, att lägga en så hög halt i modellvolymen är dock mycket tidskrävande och gör modellen mindre illustrativ. I en modell i mer detaljerad skala (mindre modellvolym) kan det dock vara motiverat att lägga de modellerade linserna tätare.

Finkornig granit

Samtliga linser av finkornig granit har en form liknande en brantstående disk. Linser har placerats där finkornig granit observerats i borrhål och på markytan. Förutom dessa har ett antal linser slumpmässigt placerats ut i modellvolymen såsom beskrivs nedan.

I markytan har sex linser av finkornig granit placerats. Samtliga har $l=75$, $b=10$, $h=50$ meter. Orienteringen varierar för dessa linser från 78° (90° mot lokalt norr) i södra delen av Ävrö och på Simpevarp till 38° (50° mot lokalt norr) norr om Ävrö och på den östra delen av ön.

Linserna som placerats längs borrhålen, sju längs KAV01, en längs KAV02 och två längs KAV03 har samma form men är, i likhet med grönstenslinserna, i de flesta fall betydlig mindre. Storleken har anpassats efter de observationer som gjorts i borrhålen. Även dessa linser har placerats centralt runt borrhålet i brist på annan information.

De slumpmässigt utplacerade linserna har samtliga måtten $l=75$, $b=10$, $h=50$ meter. Orienteringen har varierats från 38° (50° mot lokalt norr) i norra delen av modellvolymen till 78° (90° mot lokalt norr) i den södra delen. Totalt har 88 stycken slumpmässigt

placerade linser av finkornig granit lagts in i modellen. Detta motsvarar 20 linser per km³ i modellvolymen eller en lins i varje kub om volymen fylldes med kuber med 370 meter sida åt alla håll. Den totala andelen finkornig granit i modellvolymen blir även den på detta sätt c:a 0,05%.

Även för de finkorniga graniterna är halten i borrhålen högre, c:a 1,5%, se kapitlet om grönstenar ovan.

Metavulkanit

Det centrala stråket av metavulkanit har modellerats utgående från det karterade/modellerade läget i ytan från modellversion 1, *Figur 3-2*. Det smala stråket genom centrala Ävrö har modellerats som en kropp som kilar ut brant mot djupet. Kroppen når ett maximalt djup på drygt 300 meter.

Linser av vulkanit har endast placerats vid ytobservationer, 3st, och längs borrhålet KAV01, 2 st. Dessa linser har en form liknande grönstenslinserna, storleken varierar, en lins på södra Ävrö har måtten l=200, b=75, h=60 meter, orientering 68° (80° mot lokalt norr), de två andra linserna på östra Ävrö har måtten l=75, b=25, h=20 meter, orientering 78° (90° mot lokalt norr).

Smålandsgranit

För RVS kommer blockmodellering att införas. Detta innebär att hela modellvolymen under markytan är fylld med block. Alla delar av volymen som inte modellerats som något annat antas då vara det som definierats som huvudbergart. Funktionerna för blockmodellering saknas fortfarande i RVS varför det inte finns något enkelt sätt att fylla volymen med block. Huvudbergarten har därför inte modellerats som objekt i detta projekt.

4.3 Strukturgeologisk modellering

4.3.1 Allmänt

Modellversion 1

Den strukturgeologiska modellen har framställts via RVS-funktionen 'Model Discontinuity'. Strukturernas modellerade läge på markytan och bredd har hämtats från importerad designfil.

Antagen stupning har hämtats från de stupningsbedömningar som gjorts i samband med flyggeofysisk tolkning där sådana bedömningar funnits.

Strukturerna har modellerats som plan med fast strykning, stupning och bredd enligt ovan. För vissa av strukturerna ansattes stupningen till 60-70°, men då inget spann kan sättas på stupningen i RVS har 65° valts.

Namngivningen av strukturerna framgår av *Figur 3-3* och följer numreringen av strukturerna från de geofysiska tolkningarna, *Figur 5-3 /3/*.

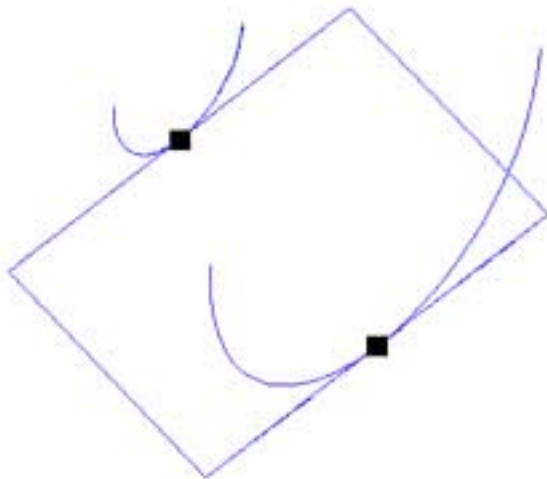
Modellversion 2

Den skraddarsydd RVS-funktionen för tolkning av reflektionsseismik har använts för strukturgeologisk modellering. Genom att bearbeta reflektor för reflektor och passa in dessa mot strukturerna i modellversion 1, se kapitel 3.2.2, erhöles en verifikation av läget och en indikation på stupningen för varje struktur. Modellversion 1 baserades på

magnetiska och elektriska flyg- och markmätningar samt geologisk kartering som inte gav någon nämnvärd information om strukturernas stupning.

Namngivningen av strukturerna framgår av Tabell 3-4 och följer numreringen från modellversion 1, se kapitel 3.2.2.

Importen av reflektionsseismiska data sker automatiskt och varje seismiklinje sparas som ett RVS-objekt med de olika reflektorerna som subobjekt. För varje reflektor kan avståndet mellan reflektor och de två detektionspunkterna bestämmas men inte riktningen. Detta innebär att reflektorn kan ligga var som helst längs två halvellipser som motsvarar det radiella avståndet mellan detektionspunkterna och reflektorn. RVS-funktionen gör en analys möjlig genom att reflektorn dynamiskt kan vridas runt undersökningslinjen längs dessa halvellipser, *Figur 4-1*. En passning mot tidigare modellerade strukturer i den tredimensionella rymden kan därmed göras.



Figur 4-1. Planet kan glida längs halvellipserna. de två markerade punkterna bildar indata till modelleringen.

Efter passning mellan reflektorer och strukturer användes de två reflektionspunkterna, se *Figur 4-1*, för varje reflektor som indata till modellering med RVS-funktionen "Model Discontinuity" där ett plan räknas fram matematiskt för bästa anslutning till punktsvärmen. Detta plan sparas som en vindlande struktur som får passera genom punkterna och som åsattes en tjocklek som ger ett utbredning i markytan enligt ytundersökningarna.

Modellversion 3

Namngivningen av strukturerna framgår av Tabell 3-4 och följer numreringen från modellversion 1, kapitel 3.2.2 och modellversion 2, kapitel 3.3.2.

Borrhålen och de mätta parametrarna i dessa visualiserades, se kapitel 5.4.2.

En passning mellan observationerna i borrhålen mot tidigare modellerade strukturer i den tredimensionella rymden kan därmed göras.

En struktur modelleras genom att de punkter som motsvarar observationerna av strukturen i rymden samlas till en punkttabell. Ett plan som passar mot punktsvärmen räknas sedan fram matematiskt.

Modelleringen har i RVS tillgätt så att visualiserade data jämförts med strukturerna från modellversion 2. Till punktlistan för varje struktur har sedan data hämtats från de borrhål där strukturen bedömts skära. Detta har skett genom att mittpunkten av den utvärderade skärningen mellan strukturen och borrhålet lagts till punktlistan för respektive struktur. Längden av observationerna i borrhålet har gett indata till bedömningen av respektive strukturs tjocklek.

För varje struktur läggs alltså de punkter i borrhålen som bedöms härröra från strukturen till de punkter som från modellversion 2 bedömdes härröra från samma struktur. Detta var två reflektionspunkter för varje reflektor. Denna punktsvärm används som indata till modellering med RVS-funktionen "Model Discontinuity" där ett plan räknas fram matematiskt för bästa anslutning till punktsvärmen. Detta plan sparas som en vindlande struktur som får passera genom punkterna och som åsätts en tjocklek som ger en utbredning som överensstämmer med observationerna av strukturen i borrhålen och i markytan enligt ytundersökningarna.

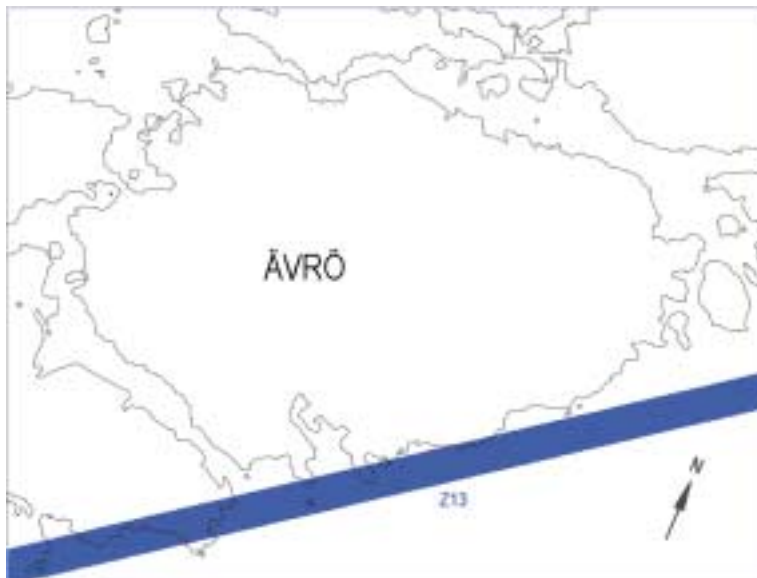
Nedan beskrivs, struktur för struktur, hur denna passning gjorts, vilka punkter som använts och vilken bredd som antagits.

4.3.2 Struktur Z13

Modellversion 1

Strykning, läge och bredd för struktur Z13 tolkades från ytkartering och geofysisk tolkning. Strykning= $221,8^{\circ}$ ($233,6^{\circ}$ mot lokalt norr), bredd=100 m.

Ingen stupningsbedömning har funnits i underlagsmaterialet varför strukturen fått förbli vertikal i den tredimensionella modellen.



Figur 4-2. Planbild över Z13 i modellversion 1. Skala 1:25000.

Modellversion 2

Träff för reflektor 5₁, 6₁, 8₁, 5₂. Reflektorerna låstes med följande orientering (strykning/stupning) strykning angiven mot lokalt norr:

5₁ => 236,5/58,05
6₁ => 245,3/58,03
8₁ => 229,92/58,06
5₂ => 234,37/58,09

Alla utom 8₁ faller in väl på ett plan, vinkelrät avstånd c:a 10 m. Avstånd från 8₁ till övriga c:a 70 m.

För modelleringen av Z13 samlades punkter från 5₁, 6₁, 5₂. Punkterna från 8₁ användes inte för att räkna fram planet då dessa låg en bit från de övriga och därmed kunde ge ett missvisande plan. Punkterna redovisas i den sammanfattande punkttabellen under modellversion 3 nedan. Mellan de sex punkterna som användes räknades ett plan med bästa passning ut med minsta kvadratmetoden. Inga punkter från markobservationer användes för att styra planets riktning då sådana saknas. Punktobservationerna för struktur Z13 listas i Tabell 4-1.

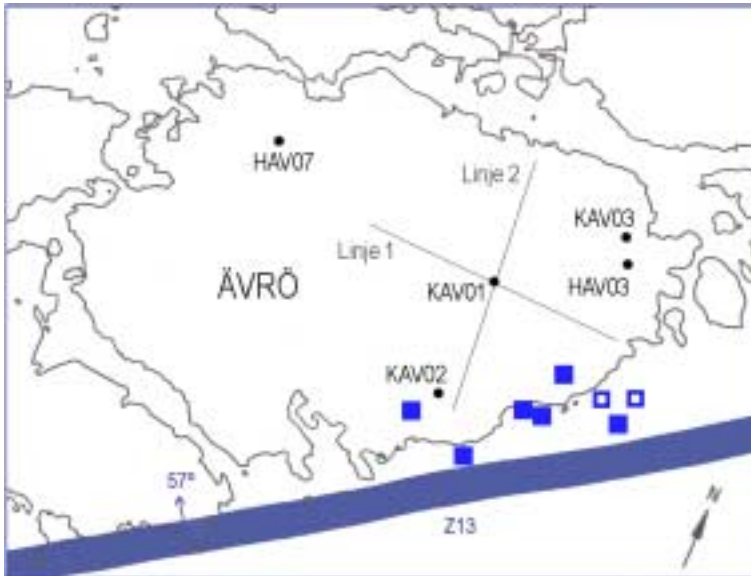
Uträkningen gav följande resultat för Z13: Strykning=224,99° (236,81° mot lokalt norr), stupning=56,63°. Bredden sattes till 100 m, se Tabell 3-4 och Tabell 4-6.

Modellversion 3, slutlig version

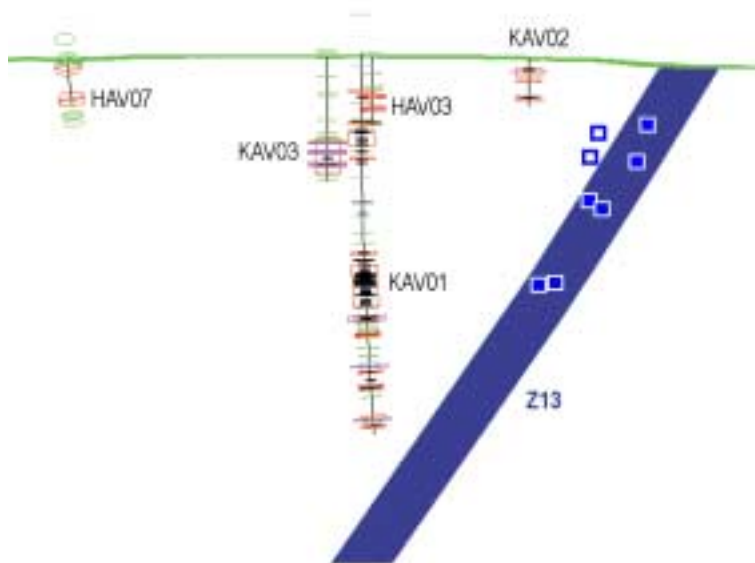
Den seismiskt tolkade strukturen Z13 kan med sin antagna branta stupning inte korreleras med något av borrhålen, Figur 4-4. Z13 kunde under modellversion 2 korreleras med god överensstämmelse med fyra reflektionsseismiska reflektorer och kan därmed ändå anses vara väl bestämd.

Tabell 4-1. Punktlista i koordinatsystem ÄSPÖ96 för struktur Z13. I kolumnen Symb. visas den symbol som används för respektive punkt i plan- och profilfigurer.

Punktkälla	X	Y	Z	v2	v3	Symb.
Seismik/2a/005/Z13-2	3983,39	6195,11	-445,26	Ja	Ja	■
Seismik/2a/005/Z13-2	3789,15	5811,57	-126,33	Ja	Ja	■
Seismik/1a/005/Z13-4	3564,08	5882,73	-440,88	Ja	Ja	■
Seismik/1a/005/Z13-4	3966,12	6037,84	-294,24	Ja	Ja	■
Seismik/1a/006/Z13-3	3909,27	6028,41	-277,89	Ja	Ja	■
Seismik/1a/006/Z13-3	4212,50	6114,94	-200,85	Ja	Ja	■
Seismik/1a/008/Z13-5	4129,85	6169,56	-190,38	Nej	Nej	□
Seismik/1a/008/Z13-5	4232,76	6218,63	-144,33	Nej	Nej	□



Figur 4-3. Planbild över Z13 i modellversion 2 och 3. Skala 1:25000. Seismikpunkter i blått, de fyllda användes i beräkningen, se Tabell 4-1.



Figur 4-4. Profil av Z13 i modellversion 2 och 3 tillsammans med borrhål. Seismikpunkter i blått, de fyllda användes i beräkningen, se Tabell 4-1.

Z13 behåller därmed den geometri som modellerades fram i modellversion 2. Strykning= $224,99^\circ$ ($236,81^\circ$ mot lokalt norr), stupning= $56,63^\circ$. Tjocklek 100 m, se Tabell 3-4 och Tabell 4-6.

4.3.3 Struktur Z14

Modellversion 1

Strykning, läge och bredd för struktur Z14 tolkades från ytkartering och geofysisk tolkning. Strykning= $96,7^\circ$ ($108,5^\circ$ mot lokalt norr), bredd=70 m.

Strukturen modellerades som ett plan med fast strykning, stupning och bredd enligt ovan. Stupningen ansattes till $60-70^\circ$, men då inget spann kan sättas på stupningen i RVS har 65° valts.



Figur 4-5. Planbild över Z14 i modellversion 1. Skala 1:25000.

Modellversion 2

Träff för reflektor 10_1 , 6_2 . Reflektorerna låstes med följande orientering (strykning/stupning) strykning angiven mot lokalt norr:

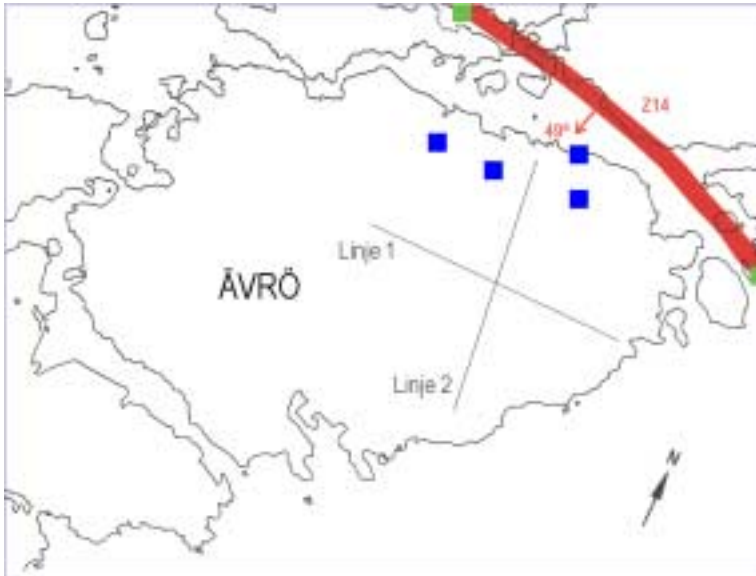
$10_1 \Rightarrow 94,73/45,73$

$6_2 \Rightarrow 120,55/45,86$

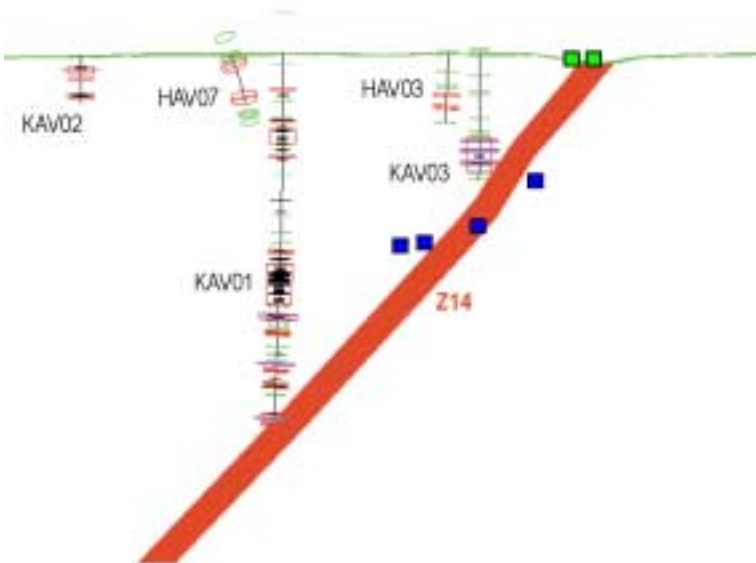
De faller, som synes av strykningen inte särskilt väl på ett plan.

För modelleringen av Z14 samlades punkter från de två reflektorerna samt två punkter från markobservationer som användes för att styra planets riktning. Seismikpunkterna redovisas i den sammanfattande punkttabellen under modellversion 3 nedan. Mellan de sex punkterna som användes räknades ett plan med bästa passning ut med minsta kvadratmetoden. Punktobservationerna för struktur Z14 listas i Tabell 4-2.

Uträkningen gav följande resultat för Z14: Strykning= $94,85^\circ$ ($106,67^\circ$ mot lokalt norr), stupning= $48,55^\circ$. Tjockleken sattes till 50 m, se Tabell 3-4 och Tabell 4-6.



Figur 4-6. Planbild över Z14 i modellversion 2. Skala 1:25000. Använda seismikpunkter i blått, markytepunkter i grönt, se Tabell 4-2.



Figur 4-7. Profil Z14 i modellversion 2 tillsammans med borrhålen som tillkom efter modelleringen. Använda seismikpunkter i blått, markytepunkter i grönt, se Tabell 4-2.

Modellversion 3, slutlig version

Z14 kan möjligen korreleras med sprickrika och hydrauliskt konduktiva avsnitt i de djupaste delarna av KAV01 och KAV03, Figur 4-7. Det djupaste partiet av KAV03 tolkas även härröra från zon Z15, se kapitel 4.3.4.

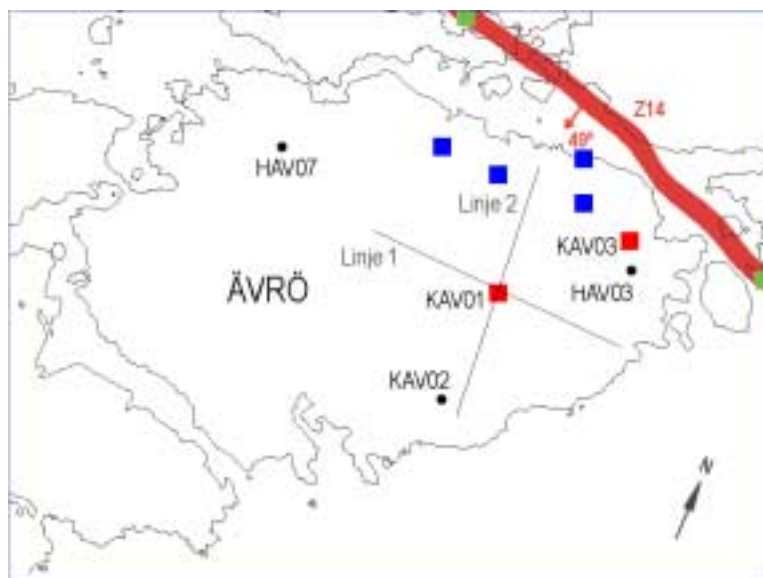
För modelleringen av Z14 samlades punkter från dessa två borrhål vilka lades till punkterna från modellversion 2. Detta var punkter från de två reflektorerna samt två punkter från markobservationer som användes för att styra planets riktning.

Mellan dessa åtta punkter, Tabell 4-2, räknades ett plan med bästa passning ut med minsta kvadratmetoden. Detta plan vindlar för att passera med sitt centrum nära, eller genom, varje punkt. Punktobservationerna för struktur Z14 listas i Tabell 4-2.

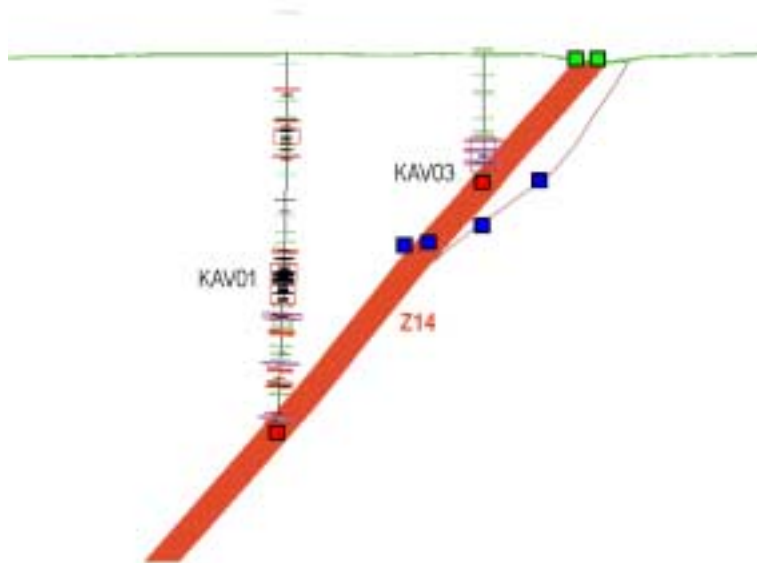
Tabell 4-2. Punktlista i koordinatsystem ÄSPÖ96 för struktur Z14. I kolumnen *Symb.* visas den symbol som används för respektive punkt i plan- och profilfigurer.

Punktkälla	X	Y	Z	v2	v3	Symb.
Seismik/2a/006/Z14-3	3793.51	6753.84	-331.31	Ja	Ja	■
Seismik/2a/006/Z14-3	3733.67	6890.39	-241.47	Ja	Ja	■
Seismik/1a/010/Z14-2	3499.17	6730.16	-366.73	Ja	Ja	■
Seismik/1a/010/Z14-2	3294.68	6741.95	-371.96	Ja	Ja	■
Markyta	4441.83	6751.90	0.00	Ja	Ja	■
Markyta	3193.46	7171.89	0.00	Ja	Ja	■
KAV01	3652.67	6369.86	-743.52	-	Ja	■
KAV03	3985.32	6696.52	-245.77	-	Ja	■

Uträkningen gav följande resultat för Z14: Strykning=95,06° (106,88° mot lokalt norr), Stupning 49,02°. Tjocklek 50 m behölls, se Tabell 3-4 och Tabell 4-6.



Figur 4-8. Planbild över Z14 efter ommodellering. Skala 1:25000. Använda seismikpunkter i blått, markytepunkter i grönt, borrhålspunkter i rött, se Tabell 4-2.



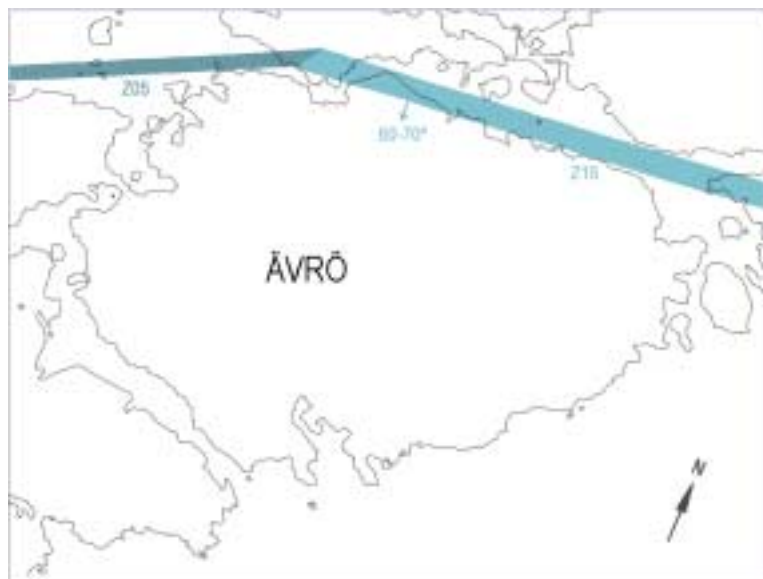
Figur 4-9. Profil av Z14 efter ommodellering. Den smala linjen indikerar vindling utanför snittplanet. Använda seismikpunkter i blått, markytepunkter i grönt, se Tabell 4-2.

4.3.4 Struktur Z15 (Z05+Z15)

Modellversion 1

De två strukturerna Z05 och Z15 som modellerades i modellversion 1 kom i senare versioner att slås samman till en struktur med namnet Z15. Strykning, läge och bredd tolkades från ytkartering och geofysisk tolkning. Struktur Z05: Strykning=52,2° (64,0° mot lokalt norr), bredd=45 m. Struktur Z15: Strykning=71,8 (83,6° mot lokalt norr), bredd=75 m.

Strukturerna modellerades som plan med fast strykning, stupning och bredd enligt ovan. Stupningen ansattes för båda strukturerna till 60-70°, men då inget spann kan sättas på stupningen i RVS har 65° valts.



Figur 4-10. Planbild över Z05 och Z15 i modellversion 1. Skala 1:25000.

Modellversion 2

Träff för reflektor 7_1 , 9_1 , 3_2 mot Z15. Reflektorerna lästes med följande orientering (strykning/stupning) strykningen angiven mot lokalt norr:

$7_1 \Rightarrow 93,83/33,70$

$9_1 \Rightarrow 87,30/33,28$

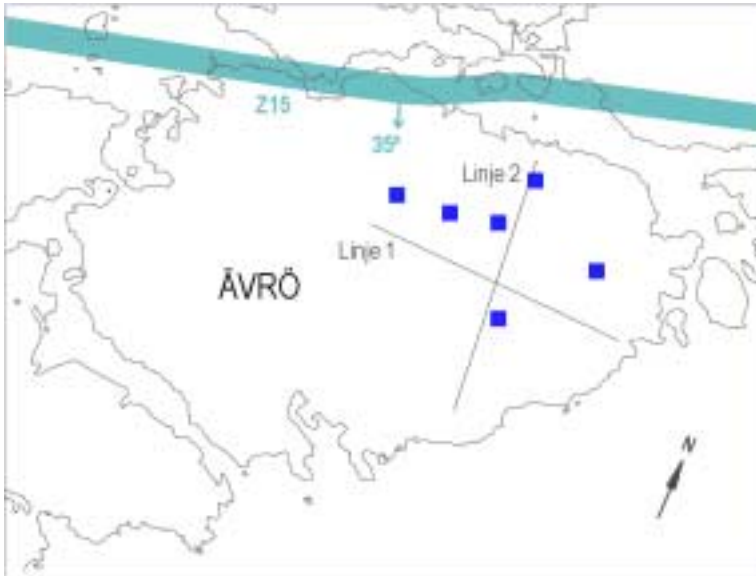
$3_2 \Rightarrow 93,95/33,65$

Reflektorerna 3_2 och 9_1 , faller in väl på ett plan, det vinkelräta avståndet från dessa till 7_1 är drygt 100 m.

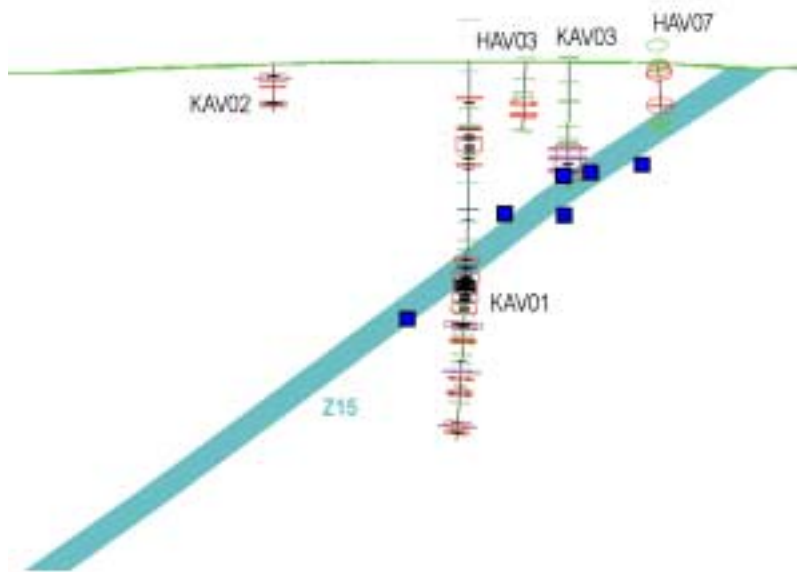
För modelleringen av Z15 samlades ändå punkter från samtliga tre. Seismikpunkterna redovisas i den sammanfattande punkttabellen under modellversion 3 nedan. Den matematiska passningen gav nämligen ett rimligt värde på planet trots att inte alla plan faller väl in på ett gemensamt plan. Mellan dessa sex punkter räknades ett plan med bästa passning ut med minsta kvadratmetoden. Inga punkter från markobservationer användes för att styra planets riktning då sådana saknas. Punktobservationerna för struktur Z15 listas i Tabell 4-3.

Uträkningen gav följande resultat för Z15: Strykning= $61,97^\circ$ ($73,79^\circ$ mot lokalt norr), stupning= $34,82^\circ$. Tjockleken sattes till 50 m, se Tabell 3-4 och Tabell 4-6.

Strykningsvärdet och läget för detta plan är ungefär ett medelvärde mellan Z05 och Z15 varför det extrapolerade planet kan antas representera såväl Z05 som Z15. Detta trots att inga observationer gjorts direkt mot läget för Z05, förmodligen främst beroende på avståndet mellan denna struktur och seismiklinjerna.



Figur 4-11. Planbild över Z15 i modellversion 2. Skala 1:25000. Använda seismikpunkter i blått, se Tabell 4-3.



Figur 4-12. Profil av Z15 i modellversion 2 tillsammans med borrhålen som tillkom efter modelleringen. Använda seismikpunkter i blått, se Tabell 4-3.

Modellversion 3, slutlig version

Z15 kan sannolikt korreleras med det sprickrika, delvis krossade och leromvandlade avsnittet mellan c:a 420-500 m i KAV01, samt de avsnitt med smala krossade partier som föreligger i nedre delen av KAV03. Möjligen kan också de sprickrika djupare delarna av HAV07 vara en del av Z15, Figur 4-14

Det uppspruckna partiet av KAV01 tolkas även härröra från zon Z19, se kapitel 4.3.6. Det djupaste partiet av KAV03 tolkas även härröra från zon Z14, se kapitel 4.3.3.


























För modelleringen av Z15 samlades punkter från borrhål KAV01, KAV03 och HAV07. Dessa lades till de sex punkterna från de tre reflektionsseismiskt tolkade reflektorerna.

Ett test med att räkna fram ett plan med bästa passning mot denna punktsvärm med minsta kvadratmetoden gav en yta med strykning=64,08° (75,90° mot lokalt norr), stupning=38,29° men som blir mycket vindlande. Ytan ville dessutom dra upp mot nordväst vilket motsäger tolkningarna från markgeofysiken /3/.

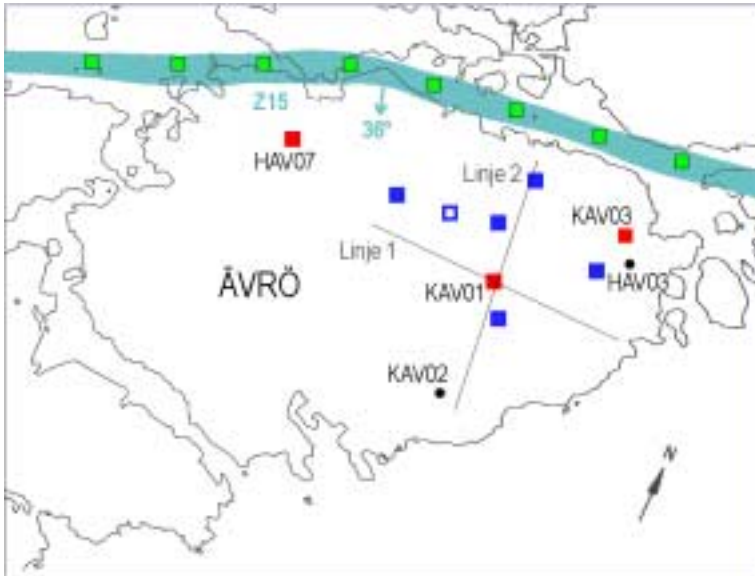
Under modellversion 2 antogs planet representera såväl Z05 som Z15 från modellversion 1. Vid en närmare analys av punktsvärmen efter tillägg av borrhåls punkterna framkom att svårigheten att anpassa ett plan till punktsvärmen bestod främst i att punkten i väster från HAV07 vill dra ner den västra delen och gör denna del svår att passa med den östra. Detta indikerade ett utseende som innebär en delvis återgång till det ursprungliga utseendet (för Z05 och Z15) med ett markläge som böjer norr om Ävrö men som planar ut mot slutet.

10 stympunkter, motiverade av markgeofysisk tolkning och topografi lades därför till (se *Figur 4-14*). Genom denna manöver erhöles en struktur som, trots att den bygger på fem av de sex punkterna från de tre tolkade seismikreflektorerna samt de tre punkterna från borrhålet, inte svänger alltför våldsamt. Mot djupet avtar stympunkternas inflytande vilket innebär att den inte har det böjda utseendet. Punktobservationerna för struktur Z15 listas i Tabell 4-3.

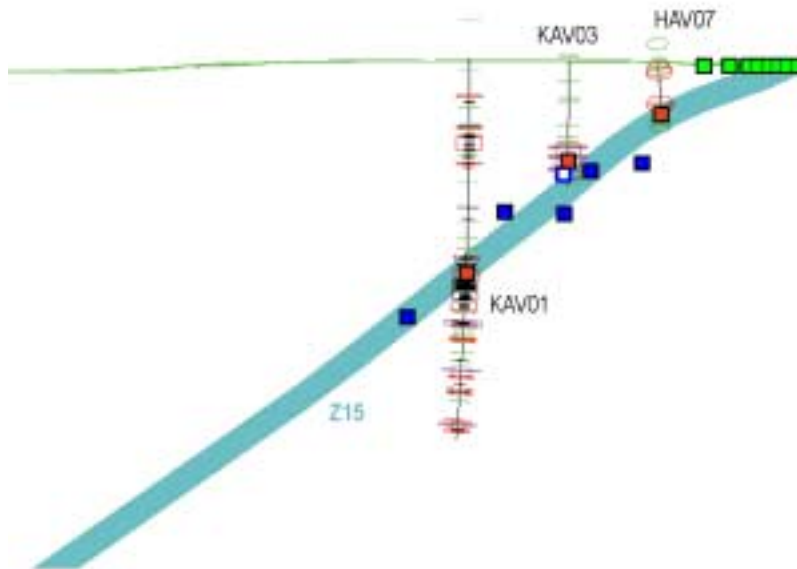
Tabell 4-3. Punktlista i koordinatsystem ÄSPÖ96 för struktur Z15. I kolumnerna v2/Symb. respektive v3/Symb. visas den symbol som används för respektive punkt i plan- och profilfigurer för version 2 respektive 3.

Punktkälla	X	Y	Z	v2 / Symb.	v3 / Symb.
Seismik/2a/003/Z15-2	3704,86	6282,15	-501,93	Ja 	Ja 
Seismik/2a/003/Z15-2	3635,79	6747,05	-196,38	Ja 	Ja 
Seismik/1a/007/Z15-3	3942,00	6553,16	-291,70	Ja 	Ja 
Seismik/1a/007/Z15-3	3580,03	6569,40	-297,01	Ja 	Ja 
Seismik/1a/009/Z15-4	3423,07	6523,41	-216,56	Ja 	Nej 
Seismik/1a/009/Z15-4	3238,40	6525,77	-209,32	Ja 	Ja 
KAV01	3644,29	6386,85	-412,58	-	Ja 
KAV03	3985,38	6696,69	-189,78	-	Ja 
HAV07	2848,53	6556,80	-98,06	-	Ja 
-> Profile	1654,23	6309,15	0,00	-	Ja 
-> Profile	2134,99	6541,10	0,00	-	Ja 
-> Profile	2390,59	6664,41	0,00	-	Ja 
-> Profile	2646,19	6787,73	0,00	-	Ja 
-> Profile	2916,51	6859,19	0,00	-	Ja 
-> Profile	3198,78	6888,56	0,00	-	Ja 
-> Profile	3481,05	6917,93	0,00	-	Ja 
-> Profile	3763,31	6947,29	0,00	-	Ja 
-> Profile	4045,58	6976,66	0,00	-	Ja 
-> Profile	4576,51	7031,89	0,00	-	Ja 

Kolumnen "Anv." anger om punkten använts vid den matematiska uträkningen av planet. Även om punkten inte använts (som ena seismikpunkten ovan) bedöms ändå samtliga punkter vara observationer av detta plan. Att den inte används i den matematiska beräkningen innebär endast att strukturens mittpunkt inte tvingas passera punkten.



Figur 4-13. Planbild över Z15 efter ommodellering. Skala 1:25000. Seismikpunkter i blått, marktytpunkter i grönt, borrhåls punkter i rött, se Tabell 4-3. Fyllda punkter användes vid beräkningen.



Figur 4-14. Profil av Z15 efter ommodellering. Seismikpunkter i blått, marktytpunkter i grönt, borrhåls punkter i rött, se Tabell 4-3. Fyllda punkter användes vid beräkningen.

Medelstrykning= $64,33^\circ$ ($76,15^\circ$ mot lokalt norr), västra delen c:a 55° , östra delen c:a 72° , stupning= $35,61^\circ$. Bredd 50 m behölls, se Tabell 3-4 och Tabell 4-6.

4.3.5 Struktur Z18

Modellversion 1

Struktur Z18 modellerades från ytkartering och geofysisk som en struktur med tre grenar med strykning på 58° , 66° och 75° (70° , 78° och 87° mot lokalt norr). Bredden tolkades till 60 m.

Ingen stupningsbedömning har funnits i underlagsmaterialet varför strukturen fått förbli vertikal i den tredimensionella modellen.



Figur 4-15. Planbild över Z18 i modellversion 1. Skala 1:25000.

Modellversion 2 och 3

Inga reflektorer befanns stämma mot den antagna strukturens läge och orientering. Den geofysiskt tolkade strukturen antas därför härröra från litologin, det stråk av vulkanit som sträcker sig tvärs över ön se kapitel 3.2.1, *Figur 3-2*. I modellsteg 2 utgick därför Z18 som antagen deformationszon.

4.3.6 Struktur Z19

Modellversion 1

Strukturen Z19 identifierades inte och modellerades därmed inte i modellversion 1

Modellversion 2

Strukturen Z19 fanns inte med i modellversion 1. Denna tolkades fram i modellversion 2 då reflektor 4₁ och 4₂ misstänktes härröra från en nord-sydligt strykande struktur och de befanns vid modellering väl sammanfalla på ett sådant plan. Reflektorerna låstes med följande orientering (strykning/stupning) strykning angiven mot lokalt norr:

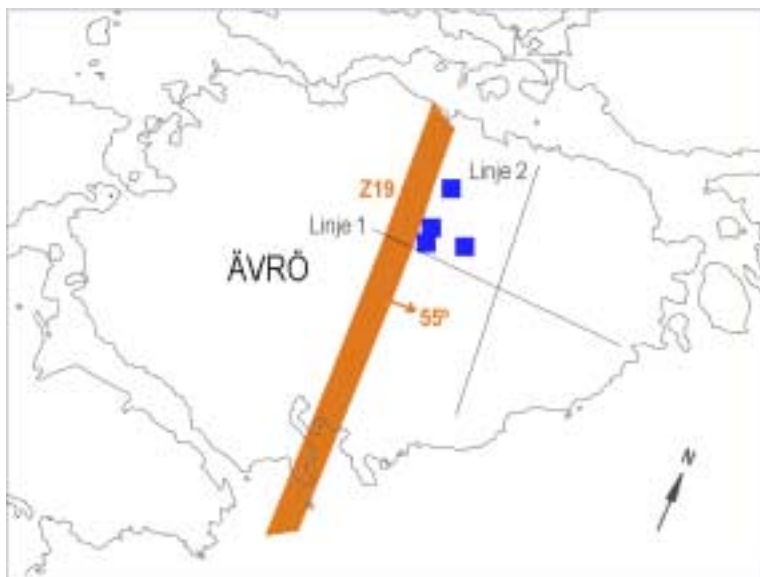
4₁ => 9,58/58,72

4₂ => 4,98/61,90

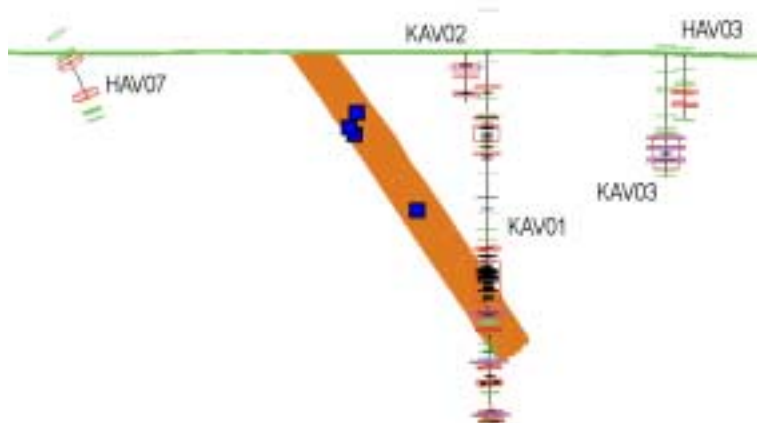
För modelleringen samlades punkter från de två reflektorerna. Seismikpunkterna redovisas i den sammanfattande punkttabellen under modellversion 3 nedan. Mellan dessa fyra punkter räknades ett plan med bästa passning ut med minsta kvadratmetoden. Inga punkter från markobservationer användes för att styra planets riktning då sådana saknas. Punktobservationerna för struktur Z19 listas i Tabell 4-4.

Uträkningen gav följande resultat för Z19: Strykning=345,66° (357,48° mot lokalt norr), stupning=55,14°. Tjockleken sattes till 75 m, se Tabell 3-4 och Tabell 4-6.

Planet skulle kunna tänkas vara den markgeofysiskt modellerade Z19, se *Figur 5-3*, och sparas under detta namn. Planet misstänks inte ha så stor utbredning i nord-sydlig riktning och har vid modellering trunkerats mot Z15 och Z13, se figurer i kapitel 3.3.2.



Figur 4-16. Planbild över Z19 i modellversion 2. Skala 1:25000. Använda seismikpunkter i blått, se Tabell 4-4.



Figur 4-17. Profil av Z19 i modellversion 2 tillsammans med borrhålen som tillkom efter modelleringen. Använda seismikpunkter i blått, se Tabell 4-4.

Modellversion 3, slutlig version

Z19 har mindre tydliga och icke sammanhängande utgåenden i topografien på själva Ävrö. Geofysiska data och god inpassning i topografien speciellt i norr men även söder om Ävrö talar för den nu modellerade sträckningen där zonen dock ej ska betraktas som helt sammanhängande. God korrelation föreligger mellan seismiska reflektorer och det sprickrika avsnittet c:a 420-500 m i KAV01, detta partiet av KAV01 tolkas även härröra från zon Z15, se kapitel 4.3.4.

Till punkterna från geofysiken (fyra punkter från två plan) lades en punkt från KAV01. Resultatet blev en struktur med strykning=345,46° (357,28° mot lokalt norr), stupning=54,30°.

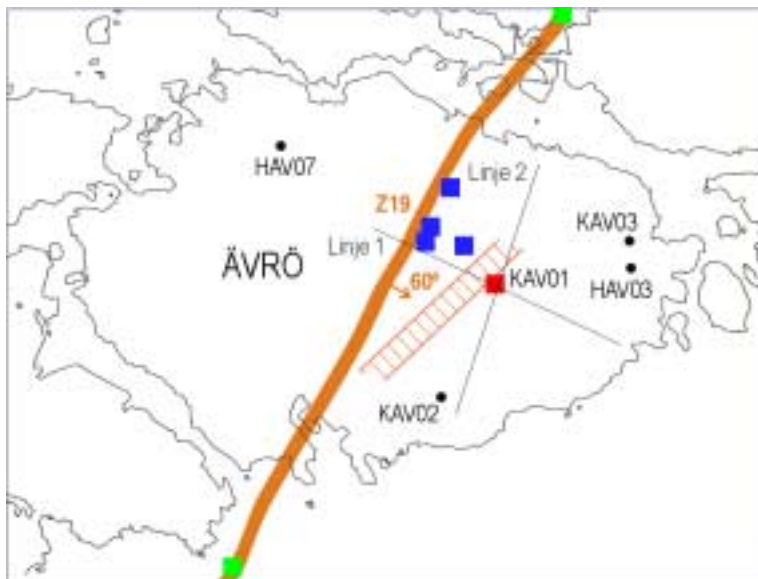
En invändning mot detta sätt att räkna ut strykning och stupning för en struktur som nu antas ha en utbredning över hela, och utanför, modellområdet är att samtliga punkter ligger väldigt tätt, koncentrerade till mitten på Ävrö. Det är då vanskligt att extrapolera strykning då en liten justering kan då ge stort utslag långt från punkterna. I modellsteg två antogs strukturen endast existera i detta område och extrapolerades inte så långt varför problemet inte var så stort då.

För att styra upp Z19 mot kanterna och för att få en bättre överensstämmelse med den markgeofysiska indikationen och topografin lades två extra styrande punkter på markytan till. Dessa punkter valdes inte direkt efter den geofysiska tolkningen utan så att förlängningen av Z19 skulle komma att överensstämma dels med den stora viken i söder, dels med den mindre viken i norr och därmed även till sundet mellan öarna norr om Äspö. Punktobservationerna för struktur Z19 listas i Tabell 4-4.

Bredden för denna genomgående struktur anses med ledning av observationerna vara 25-50 m och sattes för modellobjektet till 40 m.

Tabell 4-4. Punktlista i koordinatsystem ÄSPÖ96 för struktur Z19. I kolumnen *Symb.* visas den symbol som används för respektive punkt i plan- och profilfigurer.

Punktkälla	X	Y	Z	v2	v3	Symb.
Seismik/2a/004/Z19-3	3393,73	6610,25	-142,82	Ja	Ja	■
Seismik/2a/004/Z19-3	3387,35	6467,59	-154,14	Ja	Ja	■
Seismik/1a/004/Z19-2	3512,78	6452,50	-306,42	Ja	Ja	■
Seismik/1a/004/Z19-2	3387,94	6419,66	-112,81	Ja	Ja	■
KAV01	3645,72	6383,87	-482,51	-	Ja	■
Markyta	3508,16	7290,41	0,00	-	Ja	■
Markyta	3233,10	5166,05	0,00	-	Ja	■



Figur 4-18. Planbild över Z19 efter ommodellering. Seismikpunkter i blått, markytepunkter i grönt, borrhålspunkt i rött, se Tabell 4-4. På bilden finns även markgeofysiskt tolkad zon utritad, se Figur 5-3. Skala 1:25000.



Figur 4-19. Profil av Z19 efter ommodellering. Seismikpunkter i blått, markytepunkter i grönt, borrhålspunkt i rött, se Tabell 4-4.

Detta gav en struktur med strykning= $354,76^\circ$ (6.58° mot lokalt norr). Stupning= $60,40^\circ$, Bredd=40m.

4.3.7 Struktur ZS

Modellversion 1

Strukturen ZS identifierades inte och modellerades därmed inte i modellversion 1.

Modellversion 2

Struktur ZS fanns inte med i modellversion 1. Denna tolkades fram i modellversion 2 då reflektorerna 1_1 , 2_1 , 3_1 , 1_2 och 2_2 misstänktes härröra från en subhorisontell struktur. Samtliga utom 1_1 befanns vid modellering väl sammanfalla på ett sådant plan på c:a 175 m djup. Reflektor 1_1 kunde låsas på ett väl korresponderande plan, dock c:a 50 m ovanför övriga plan. Reflektorerna låstes med följande orientering (strykning/stupning) strykning angiven mot lokalt norr:

$1_1 \Rightarrow 276,77/5,58$

$2_1 \Rightarrow 305,44/5,99$

$3_1 \Rightarrow 216,36/8,65$

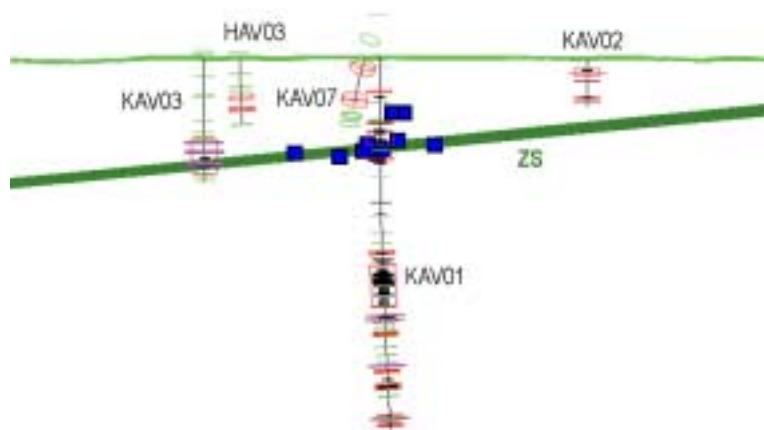
$1_2 \Rightarrow 50,15/6,28$

$2_2 \Rightarrow 305,56/6,31$

De stora skillnaderna i strykning är inte viktiga då små justeringar i vinkel kan slå oerhört mycket för ett subhorisontellt plan.

För modelleringen samlades punkter från samtliga reflektorer utom 1_1 som ligger c:a 50 m ovanför övriga plan. Mellan dessa åtta punkter räknades ett plan med bästa passning ut med minsta kvadratmetoden. Inga punkter från markobservationer användes för att styra planets riktning då sådana saknas.

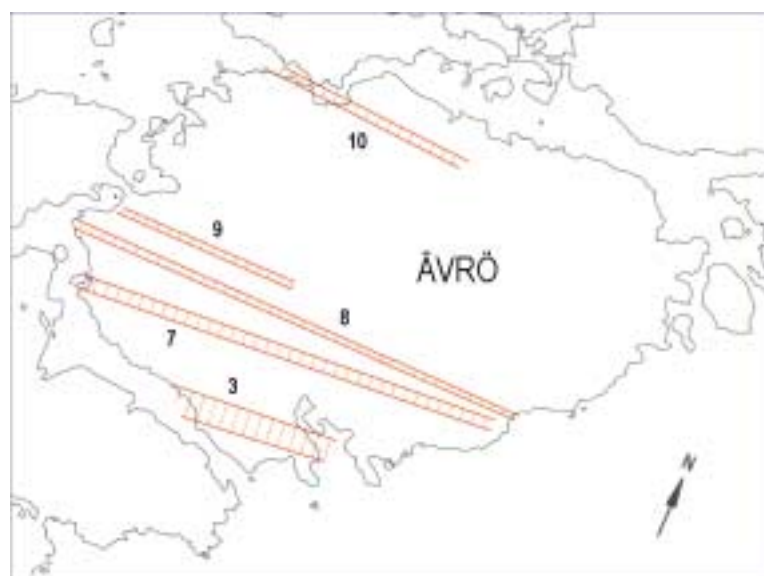
Uträkningen gav följande resultat för ZS: Strykning= $266,04^{\circ}$ ($277,86^{\circ}$ mot lokalt norr), stupning= $5,57^{\circ}$. Tjockleken sattes till 10 m, se Tabell 3-4 och Tabell 4-6. Planet har sparats med namnet ZS.



Figur 4-20. Profil av ZS i modellversion 2. Planbild finns inte då tolkat ytläge hamnar söder om det modellerade området. Seismikpunkter i blått, se Tabell 4-5.

Modellversion 3, slutlig version

Strukturen ZS har modellerats som en deformationszon med ledning av data från seismiska reflektorer, borrhål och geofysisk och topografisk ytinformation. Zonen antages vara komplex till sin uppbyggnad med ett flertal grenar som varierar starkt såväl beträffande mäktighet som lateral utbredning. Grenarna antages dessutom vara mer eller mindre sammanhängande. Zonens olika grenar antages vidare svara mot geofysiskt/topografiskt indikerade parallella utgåenden, Figur 4-21.



Figur 4-21. Tolkning av geofysiska mätningar på markytan [3]. Indata F1, Figur 5-3.

Ett markgeofysiskt indikerat utgående på norra Ävrö (10) står sannolikt i samband med en parallell gren som utbreder sig norr om modelleringsområdet. För samtliga grenar på södra Ävrö och söder därom finns tänkbar korrelation med borrhålsdata.

ZSa

Den nedersta grenen överensstämmer med fyra av de fem reflektionsseismikplanen som antas indikera zonen ZS. Zonen har modellerats med hjälp av dessa seismikpunkter och punkter från KAV01 och 03, skärningen med KAV03 motsvarar den mest uppspruckna delen av borrhålet, se *Figur 4-23*. Modellerad zon i rött, seismikplan i blått och punkter i svart. Punktobservationerna för samtliga grenar för struktur ZS listas i Tabell 4-5.

Strykningen låstes till 258° (270° mot lokalt norr) stupningen till 6,5°. Tjockleken sattes till 20 m för att seismikreflektorerna skulle falla in på zonens yta.

Ytläget för denna gren är utanför (söder om) modellområdet.

ZSb

Nästa gren modellerades med hjälp av endast två punkter, en från KAV01 och en från KAV03. Dessa lades där förhöjd sprickfrekvens och kross (kraftiga lila indikationer i KAV03) noterats. Punktobservationerna för samtliga grenar för struktur ZS listas i Tabell 4-5.

Strykningen låstes till 258° (270° mot lokalt norr) stupningen till 6,5°. Tjockleken sattes till 7 m motsvarande avsnitten med förhöjda sprickfrekvens i borrhålen.

Ytläget för denna gren är söder om Simpevarpshalvön. Det vindlande utseendet beror på att den helt plana och mycket flacka strukturen är skuren med markytan.

ZSc

Nästa gren modellerades med hjälp av tre punkter, en från vardera KAV01, 02 och 03. Dessa lades där förhöjd sprickfrekvens (svart cylinder), bedömd zon (röd cylinder) och ökad hydraulisk konduktivitet (blått diagram) noterats. I KAV03 finns dessutom kross.

Dessutom bedöms en seismikreflektor kunna höra till denna gren. Den ligger dock något ovanför den modellerade grenen och punkterna medtogs inte i beräkningen. Punktobservationerna för samtliga grenar för struktur ZS listas i Tabell 4-5.

Strykningen låstes till 258° (270° mot lokalt norr) stupningen till 6,5°. Tjockleken sattes till 10 m då detta stämde väl med indikationerna i främst KAV01 och KAV02.

Ytläget av denna struktur skulle hamna mitt på Simpevarpshalvön. Då det inte finns några indikationer här som stöder denna struktur och då samtliga indikationer ligger på östra delen av Ävrö bedöms denna gren endast existera öster om Z19.

ZSd

Denna gren modellerades med hjälp av tre punkter en från vardera KAV01, 02 och HAV03. Ingen indikation på ökad sprickighet finns i KAV03 men grenen skär där den hydrauliska konduktiviteten är högre. Ingen punkt togs från KAV03. Punkterna i de övriga borrhålen lades där bedömd zon (röd cylinder) noterats. Punktobservationerna för samtliga grenar för struktur ZS listas i Tabell 4-5.

Strykningen låstes till 258° (270° mot lokalt norr) stupningen till 5,0°, alltså flackare än de djupare liggande grenarna. Tjockleken bedöms till 2 m. Bedömda zoner är i KAV02 2m, i HAV03 6m och i KAV01 är det en radarindikation.

Även denna struktur får ett ytläget mitt på Simpevarpshalvön. Då det inte finns några indikationer här som stöder denna struktur och då samtliga indikationer ligger på östra delen av Ävrö bedöms även denna gren endast existera öster om Z19.

ZSe

Denna gren modellerades med hjälp av punkter från samtliga fem borrhål som använts i studien, KAV01, 02, 03, HAV03 och 07. Inte heller för denna gren syntes någon indikation på ökad sprickighet finns i KAV03 men en punkt togs där den hydrauliska konduktiviteten är som allra högst. Punkterna i de övriga borrhålen lades där bedömd zon (röd cylinder) noterats. De bedömda zonernas bredd i respektive borrhål var KAV01: 4,5m och KAV02: 14m. Indikationerna i HAV03 och HAV07 är tolkad finkornig granit. Utbredning, HAV03: 5m, HAV07: 12m. Dessutom togs två punkter från den geofysiskt modellerade strukturen 3, se planskiss, *Figur 4-22*. Totalt 7 punkter. Punktobservationerna för samtliga grenar för struktur ZS listas i Tabell 4-5.

Strykningen låstes till 258° (270° mot lokalt norr) stupningen räknades fram till 5,16°. Tjockleken sattes till 8 m med ledning av indikationerna borrhålen enligt ovan.

Ytläget för gren 3 framgår av planskissen nedan. Det sammanfaller med den geofysiskt modellerade strukturen 3 samt sundet mellan Simpevarp och Ävrö.

ZSf

Denna gren modellerades med hjälp av punkter i KAV01 och HAV03 där en tolkad zon finns. Från KAV03 plockades en punkt motsvarande en radarindikation. De bedömda zonernas bredd i samtliga borrhål var 1m. Dessutom plockades två punkter från den geofysiskt tolkade strukturen 8. Totalt 5 punkter. Punktobservationerna för samtliga grenar för struktur ZS listas i Tabell 4-5.

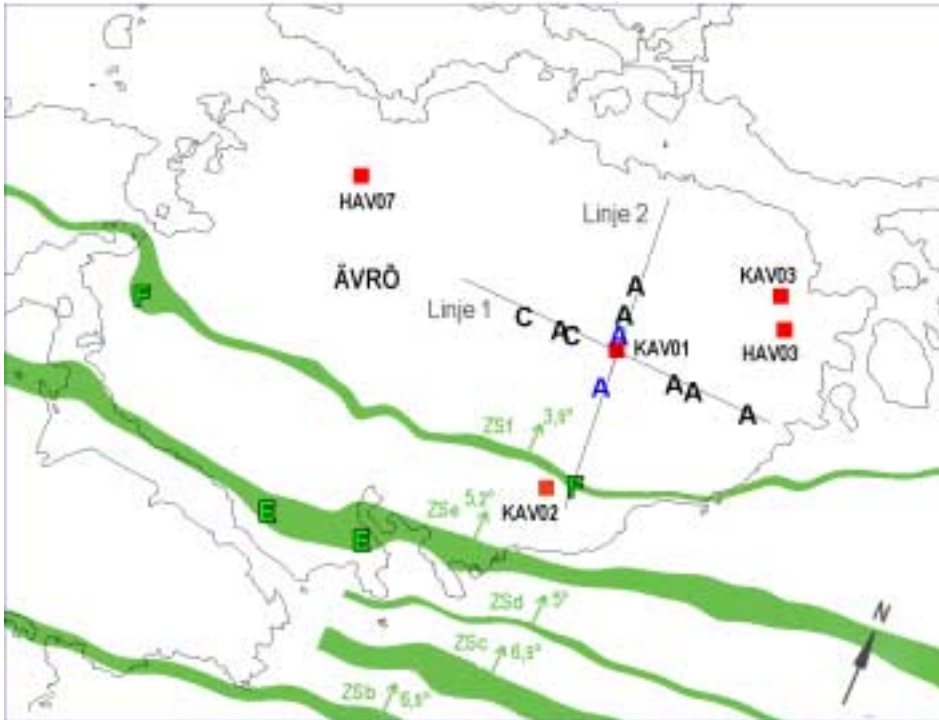
Punkter kunde lika gärna ha tagits från tolkningarna 7 eller 9, se *Figur 4-22*. Ytläget för 8 valdes dock då 7 hade gett en mycket flack struktur och 9 inte modellerats som genomgående.

Strykningen låstes till 258° (270° mot lokalt norr) och stupningen till 3,5°. Tjockleken sattes till 2 m. Notera att stupningen blir flackare och flackare.

Ytläget för gren ZSf framgår av planskissen nedan. Den sammanfaller med den geofysiskt modellerade strukturen 8. Observera att det vindlande utseendet som vanligt beror på klippningen med markytan, Ävrö är högst på mitten varför ytan ”buktar”.

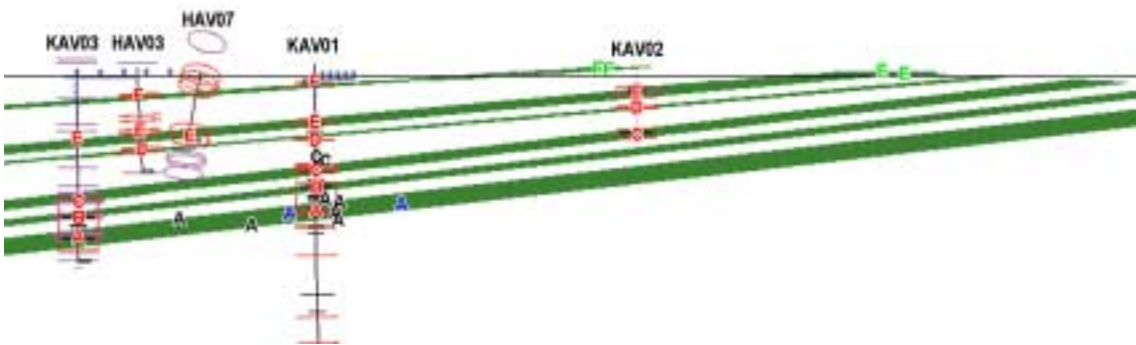
Resultat, samtliga grenar

Nedan presenteras de modellerade grenarna nerifrån och upp i en planbild och två tvärsnitt. Observera att de olika grenarna blir flackare mot ytan.



Figur 4-22. Planbild över de olika grenarna i ZS. Gren a ligger utanför bild i söder. Punkterna presenteras med versaler för varje gren, färgkodning enligt Tabell 4-5. Borrhålspunkter i rött, se Tabell 4-5. Skala 1:20000.

Det första tvärsnittet, Figur 4-23, visar det modellerade utseendet där de olika grenarna i modellen representeras av sammanhängande, uthålliga volymer. Bilderna i Figur 4-23 och Figur 4-24 betraktas genom hela modellvolymen vinkelrät mot strykningsriktningen d v s rakt västerifrån.



Figur 4-23. Profil över samtliga modellerade grenar av ZS i modellversion 3. Punkterna presenteras med versaler för varje gren, färgkodning enligt Tabell 4-5.











Det andra tvärsnittet, Figur 4-24, visar en presentation av ett mer troligt verkligt utseende. Observera att bilden är en illustration av det förväntade utseendet, grenarna är inte kontinuerliga och uthålliga genom hela modellvolymen och bredden varierar kraftigt. Möjligheten finns givetvis också att vissa genar går in i varandra. Det finns dock inga data för att avgöra exakt var en gren finns eller inte förutom de nålstick i rymden som borringarna och de reflektionsseismiska data utgör.

Sannolikt varierar karaktären för de olika grenarna från "enskild spricka" till ett antal meter mäktiga avsnitt med sprickrikt/krossat berg, mer eller mindre mineralogiskt omvandlat. Huvudsakligen lateral konduktivitet förutsättes men även viss förbindelse mellan de olika grenarna.



Figur 4-24. Illustration av hur de olika grenarna kan förmodas se ut i ett tvärsnitt. Notera att bilden visar ett typutseende.

Tabell 4-5. Punktlista i koordinatsystem ÄSPÖ96 för struktur ZS, samtliga grenar. I kolumnerna v2/Symb. respektive v3/Symb. visas den symbol som används för respektive punkt i plan- och profilfigurer för version 2 respektive 3.

Gren	Punktkälla	X	Y	Z	v2 / Symb.	v3 / Symb.
a	Seismik/1a/002/ZS-3	3485,45	6380,58	-158,63	Ja 	Nej A
a	Seismik/1a/002/ZS-3	3819,09	6367,15	-177,78	Ja 	Nej A
a	Seismik/1a/003/ZS-4	3874,78	6365,06	-182,70	Ja 	Nej A
a	Seismik/1a/003/ZS-4	4027,35	6361,27	-163,67	Ja 	Nej A
a	Seismik/2a/001/ZS-2	3629,06	6473,92	-193,26	Ja 	Nej A
a	Seismik/2a/001/ZS-2	3621,36	6567,81	-184,78	Ja 	Nej A
a	Seismik/2a/002/ZS-1	3646,01	6283,31	-165,65	Ja 	Ja A
a	Seismik/2a/002/ZS-1	3632,64	6426,63	-177,67	Ja 	Ja A
a	KAV03	3985,5	6696,61	-208,22	-	Ja A
a	KAV01	3642,79	6392,31	-174,03	-	Ja A
b	KAV01	3642,85	6392,69	-142,66	-	Ja B
b	KAV03	3985,36	6696,76	-181,09	-	Ja B
c	Seismik/1a/001/ZS-5	3383,98	6387,75	-105,92	Ja* 	Nej C
c	Seismik/1a/001/ZS-5	3521,37	6382,74	-107,02	Ja* 	Nej C
c	KAV01	3643,01	6392,92	-118,64	-	Ja C
c	KAV02	3619,72	5981,83	-74,46	-	Ja C
c	KAV03	3985,26	6696,90	-160,34	-	Ja C
d	KAV01	3643,39	6393,16	-82,20	-	Nej D
d	KAV02	3619,72	5981,83	-40,29	-	Ja D
d	HAV03	4025,97	6616,13	-94,80	-	Ja D
e	KAV02	3619,72	5981,83	-21,08	-	Ja E
e	KAV01	3643,61	6393,3	-59,29	-	Ja E
e	HAV07	2839,55	6553,77	-76,09	-	Ja E
e	KAV03	3984,73	6697,69	-80,06	-	Ja E
e	HAV03	4026,56	6617,22	-72,06	-	Ja E
e	GndSurf	3227,09	5666,84	5,38	-	Ja E
e	GndSurf	2964,72	5638,99	4,78	-	Ja E
f	HAV03	4026,68	6619,29	-25,49	-	Ja F
f	KAV01	3644,13	6393,64	-9,77	-	Ja F
f	KAV03	3984,41	6698,16	-29,78	-	Ja F
f	GndSurf	2439,75	6030,79	9,08	-	Ja F
F	GndSurf	3686,01	6018,1	7,03	-	Ja F

* I modellversion 2 ingick dessa två punkter i den enda grenen som modellerades, motsvarande gren "a" i modellversion 3.

4.3.8 Sammanfattning, strukturmodellering

Följande tabell redovisar utfallet för strukturmodellen som en jämförelse med strukturernas läge efter modellsteg 1 och 2.

Tabell 4-6. Sammanfattande tabell, strukturmodellering.

Struktur	Orientering modell 1 (stykn/stupn/bredd)	Orientering modell 2 (stykn/stupn/bredd)	Orientering modell 3 (stykn/stupn/bredd)	Antal punkter			
				V2		V3	
				Seis	m.y.	Borr	m.y.
Z05	52,0 / 60-70 / 45	=Z15	-	-	-	-	-
Z13	221,8 / 90 / 115	224,99 / 56,63 / 100	224,99 / 56,63 / 100	8	0	0	0
Z14	96,7 / 60-70 / 70	94,85 / 48,55 / 50	95,06 / 49,02 / 50	4	2	2	0
Z15	71,8 / 60-70 / 75	61,97 / 34,82 / 50 ⁽¹⁾	64,33 / 35,61 / 50	6	0	3	10
Z18	66,5 ⁽²⁾ / 90 / 60	Utgår som zon	-	-	-	-	-
Z19	-	345,66 / 55,14 / 75 ⁽³⁾	354,76 / 60,40 / 40 ⁽⁴⁾	4	0	1	2
ZS	-	266,04 / 5,57 / 10	258,2 / 3,5-6,5 / 2-20 ⁽⁵⁾	10	0	19	4

⁽¹⁾ Jämför även Z05 i modellversion 1.

⁽²⁾ Genomsnittlig strykning för tre grenar, se beskrivning av modellversion 1 kapitel 3.2.2 för detaljer.

⁽³⁾ Liten utbredning i N-S antagen.

⁽⁴⁾ Utbredning omvärderad till mer omfattande i version 3, bredden däremot minskad.

⁽⁵⁾ Flera grenar.

Samtliga strykningensriktningar i Tabell 4-6 angivna mot rikets norr.

5 Indata

5.1 Förteckning över indata

Följande indata har använts i de tre modellversionerna:

ID	Data	Källa	Form	Åtgärd, RVS	Modell
Y1	Geologi, hållkartering	SGU: SKB PR 25-87-02 /6/	Papper, kartblad	Digitalisering	1
F1	Geofysik, tolkningar	SGAB: SKB PR 25-87-16 /3/	Papper, karta	Digitalisering	1
A1	Flyggeofysik, tolkningar	SKB: PR 25-87-23 /7/	Rapport, figur	Ingen (okulär jämförelse)	1
G1	Höjddata	SKB R-98-56 /1/ - Geovista AB 99-02-09 /Bil. 2/	ASCII-fil	Direktimport	1
Y2	Berggrundskarta	SKB R-98-56 /1/ - SGU/LMV 990223, /Bilaga 1/	DGN-filer	Import	1
G2	Ekonomisk karta	LMV 1998-04-22 /Bilaga 3/	DGN-filer	Import	1
F2	Reflektionsseismik, två profiler	SKB PR D-97-09 /4/ - Utvalda reflektorer /Bilaga 4/	ASCII-filer	Import	2
B1	Borrhålskoordinater	SICADA	SICADA-import	Order ¹	3
B2	Litologi	SICADA	SICADA-import	Order ¹	3
B3	Sprickfrekvens	SICADA	SICADA-import	Order ¹	3
B4	Hydraulisk konduktivitet	SICADA	SICADA-import	Order ¹	3
B5	Kross	SKB PR 25-87-16 /3/	ASCII	Import ²	3
B6	Enhålstolkningar	SICADA-WellCAD /Bilaga 5/	ASCII	Import ²	3

Anmärkning: Y=Ytkarterade geologiska data, F=Ytmätta geofysiska data, A=Flyggeofysiska data, G=Geografiska data, B=Borrhålsdata

¹ *Order*: Beställning till SICADA via RVS standardbeställning.

² *Import*: Import till RVS datatabeller från ASCII-filer.

Data från lantmäteriverket nyttjas enligt: Medgivande Lantmäteriverket 1996, Diarienummer 507-96-1524.

Djupdata från sjöfartsverket: © Sjöfartsverket, Tillstånd nr: 130703 – 9809075.

Enhålstolkningarna (B6) är en samtolkning av ett antal borrhålsparametrar vilka presenteras nedan, se även bilaga 5:

ID	Data	Källa	Form	Typ
B2	Litologi	SICADA	WellCad plot	Bergarter
B6a	Naturlig gammastrålning	SICADA	WellCad plot	Bergarter
B6b	Magnetisk Susceptibilitet	SICADA	WellCad plot	Bergarter / zoner
B3	Sprickfrekvens	SICADA	WellCad plot	Större zoner
B6c	Radar	SICADA	WellCad plot	Större zoner
B6d	Normal resistivitet	SICADA	WellCad plot	Större zoner
B6e	Single point resistance	SICADA	WellCad plot	Större zoner
B4	Hydraulisk konduktivitet	SICADA	WellCad plot	Vattenföring
B6f	Salinitet / temperatur	SICADA	WellCad plot	Vattenföring

Notera att karterade bergarter både visualiserats separat i RVS och dessutom använts i enhålstolkningen. Som separat visualisering har parametern dock endast använts till den litologiska modelleringen medan den i enhålskarteringen använts som indata till tolkning av möjlig deformationszon (sprickzon).

Även sprickfrekvens och hydraulisk konduktivitet har både visualiserats separat och i samband med enhålstolkningen. Hänsyn till detta har tagits vid utvärderingen så dessa parametrar inte fått ”dubbel” tyngd.

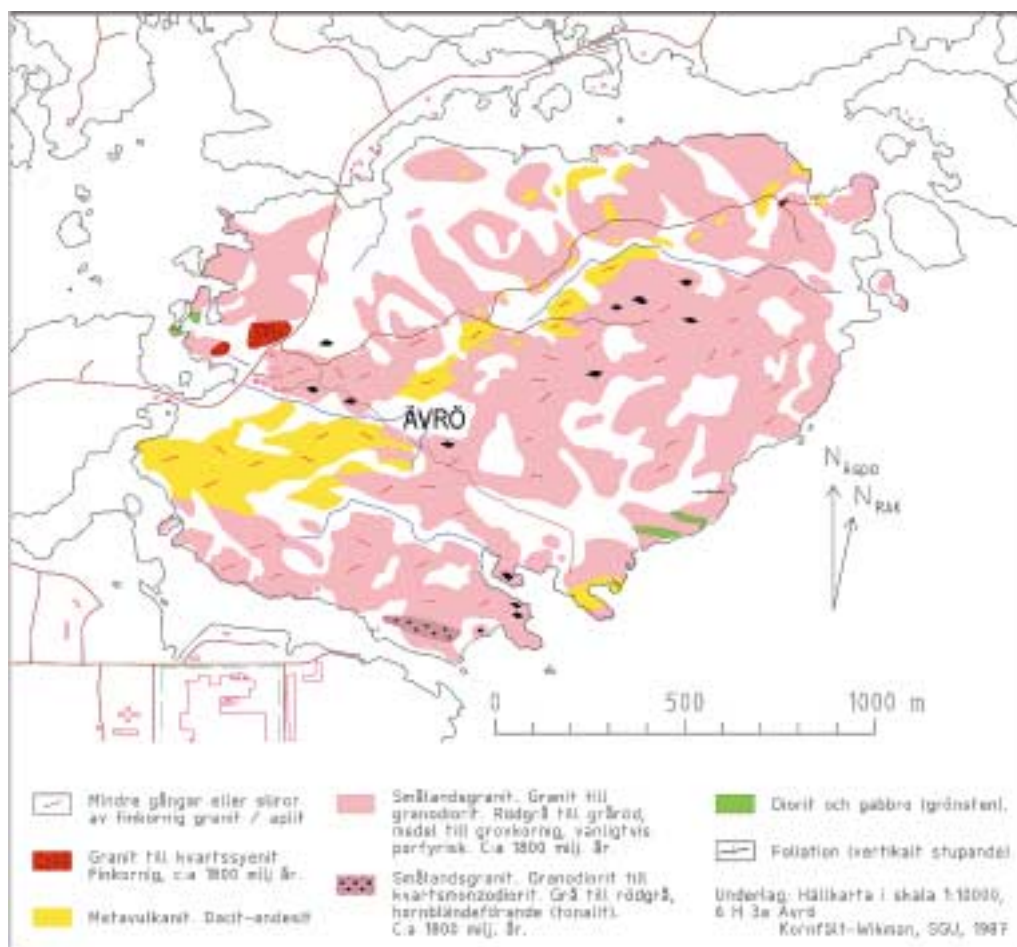
5.2 Indata till modellversion 1

5.2.1 Litologisk ytmodell

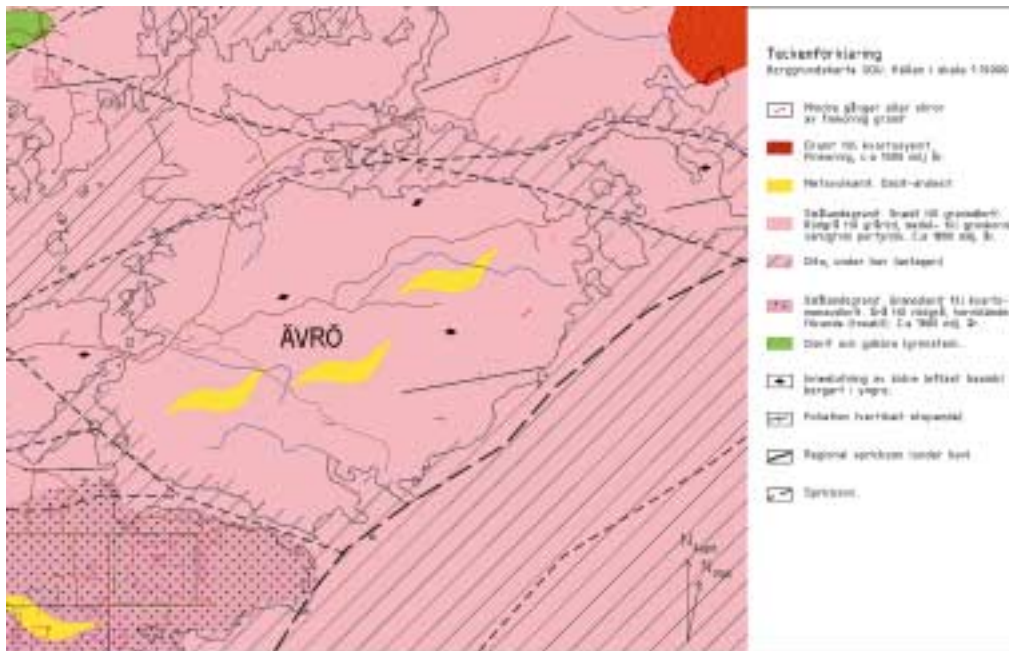
Modellen baseras i första hand på hållkarta i skala 1:10000, *Figur 5-1* (Kornfält-Wikman, 1987 /6/), Y1 enligt tabell i kapitel 5.1. Hållkarteringen har utförts enligt SGU:s normer varvid befintliga bergblottningar undersökts främst avseende bergartstyp och foliation. Någon avrymning av jordtäcket mellan bergblottningarna har inte gjorts. Den relativt stora blottningsgraden (>60%) bedöms dock ge ett tillfredsställande underlag för den litologiska modellen.

Denna modell framställs genom interpolation av data mellan befintliga berghällar. På detta sätt erhålles en heltäckande ytmodell som givetvis är behäftad med osäkerhet inom jordtäckta delar.

Som underlag har även använts berggrundskartan som presenteras av SGU i Förstudie Oskarshamn (Bergman et al, 1999 /1/), Y2 enligt tabell i kapitel 5.1, konverterad till digital form, *Figur 5-2*.



Figur 5-1. Hållkarta, Kornfält och Wikman, 1987 /6/. Indata Y1.

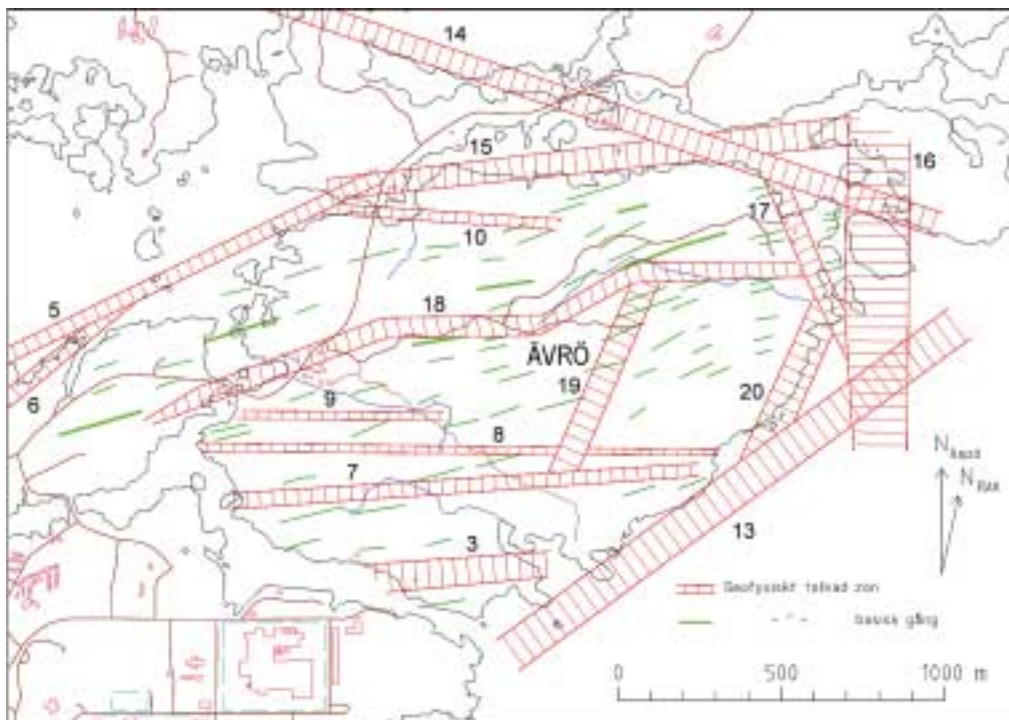


Figur 5-2. Berggrundskarta, SGU I/1. Indata Y2.

5.2.2 Struktureologisk modell

Modellen baseras i första hand på befintlig topografisk-geofysisk information från utförda undersökningar i Ävrö - Simpevarpsområdet. I detta område finns struktureologiska analyser baserade på topografisk information (Tirén et al, 1987 /8/).

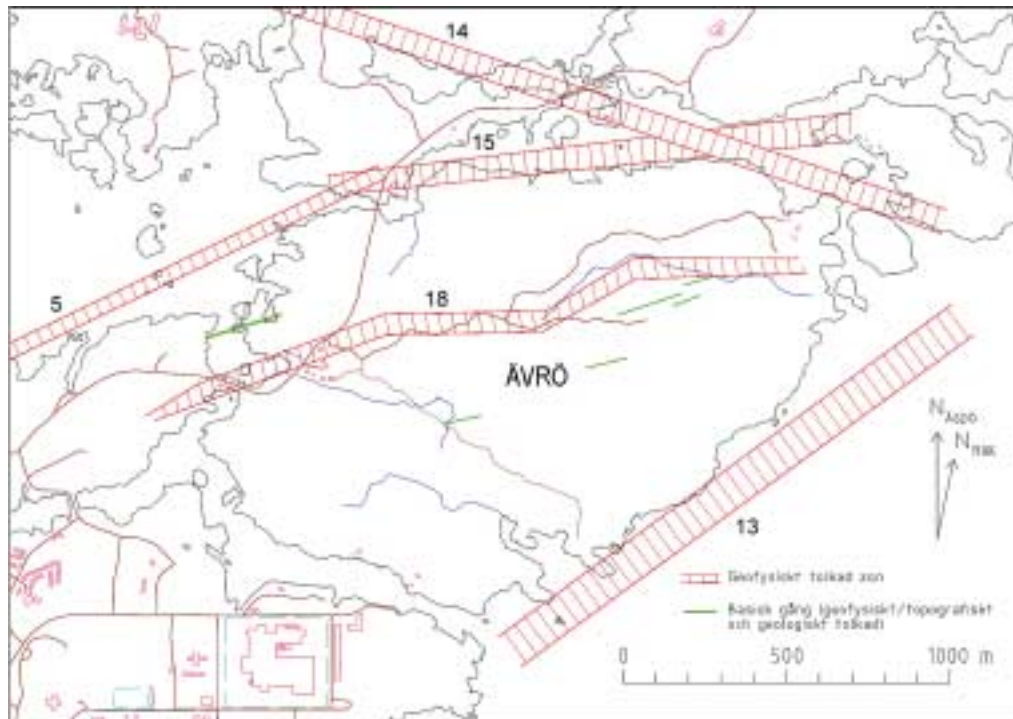
Mer detaljerade geofysiska mätningar på markytan utfördes på Ävrö med omgivningarna 1987 (Gentzschein et al, 1987 /3/).



Figur 5-3. Tolkning av geofysiska mätningar på markytan /3/. Indata F1.

Mätningarna omfattade slingram och magnetometer med linjeavstånd 200 m och avståndet mellan mätpunkterna var 20 respektive 5 meter. Den geofysiska tolkningen av dessa mätningar framgår av *Figur 5-3*.

Denna tolkning granskades och samtolkades med de flygmätningar som utfördes i samband med Äspöprojektet (Nisca, 1987 /7/). I *Figur 5-4* redovisas en tolkning av de geofysiska indikationer (5, 13, 14 och 15) där indikationer från mätningar på markytan och flygmätningar överensstämmer.



Figur 5-4. Tolkade geofysiska indikationer där tolkningar från markmätningar överensstämmer med flygmätningar och/eller topografiska indikationer, urval av indata F1 med hjälp av indata A1 och Y1.

Zon 18 är en samtolkning mellan geofysiska mätningar på markytan och topografisk indikation. De geofysiska indikationerna på basiska gångar som redovisas i *Figur 5-3* har beaktats i samband med tolkningen av den litologiska modellen. Resultatet av denna samtolkning redovisas i *Figur 5-4*.

Antagna stupningar för de två nordligaste zonerna bygger på de stupningsbedömningar som gjorts i samband med flyggeofysisk tolkning (Nisca, 1987 /7/). För övriga zoner antages stupningen vara vertikal, i brist på annan information.

5.2.3 Bearbetning och import av indata i RVS

Indata har bearbetats och importerats till RVS på följande sätt.

Y1: Hällkartan i *Figur 5-1* (Kornfält-Wikman, 1987 /6/) är digitaliserad, via digitaliseringsbord, i standard MicroStation utgående från kartoriginal i skala 1:10000 och sparad i MicroStation 3D-designfil (DGN) under namnet *av_hällkart.dgn*. Denna har sedan tagits in i RVS via funktionen 'Import DGN' och sparats som ett objekt med namn hällkart.

Y2: Bergrundskartan från SGU /1/, Figur 5-2, har transformerats från ARC-info till DGN-format av GIS-centrum på Lantmäteriverket. Den levererades som flera designfiler med olika objekt separerade i olika designfiler. Attributen för de olika objekten, t ex bergart, definierades genom att objekten tillhörde olika grafiska grupper, se bilaga 1. Designfilerna slogs samman till en 3D-designfil där olika objekt separerades på färgkodning och namngivna ritlager. Denna har därefter tagits in i RVS via funktionen 'Import DGN' och sparats som ett objekt med namn bgkarta.

F1: De detaljerade geofysiska markmätningarna på Ävrö med omgivningar (Gentzschein et al, 1988 /3/) digitaliserades i standard MicroStation utgående från bildoriginal och sparades i DGN-fil under namnet *av_geofys.dgn*, Figur 5-3.

Denna har sedan tagits in i RVS via funktionen 'Import DGN' och sparats som ett objekt med namn geofysik.

A1: De flyggeofysiska tolkningarna gjorda i samband med Äspöprojektet (Nisca, 1987 /7/) granskades och samtolkades med indata F1 ovan. Resultatet av denna samtolkning redovisas i Figur 5-4. Ingen annan import av dessa indata till RVS har utförts.

G1: Topografiska data från GeoVista levererades i digital form (ASCII) och importerades direkt i RVS-ytmodelleringsfunktion via funktionen 'Collect Points' - 'External File'. Framställningen av dessa data beskrivs i bilaga 2.

G2: Den ekonomiska kartan från LMV har transformerats från ARC-info till DGN-format av GIS-centrum på Lantmäteriverket. Den levererades som flera designfiler med olika objekt separerade i olika designfiler. Till dessa har databasfiler levererats i dBase-format (DBF). En hel del handpåläggning har sedan krävts för att återupprätta databaslänkar och för att med hjälp av dessa separera objekt på ritlager och tillföra färgkodning, se vidare kapitlet 6, *Erfarenhetsåterföring*. Underlagskartorna har efter all bearbetning sparats i en 3D-designfil med namnet *av_ekmap.dgn* som sedan tagits in i RVS via funktionen 'Import DGN' och sparats som ett objekt med namn karta. Denna ligger till bakgrund för samtliga figurer. I bilaga 3 finns beskrivningar den konvertering och transformation av Äspö-data som skett. Förutom denna finns ett antal dokument som närmare beskriver data, t ex härkomst och uppbyggnad samt förklaringar till olika koder i databasen, dessa bifogas inte i denna rapport.

5.3 Indata till modellversion 2

5.3.1 Reflektionsseismiska undersökningar

Reflektionsseismiska data samlades in längs två ca 1 km långa korsande profiler, Figur 5-5, på Ävrö i oktober 1996 med resultat från dessa mätningar rapporterade i PR D-97-09 /4/ samt modellrapport över Ävrö /5/.

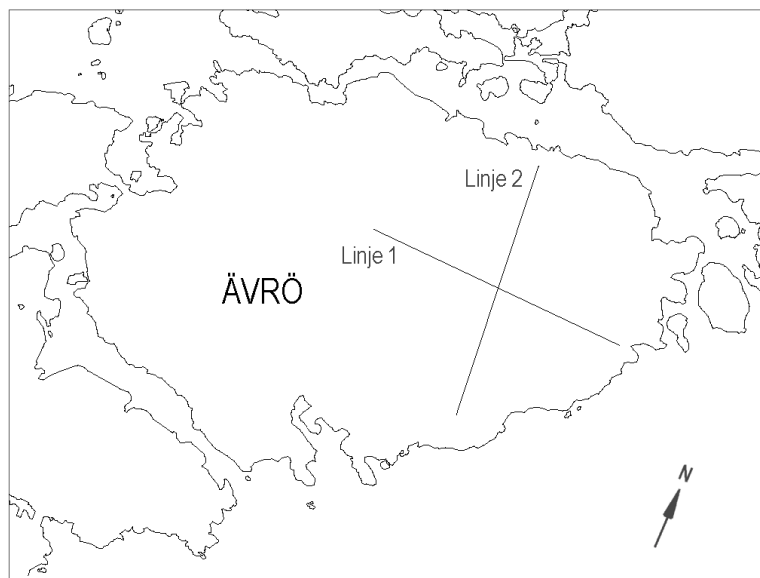
För reflektorerna i de två seismiklinjerna har följande beteckningar använts:

Linje 1 (E-W) innehållande 9 utvalda reflektorer, benämnda 1₁ till 9₁.

Linje 2 (N-S) innehållande 10 utvalda reflektorer, benämnda 1₂ till 10₂.

Syftet med mätningarna var att:

1. testa tekniken för framtida undersökningar
2. kartlägga kända deformationszoner från borrhningar
3. utöka den svenska databasen över studier av reflektionsseismik i kristallin berggrund



Figur 5-5. Läge för seismiklinje 1 och 2.

En E-W linje sköts med 5 m mellan skott och geofonpunkter och en N-S linje med 10 m mellanrum. En explosiv källa bestående av 100 g dynamit i 2 m djupa skotthål användes längs båda linjerna.

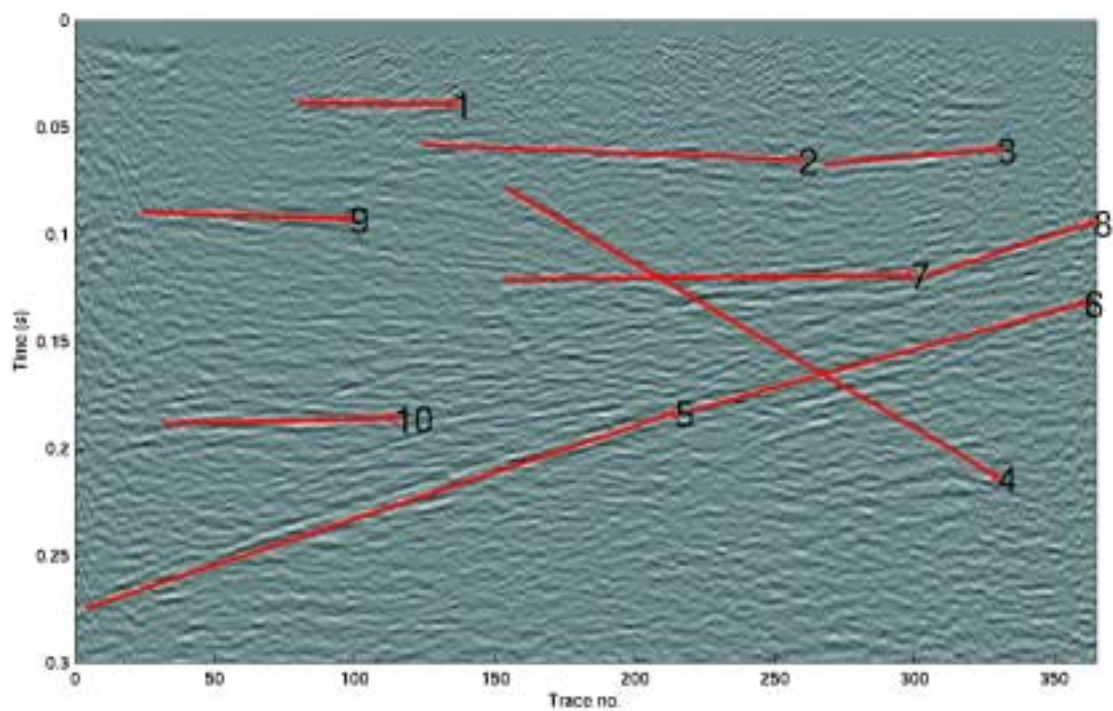
Insamlade data visar tydligt tre mera brant stupande och en subhorisontell reflektorer i de översta 200 ms (ca 600 m). Där linjerna korsar varandra, nära KAV01-borrhålet, kan stupning och strykning av dessa reflektorer bestämmas. Utöver dessa tydliga reflektorer, finns det är ett flertal kortare reflektorer, vissa som har hög amplitud. Eftersom dessa reflektorer förekommer inte på bägge linjerna går det inte att bestämma stupning och strykning för dessa.

5.3.2 Bearbetning och import av indata till RVS

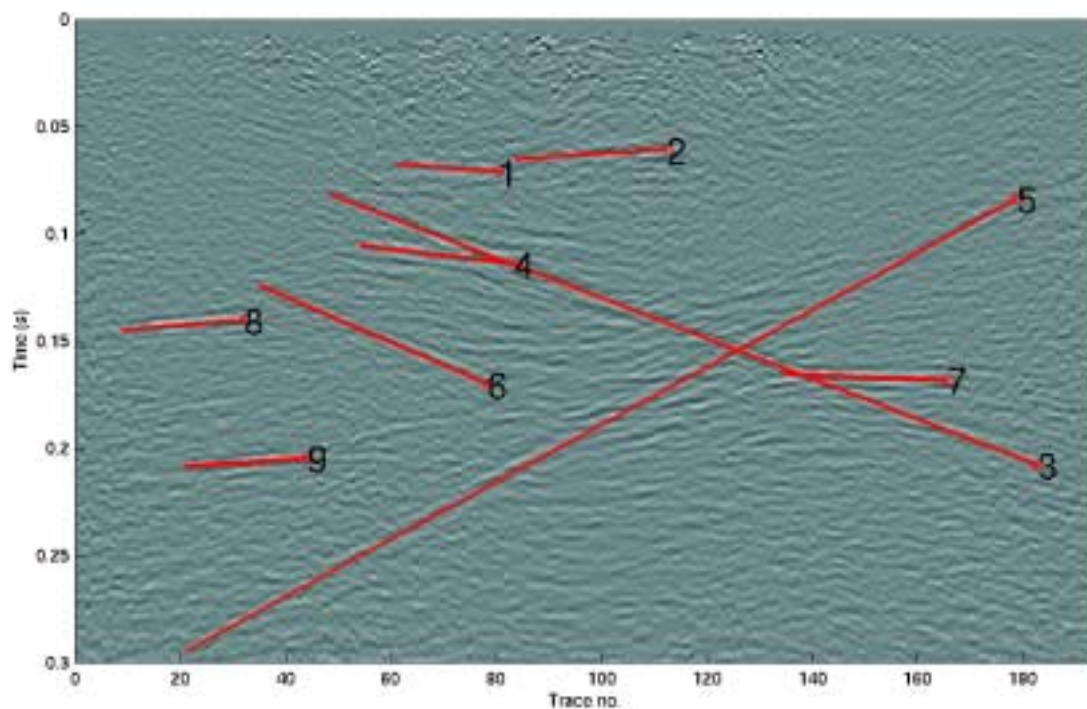
Indata F2 har bearbetats genom ett urval av de viktigaste reflektorerna som tillgått på följande sätt:

En reflektionsseismisk sektion innehåller vanligtvis ett stort antal reflektioner. Den ursprungliga tanken var att dessa skulle definieras automatiskt. Det visade sig att detta ledde till att alldeles för många reflektioner plockades och med nuvarande version av RVS skulle det blir omöjligt att arbeta. Istället valdes de mest signifikanta reflektionerna ut för hand. Urvalet gjordes med hänsyn till att de fyra tydliga reflektorerna i de översta 200 ms skulle ingå. Utöver det valdes reflektioner med bra kontinuitet på de bägge linjerna och kortare starka reflektioner från N-S linje 2. Dessa sista representerar möjligtvis basiska bergartslinser i den granitiska berggrunden (se modellversion 1, kapitel 3.2.1). De övriga reflektionerna antas representera deformationszoner.

De utvalda reflektionerna visas i *Figur 5-6* och *Figur 5-7*. Se även bilaga 4.



Figur 5-6. Utvalda tolkade reflektorer, seismiklinje 1.



Figur 5-7. Utvalda tolkade reflektorer, seismiklinje 2.

Importen av de två undersökningarna med utvalda reflektorer till RVS skedde med den skräddarsydda funktion för reflektionseismiska undersökningar som framtagits under hösten 1999. RVS-modelleringen beskrivs ovan i kapitel 4.

5.4 Indata till modellversion 3

5.4.1 Borrhål

I samband med hittills utförda undersökningar på Ävrö har ett antal borrhåll företagits. Lågen för de i denna studie aktuella borrhållen framgår av *Figur 5-8*. Data för borrhållen redovisas i *Tabell 5-1*.

Tabell 5-1. Borrhållen i undersökningen.

Beteckning	Koordinater	Inklination (grader)	Längd (m)	Sprickfrekvens (sprickor/m)
KAV01 (AV1)	6394/3644	90°	757,15*	6,29**
KAV02 (AV2)	5982/3620	90°	96,90	6,30
KAV03 (AV3)	6699/3984	90°	248,40	4,98
HAV03	6621/4026	90°	134,2	-
HAV07	6538/2801	55°	100,0	-

* Inkl. senare fördjupning med 11 m.

** Genomsnittlig sprickfrekvens i KAV01 (exkl. den stora deformationszonen) är 4,34 sprickor/m.

På Ävrö finns det tre kärnborrhål, KAV01-03, och åtta hammarborrhål, HAV01-08. Av dessa redovisas dock endast HAV03 och HAV07 i denna rapport då de är de enda hammarborrhål som genom sitt djup och läge kunnat bidra till verifikationen av de modellerade zonerna.



Figur 5-8. Ytläge för de fem borrhållen i undersökningen. Skala 1:25000.

Hammarborrhållen HAV01 - HAV03 borrades i samband med hydrogeologiska undersökningar av den deformationszon som indikerats i KAV01. Övriga hammarborrhål borrades i samband med Äspöprojektet.

Geofysisk loggning, borrhållsradar och hydrogeologiska tester har utförts i de tre kärnborrhållen och i hammarborrhålet HAV03. Den geofysiska loggningen omfattade

susceptibilitet, resistivitet och naturlig gamma. I samband med borrningen karterades borrkärnorna med avseende på bland annat bergart, vittringsgrad och sprickfrekvens. Alla borrhålsdata finns lagrade i databasen SICADA.

De hydrogeologiska förhållandena på Ävrö har kartlagts genom hydrauliska mätningar och vattenkemisk provtagning i de tre kärnborrhålen samt i några av de åtta hammarborrhålen.

Resultaten visar på variationer i bergmassans K-värde, vilket indikerar heterogena sprickförhållanden med varierande sprickfrekvens och sprickvidd. Vattenanalyser visar att saliniteten är högre i deformationszonerna än i omgivande bergmassa.

Hydrauliska tester i enskilda borrhål (enkelhålstester) och tester mellan borrhål (interferenstester) antyder att det uppspruckna partiet mellan 418 m och 578 m i KAV01 korrelerar med en zon mellan 157 m och 249 m (botten av hålet) i KAV03 samt med de djupare delarna av HAV03. Zonens K-värde i de tre borrhålen KAV01, KAV03 och HAV03 framgår av Tabell 5-2.

Tabell 5-2. K-värden.

Beteckning	Avsnitt i BH (m)	K-värde (m/s)
KAV01	418-578	$1,4 * 10^{-6}$
KAV03	157-249 (botten)	$9,9 * 10^{-7}$
HAV03	125-143 (botten)	$3,0 * 10^{-5}$

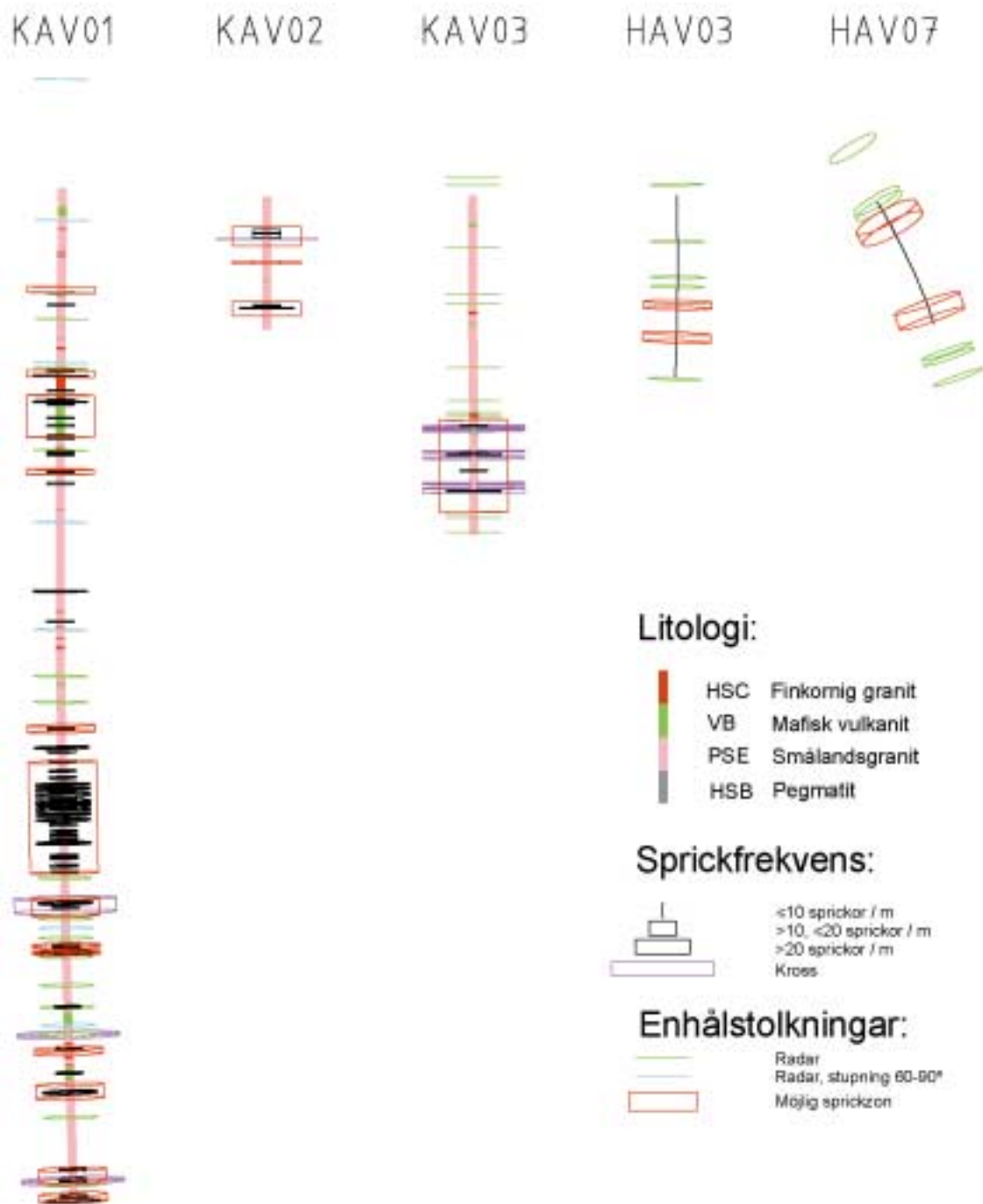
5.4.2 Bearbetning och import av indata i RVS

Indata B1 har bearbetats genom att koordinaterna konverterats från Ävrösystemet, som normalt ligger lagrade i, till Äspösystemet vilket använts i detta projekt.

Utvärdering av borrhålsdata har utförts av Stefan Sehlstedt och Roy Stanfors. Data från SICADA omfattande geologi, borrhålsgeofysik och hydrogeologi har jämförts och värderats. Målet har i första hand varit att identifiera avsnitt i borrhålen som kan sättas i samband med sprick-/krosszoner. Resultaten redovisas i WellCAD-diagram, bilaga 5.

Följande parametrar har visualiserats med RVS standardmetoder för visualisering

ID	Parameter	Visualiseringsmetod	Förekomst, borrhål				
			KAV01	KAV02	KAV03	HAV03	HAV07
B1	Koordinater	Geometri, linjesträng	x	x	x	x	x
B2	Litologi	Linje (tunn cylinder)	x	x	x		
B3	Sprickfrekvens	Cylinder	x	x	x		
B4	Hydraulisk konduktivitet	Diagram	x	x	x		
B5	Kross	Triangulär tub	x	x	x	x	x
B6	Enhålstolkning	Cylinder	x	x	x	x	x



Figur 5-9. Borrhålen visualiserade i RVS. Observera att tolkade radarstrukturer kan ligga utanför borrhålets sträckning. För detaljerad borrhålsinformation, se Bilaga 5.

6 Erfarenhetsåterföring

6.1 Erfarenheter från preprocessing av data

6.1.1 Modellversion 1 inklusive datainsamling

Kartor som endast levereras i pappersform kräver en del arbete i form av digitalisering. Det torde dock vara mycket ovanligt att kartmaterial framgent inte kan levereras i digital form varför detta arbetsmoment med all sannolikhet inte kommer att krävas i någon större omfattning vid studier av nya områden.

Leveransen av topografiska data från Geovista var OK, de har färdiga rutiner för att generera x,y,z-filer från höjddata.

De digitala kartor från Lantmäteriet som konverterats från ARC/INFO till MicroStation krävde orimligt mycket arbete för att återskapa databaslänkar och göras användbara i MicroStation/RVS. Leveranstiden var också lång. De data vi erhöll var dock ur en tidig testrunda för att utveckla nya överföringsrutiner från LMV, och sedan dess har denna produkt förbättras avsevärt.

Nedan följer en kort beskrivning av de problem som uppstod i Ävrö-projektet som en viktig erfarenhet av det gamla exportformatet.

Arbetet med dessa kartor gjordes i två moment. För det första gällde det att etablera förutsättningarna för en databaskoppling till materialet, merparten av detta arbete gjordes manuellt. För det andra gällde det att ge ritfilerna kartografi, det vill säga linjestilar och färger som gör det möjligt att läsa av kartbilden. En standard etablerades för dels ENTITY-numrering, och dels kartmanér, något som bedömdes vara en förutsättning för en enhetlig hantering av allmänna kartdata i RVS. De levererade filerna innehöll inga manér alls. Textobjekt var över huvud taget inte konverterade, utan var blott punktobjekt med textsträngen som ett attribut i tabellen.

Eftersom innehållet i de allmänna kartorna är standardiserat av LMV borde det, för att underlätta för användaren, t ex vara fullt möjligt att låta FME skriva ENTITY nummer till dgn-filen enligt en förbestämd lista. Likaså skulle det vara möjligt att ge elementen ett bestämt kartografiskt manér. De tabeller och skript som krävs kunde sedan återanvändas vid kommande leveranser och bespara användarna mycket besvär. Det skulle dessutom troligen vara fördelaktigt att istället för dBase utnyttja Access med följande möjlighet till en ODBC-koppling.

Dessa synpunkter har projektet lämnat till Lantmäteriet och dagens leveransutförande följer i princip förslaget ovan. Vid konverteringen har programvaran FME använts. FME kommer också att användas i RVS, varför en likartad rutin kan utvecklas för att till RVS importera geografiska data även från andra källor.

Geografisk data bör sedan kunna importeras till RVS med bibehållen koppling till attributen i tabellerna. Detta kräver dock att funktionen 'Import DGN' byggs ut för att kunna hantera attributdata i kopplade tabeller.

6.1.2 Modellversion 2, reflektionsseismiska data

Urval av reflektioner för bearbetning i RVS bör göras på ett mer kvantitativt sätt. Med nuvarande urvalsmetod läggs stort ansvar på geofysikern. Detta leder till att olika indata kommer att tas fram beroende på vem som gör urvalet.

6.1.3 Modellversion 3, borrhålsdata

SICADA-data kräver normalt ingen preprocessing förutom importförfarandet vilket bl a innefattar nödvändiga transformationer och kvalitetskontroll. Detta förfarande beskrivs inte här.

I detta speciella fall krävdes en konvertering av data då Ävrö-data normalt lagras med koordinatangivelser i det s k OKG-systemet och då modelleringen görs i det s k Äspö-systemet. Detta krävde en del arbete med konvertering och ett speciellt beställningsförfarande skapades för att inte andra användare ofrivilligt skulle få data i fel koordinatsystem. Varje RVS-installation kan endast hålla en uppsättning koordinater per objekt vilket innebär att objekten i denna undersökning endast lagras i Ävrö-systemet i den lokala databasen i den installation som användes i undersökningen. Övriga objekt på Ävrö lagras, som tidigare sagts, i OKG-systemet som är snarlikt Äspö-systemet. Stor risk för sammanblandning och fel föreligger därför.

Erfarenheten av detta är att det är önskvärt, för att inte säga nödvändigt, att lagra samtliga objekt i angränsande områden i samma koordinatsystem. I SICADA kan koordinater för samma objekt lagras i flera koordinatsystem och RVS kommer att utvecklas för att hantera flera koordinatsystem för data i samma Site.

Beträffande kvaliteten på data så visade det sig att vissa data saknades, bl a från en fördjupning av KAV01. Det är uppenbart så och viktigt att notera att det är först när data används som en ordentlig kontroll av innehållet kan göras. Det är då viktigt att data kan rättas eller kompletteras i SICADA utan större dröjsmål.

Data från krosszoner som hämtats från rapport SKB PR 25-87-16 /3/ skrevs för hand in i ASCII-filer för import. Då det rörde sig om ett begränsat antal observationer i ett begränsat antal borrhål gick detta relativt smidigt men det är inget förfarande som normalt rekommenderas på grund av det tröttsamma manuella arbetet samt risken för fel. Denna parameter är, i likhet med enhålstolkningen, en tolkad parameter och inte, som t ex sprickfrekvens, en mätt parameter.

Resultat från såväl susceptibilitets- som gammalogg var till god hjälp för att identifiera grönsten och graniter. Man saknar dock data från petrofysiska parametermätningar av borrhärnan vilket skulle underlättat möjligheten att skilja mellan t ex basiska vulkaniter och grönstenar av gabbro-diorittyp.

Resultat från de elektriska loggarna, SPR, och resistivitet gav korrelation med vissa större vattenförande sprickor och deformationszoner men data från sonic-logg saknas.

Data från enhålstolkningarna levererades i form av ASCII-filer och krävde därför ingen preprocessing före import.

6.2 Erfarenheter från geologiskt modellarbete

6.2.1 Litologisk modell

Modellversion 1, ytundersökningar

Modellens tillförlitlighet är mycket beroende av blottningsgraden. Kompletterande avrymning av jord (diken) kan ge betydelsefull information för mer korrekt modellering av gångar och mindre massiv.

Detaljstudier av strukturer i gångar och inneslutningar kan avsevärt öka möjligheten att bestämma utsträckningen av dessa element i bergmassan.

Helt allmänt bör vikten av att söka mesta möjliga information i fält vad avser orienteringen av alla former av strukturer och kontakter framhållas.

Modellversion 2, reflektionsseismiska data

Tre seismiska reflektorer anses härröra från de basiska bergarter som uppträder i form av linser eller gångar i graniten, som är den dominerande bergartstypen. I de fall den basiska bergarten har påträffats blottad på Ävrö har den en närmast ost-västlig strykning. Några uppgifter om stupningen föreligger inte.

För att verifiera de seismiska indikationerna krävs därför insats av borrhning eller ytterligare markgeofysik.

Modellversion 3, borrhålsdata

Den litologiska 3D-modellen av Ävrö, kapitel 3.4.1, domineras av Smålandsgranit med gångar/linser av grönsten och finkornig granit. Frekvensen av dessa gångar/linser är i stort sett lika på ytan och i de tre kärnborrhålen. Eftersom orienteringsdata saknas för bergartskontakter i borrhålen har de huvudorienteringar som gångar/linser visar i ytan antagits gälla för hela modelleringsvolymen. En osäkerhet innebär det faktum att kärnkarteringen vad gäller bergarter enbart varit okulär.

Någon mikroskopiskt grundad karakterisering av bergarterna finns inte vilket bl a innebär osäkerhet i vissa fall till vilken bergart s k "hybridbergarter" ska hänföras. Speciellt svårt är att modellera vulkaniter mot djupet eftersom endast ett fåtal indikationer på vulkanit förekommer i borrhålen. I en del fall redovisas i kärnkarteringen ingen klar skillnad mellan "grönsten" och "mafisk vulkanit". Helt allmänt försvåras den litologiska tolkningen av att olika bergartsbeteckningar använts vid ytkartering och kärnkartering.

6.2.2 Strukturgeologisk modell

Modellversion 1, ytundersökningar

Flyggeofysiska data bör i största möjliga utsträckning utnyttjas för orientering (strykning) av större deformationszoner.

Geofysisk mätmetodik bör, i görligaste mån, anpassas så att deformationszonernas stupning kan bedömas. Större regionala deformationszoners bredd och karaktär bör testas längs ett antal profiler redan i ett tidigt skede.

Modellversion 2, reflektionsseismiska data

De seismiskt tolkade ytlägena för de tre regionala deformationszonerna 13, 14 och 15 stämmer i stort sett väl överens med ytlägena för motsvarande zoner i modellsteg 1 som var tolkade på basis av mark- och flyggeofysik. Sannolikt består dock de tre nämnda

zonerna av flera grenar varav någon eller några stupar i en annan riktning än den nu tolkade. Ett centralt ansatt kärnborrhål bör med insats av radar och VSP kunna verifiera de tolkade zonernas orientering.

Intressant är den seismiskt tolkade Z19 som inte fanns med i modellsteg 1. Den bör verifieras med markgeofysik och borrhning.

För att verifiera den subhorisontella strukturen ZS krävs också insats av ett antal borrhål (möjligen hammarborrhål).

Modellversion 3, borrhålsdata

Svårigheterna att korrelera en viss zon med kärnborrhningsdata beror i stor utsträckning på det faktum att ingen av de större zonernas utgående har varit möjlig att undersöka geologiskt. Detta innebär att de modellerade zonernas karaktär enbart framgår av borrhålsdata. I vissa fall får man anta att mer än en zon svarar mot ett visst uppsprucket/ krossat avsnitt i borrhärnan.

Beträffande den flacka zonen ZS är osäkerheten givetvis stor vad gäller korrelationen mellan en viss gren och ett visst avsnitt i borrhärnan. Flera flacka parallella utgåenden och borrhålsindikationer kopplade till smala sprickrika pegmatit/aplitgångar har dock visat sig vara typiska för flacka zoner i Simpevarpsregionen.

6.3 Erfarenheter från arbetet i RVS

6.3.1 Modellversion 1, ytundersökningar

Modellarbetet har i detta skede inneburit ett flitigt utnyttjande av funktionen 'Import DGN'. Detta kan anses vara ett bra sätt att hantera underlagsdata i RVS. Flera av designfilerna har dock levererats med databaskopplingar som (med viss möda) överlevt konverteringen vilka i dagsläget inte hanteras av RVS importfunktion. Det är av stor vikt att RVS importfunktion för designfiler kompletteras med rutiner för att hantera kopplade data för att dessa ska kunna tillgodogöras i RVS. På så sätt ska t ex data från LMV kunna importeras med bibehållen koppling till data, se även kapitel 6.1.1.

Dock bör det finnas något annat sätt att behandla och spara den ytlitologiska modellen som ett känt RVS-modellobjekt än som en enkel, importerad designfil. Dess användning som indata till en eventuell 3D-bergmodell måste också beaktas, hur och när den ska användas i modellarbetet. En sådan lösning bör tas fram i det vidare arbetet med RVS.

Under framställningen av modellversion 1 i RVS v2.0 kunde deformationszoner och andra planformade geologiska enheter endast modelleras som plan eller som tillskrynkade plan där yttre randen följer ”medelstrykning” och ”medelstupning och därinnanför böjts för att passera genom angivna observationspunkter. Detta behov framfördes i rapporten för modellversion 1. Därför har denna funktion kompletterats i RVS v2.1 så att den ger möjlighet att modellera strukturer som i sin yttre rand följer en observation på markytan som kan vara mer eller mindre vindlande. Ur detta analyseras sedan stupningen fram. Även en sådan struktur går att ”skrynkla” innanför randen för att passera genom angivna observationspunkter

Funktionerna för att modellera ytor, 'Model Surface' och 'Model Discontinuity' har i övrigt på ett fullt tillfredsställande sätt uppfyllt de behov som föreligger i detta projekt.

6.3.2 Modellversion 2, reflektionsseismiska data

Den skraddarsydd funktionen för att tolka reflektionsseismiska metoder ger en unik möjlighet att göra en passning mellan reflektorerna och den geologiska modellen i 3D. Funktionen ger dessutom geofysikern en möjlighet till tredimensionell ”syn” som inte är möjlig med traditionell tolkningsmetodik.

Fortfarande krävs dock tillägg av ny funktionalitet för att, i bästa fall, kunna göra hela tolkningsprocessen i RVS. Detta gäller främst möjlighet att lägga in förbättrade funktioner för hastighetsdiagram i RVS. Detta borde medföra att urvalet av reflektioner för bearbetning kanske kan göras i RVS istället för innan importen till RVS, jämför kapitel 6.1.

Dessutom gjordes följande nya observationer som återförs till RVS-utvecklingen:

Punkterna som definiera reflektorn bör markeras på något sätt för att lätt kunna veta vilken som är vilken i indatafönstret.

En hastighetsfunktion bör kunna läggas in som används automatiskt för migrering av data. Nuvarande metod med att ändra i indatafönstret är bökig och leder lätt till fel.

Planen som skapas i RVS har en godtycklig utbredning. Arean på dessa borde kunna begränsas till ett område där man är relativt säker på att data finns ifrån.

6.3.3 Modellversion 3, borrhålsdata

Beträffande importen av data till RVS så går det snabbt och enkelt att hämta data från SICADA via det importgränssnitt som finns byggt. Detta gränssnitt är under fortlöpande utveckling och ständig förbättring.

För data från andra källor har funktionen Import ASCII använts. Denna fungerar tillfredsställande för import av begränsade datamängder. Om denna ingång ska vara den normala vägen in för data till ett projekt, t ex om RVS ska användas till data utanför SKBs verksamhet krävs dock en utbyggnad av denna funktionalitet. Detta beskrivs inte här.

De skraddarsydda funktionerna för att visualisera borrhålsparametrar är välkända och väl beprövade. När väl parametrarna kommit in i den lokala databasen går det snabbt och enkelt att visualisera dessa med de olika diagramtyper som finns i RVS.

Ett känt problem med borrhålsvisualiseringen är att visualisera flera parametrar på samma gång och se resultatet utan att de olika visualiseringarna skymmer varandra. Enhålstolkning är därför ett effektivt medel att visualisera resultatet av en utvärdering av flera parametrar på ett överskådligt sätt i 3D-rymden.

Ett konkret problem i RVS uppdagades med funktionerna för borrhålsvisualisering. I vissa fall kan en parameter mätt på olika djup ligga i olika instanser av samma parameter i SICADA. Stora objektselektorn i RVS kan dock inte hitta olika instanser av samma parameter vilket innebär att hela visualiseringen inte kan hämtas fram om den ligger i ett bakgrundsprojekt. Detta måste åtgärdas i RVS.

7 Slutsatser

7.1 Undersökningar

Reflektionsseismiska data ger ett mycket bra stöd för 3D-tolkning, speciellt av större (regionala) deformationszoner. Framför allt gäller detta subhorisontella zoner. Reflektorer som antages representera basiska bergartskroppar har inte kunnat kontrolleras. Dessa har inget entydigt stöd i befintliga borrhål.

Studien visar tydligt vikten av att relevanta geologiska och geofysiska indata föreligger, speciellt vad gäller deformationszonernas stupning. Information om orientering av eventuell foliation/skiffrighet i bergmassan är av motsvarande anledning nödvändig för modellering av olika bergartsenheter (linser, gångar) i 3D.

7.2 RVS

7.3 Import och visualisering av indata

Arbetet med att lägga in indata i RVS var mycket omfattande.

En del av detta arbete var specifikt för denna studie då det här var fråga om gamla data som inte lagrats på relevant sätt i SICADA. Dessa problem förväntas inte uppstå vid en kommande platsundersökning. Detta gäller främst borrhålsdata där färdiga rutiner för lagring i SICADA, leverans från SICADA till RVS och visualisering i RVS fungerar tillfredsställande utan behov av större ändringar eller kompletteringar. Några konkreta problem och behov runt borrhålsvisualiseringen har dock identifierats, se kapitel 6.3.3

Det finns dock andra typer av data där läget är mer bekymmersamt. Det som identifierats i denna studie gäller främst ytdata. Dessa levereras på ett eller annat sätt som kartfiler. Dessa kan i dagsläget importeras till RVS som objekt, dock saknas i dagsläget möjlighet att ta med kopplade data. **Det är, som en slutsats av detta arbete, viktigt att poängtera att denna del av RVS kräver en vidare utveckling.**

I första hand måste funktionen 'Import DGN' i RVS kompletteras med möjlighet att ta in kopplade data. Tanken var här att de Access-tabeller som levereras med t ex GIS-data från LMV tas in i RVS som de är så att användaren kan peka på ett objekt och se tillhörande information. Det bör utredas om funktionalitet krävs för att kunna hämta sådan information från de kopplade databladen till de tabeller med kopplade parametrar som införs i samband med RVS-Geofunk.

I övrigt är det osäkert hur långt befintlig funktion 'Import DGN' kan anses uppfylla behoven av att visualisera ytdata. Därför krävs en studie med följande steg och mål:

1. Identifikation av vilka ytdata som kommer att samlas in under platsundersökningarna
2. Hur dessa levereras, presenteras och lagras (SICADA)
3. Hur dessa ska importeras och användas i RVS
4. Ev framställning/komplettering av RVS-funktionalitet för att uppfylla dessa önskemål

Ett näraliggande problem är hur den ytlitologiska modellen ska behandlas och sparas som ett känt RVS-modellobjekt. Detta modellobjekt kommer dessutom att utgöra indata till 3D-modelleringen av bergmassan.

7.4 Modellering i RVS

7.4.1 Strukturmodellering

RVS innehåller en ”verktygslåda” med funktioner för att skapa ytor och solider. Dessa funktioner fungerar i de flesta fall bra rent tekniskt. Under detta projekts livstid har även komplettering av funktionalitet skett för att t ex möjliggöra skapandet av strukturer som följer vindlande lineament.

De tillgängliga funktionerna måste dock kompletteras med fler typer av objekt vilket kommer att ske under anpassningen av RVS till Geofunk-metodik. I samband med detta kommer då även arbetsgång och metodik att revideras. Vad gäller strukturmodellering kan läget därmed anses vara under god kontroll.

I övrigt har ett antal önskemål runt funktionerna för reflektionsseismisk tolkning identifierats, se kapitel 6.3.2. Införandet av dessa får styras av en policyfråga i hur hög grad tolkning ska göras inom RVS och hur mycket preprocessing i andra system som ska eller bör göras.

Allt arbete har skett i Äspö lokala system. Detta innebär att alla vinklar av RVS räknats fram mot Äspösystemets norraaxel. I arbetsrapporterna har dessa lokala vinklar angivits. Problemet med olika riktade koordinatsystem måste dock alltid beaktas när en riktningssangivelse ges.

7.4.2 Litologisk modellering

Den litologiska modelleringen är en i stort sett oprövad del av RVS. Inom ramen för detta projekt har några enstaka identifierade bergartskroppar samt ett stort antal, mer eller mindre slumpmässigt, utplacerade linser utplacerats i modellvolymen (huvudbergarten).

För RVS kommer blockmodellering att införas. Detta innebär att hela modellvolymen under markytan är fylld med block. Alla delar av volymen som inte modellerats som något annat antas då vara det som definierats som huvudbergart. Funktionerna för blockmodellering saknas fortfarande i RVS varför det inte finns något enkelt sätt att fylla volymen med block. Huvudbergarten har därför inte modellerats som objekt i detta projekt.

Ett konkret problem vid modelleringen är hur bergartsobjekt ska hanteras. I vårt fall har vi en bergmassa med ett stort antal linser utspridda med ett givet storleksintervall, ett givet intervall på orientering, som förändras inom modellvolymen. Dessa linser har placerats ut en efter en då funktion för slumpmässigt utplacering av linser saknas i RVS.

Detta har medfört följande:

1. Det är tidsödande och svårt att placera ut ett så stort antal linser på ett ”slumpmässigt” sätt i volymen.
2. Ett stort antal objekt bildas i objektlistan. Detta gör listan svår att söka i och medför att varje lins måste hanteras separat när den ska tändas och släckas.

För att lösa ovanstående problem bör funktionen för att slumpmässigt placera ut linser inom ett givet område på något sätt införas, kanske bara som visualisering? Frågan om hur bergartsobjekt ska visualiseras måste noga beaktas. Vissa bergartsobjekt är bestämda och identifierade genom kartering, borring eller någon annan metod, andra är utplacerade för att ge en typisk bild av den modellerade bergmassan. Dessa måste skiljas åt på något sätt. De senare kanske inte ska modelleras som diskreta bergartsobjekt utan mer existera som en visualisering av bergmassan, en sådan visualisering bör dock finnas på något sätt.

Dessutom bör övervägas om det generellt för bergartsobjekt bör införas en hierarki på så sätt att det finns några huvudobjekt, kanske per bergart, där enstaka linser/kroppar utgör subobjekt.

Se även funderingarna rörande den ytlitologiska modellen i kapitel 7.3 ovan.

Många frågor runt modellering av bergarter kan och bör lösas i samband med att blockmodellering införs i RVS vilket planeras ske under år 2001.

7.4.3 Redovisning av osäkerhet

Det är mycket viktigt att på ett klart sätt kunna redovisa säkerheten för modellen inom modellvolymen ur två aspekter. Dels vilken säkerhet de olika modellerade objekten har och dels vilken utsträckning inom modellvolymen modellen kan anses vara giltig.

Modellvolymen är en fyrkantig låda med raka sidor med sannolikt störst informationstäthet i mitten. Områden i modellvolymens ytterområden som inte genomkorsas av modellerade strukturer kan se bedrägligt ”goda” ut när frånvaron av modellerad strukturer i själva verket beror på den låga informationsdensiteten.

Det är viktigt att åstadkomma verktyg i RVS för att illustrera detta.

De modellerade objektens säkerhet bör kunna redovisas genom att illustrera modellen med avseende på de parametrar som uttrycker säkerhet.

Modellvolym med en låg grad av osäkerhet bör kunna redovisas genom att bergenheter i blockmodellen kan ansättas parametrar som uttrycker denna osäkerhet. Blockmodellen bör sedan kunna illustreras med avseende på dessa parametrar.

Möjlighet att anpassa modellvolymen så att denna inte är en rak låda utan att dess yttre gränser följer de yttre, begränsande strukturerna är en intressant aspekt som bör övervägas. Problemet med detta är att gränsen för modellen då ändras när de begränsade objekten ommodelleras. Kanske bör dessa gränser införas i modellens sista steg, dvs i blockmodelleringen och redovisningen av denna?

7.4.4 MicroStation-relaterade problem

Ett annat problem som identifierats under arbetet med detta projekt är den begränsning av storlek på objekt som finns inbyggt i MicroStations 20 år gamla designfilsformat. Objektens storlek är begränsad till 128 kB, denna gräns överskrids snabbt av de stora och komplexa solider som ofta bildas vid RVS-modellering. Då skapas i MicroStation något som heter ’Supersolids’ eller supersolider. Hanteringen av dessa i MicroStations solidmodelleringskärna är dock högst bristfällig vilket leder till stora stabilitetsproblem.

Någon enkel lösning på detta finns inte i dagens version av Microstation (v7.x). Därför har skapandet av supersolider spärrats i RVS, RVS tillåter helt enkelt inte att så komplexa objekt bildas. Detta medför tyvärr en del begränsningar i funktionalitet. Bentley Systems som tillverkar MicroStation har dock aviserat att nästa version av programmet (v8.x) ska vara befriat från detta problem genom att begränsningen av objektens storlek kommer att lyftas högt över de praktiska behov som finns. Denna version av MicroStation kommer under år 2001.

Referenser

1. **Bergman T, Johansson R, Lindén A H, Lindgren J, Rudmark L, Wahlgren C-H, Isaksson H, Lindroos H, 1998.** Förstudie Oskarshamn. Jordarter, bergarter och deformationszoner. SKB R-98-56.
2. **Bergman T, Johansson R, Lindén A, Rudmark L, Wahlgren C-H, Follin S, Isaksson H, Lindroos H, Stanfors R, 1999.** Översiktsstudie Oskarshamn. Erfarenheter från geovetenskapliga undersökningar i nordöstra delen av kommunen. SKB R-99-04.
3. **Gentzschein, B, Nilsson G, Stenberg L, 1987.** Preliminary Investigations of Fracture Zones at Ävrö. Results of investigations performed July 1986 – May 1987. SKB PR 25-87-16.
4. **Juhlin C, Palm H, 1997.** Reflection seismic studies on the island of Ävrö. SKB Project Report PR D-97-09.
5. **Juhlin C, Palm H, 1999.** 3D structure below Ävrö island from high resolution seismic studies, southeastern Sweden. *Geophysics*, 64, 662-667.
6. **Kornfält K-A, Wikman, H, 1987.** Description to the Map of Solid Rocks around Simpevarp. SKB PR 25-87-02.
7. **Nisca D, 1987.** Aeromagnetic Interpretation 6G Vimmerby, 6H Kråkelund, NW, SW. SKB PR 25-87-23.
8. **Tirén S, Beckholmen M, 1987.** Structural analysis of contoured maps. Äspö and Ävrö Southeastern Sweden. SKB PR 25-87-22.

Databaser från SGU

(Från Berggrunds- och deformationszonskartorna)

Utsnitt: Ävrö

Format: dgn-diler

Vissa av databaserna har attributinformation i form av ett ID-värde.
ID-värdet har placerats i **Graphic Group** i designfilen.

bgytland Berggrund (land) YTOR

ID

- 5 Granit till kvartssyenit, gråröd till röd, jämnkornig, ca 1800 milj år, finkornig till medelkornig.
- 6 Granit till granodiorit, rödgrå till gråröd, medel- till grovkornig, vanligtvis porfyrisk, ca 1800 milj år.
- 7 Granodiorit till kvartsmonzodiorit, grå till rödgrå, medelkornig, jämnkornig eller glest porfyrisk, hornbländeförande, ca 1800 milj år,
- 9 Diorit och gabbro, medel- till grovkornig
- 11 Metavulkanisk bergart i allmänhet, sur till intermediär, ca 1900 milj. år.

bghav Berggrund (hav) YTOR

ID

- 19 Smålandsgranit i allmänhet, under hav.

gang Aplit/granitgång. PUNKTER

ID-värdet anger riktning från norr och medurs

inneslut Inneslutning av äldre bergart i yngre. PUNKTER

ID-värdet anger riktning från norr och medurs

formline Strykningsriktning av planstruktur (foliation) LINJER
(inga id-värden)

monly Deformationszon (sprickzon?) enbart magnetiskt indikerad. LINJER
(inga id-värden)

regh2 Regional sprickzon under hav. LINJER
(inga id-värden)

zonland Sprickzon land. LINJER
(inga id-värden)

zonhav Sprickzon hav. LINJER
(inga id-värden)

Höjddata och djupdata över Äspö

1999-02-09

Höjddata:

Höjddata har inom SKB's projekt Oskarshamn levereras från Lantmäteriverket som griddata i RAK med 50 meters gridceller. Data är producerade med stereografisk digitalisering av flygfotografier samt automatisk digitalisering av höjkurvor från ekonomiska kartan (1:10 000 & 1:20 000 skala). Den senaste revisionen av höjddata avslutades 1993. Det maximala standard felet i höjd hos ett höjdvärde är ± 2.5 meter. Data levereras med en lagringsnoggrannhet av 0.1 meter.

Djupdata:

Djupdata från Sjöfartsverket har tidigare sammanställts av GeoVista för SKB's projekt Oskarshamn. Grundmaterialet har varit ett sifferunderlag från Sjöfartsverket beskrivande data insamlade under tidigare delen av 1900-talet. Förutom detta har ett modernare digitalt material använts.

På bifogad karta ur Oskarshamnsrapporten (Figur: 7-3) visas begränsningarna för de olika områdena vars digitaliseringsmetod beskrivs nedan:

OMR 1a och 1b:

I dessa områden har det gamla siffermaterialet digitaliserats genom att i varje hörnpunkt i ett 100 * 100 m rutnät interpolera fram ett djup. Dessa djupvärden med koordinaten i hörnpunkterna lagras i ASCII-filen.

OMR 2 och 3:

I dessa områden har siffermaterialet digitaliserats med större täthet genom att varje enskild djuppunkt med respektive koordinat lagrats i en ASCII-fil. Detta gör att avstånden mellan djuppunkterna i vissa delar är så litet som 50 m.

OMR 4:

Materialet i detta område kommer från Sjöfartsverkets "Kråkemåla"-mätning från 1988.

I övriga områden har digitala djupkurvor och punktinformation från sjökort utgjort informationsdatabasen.

GeoVista AB

P.O. Box 276
S-971 08 Luleå

Visitors address: Stationsgatan 46
e-mail: GeoVista@geovista.se
URL: www.geovista.se

Tel: +46-920-603 60
Fax: +46-920-21 18 01

De digitala ASCII-filerna har interpolerats till ett grid med en pixelstorlek på 50 m med användande av "minimum curvature" interpolationsmetod.

Utsnitt:

Ett utsnittet av ovanstående data har transformerats från RAK till Äspö's lokala koordinatsystem samt levereras här som grid samt som ASCII värden.

Det utsnitt som levereras ligger inom följande gränser i Äspö systemet:

1 800 - 4 850 ost
4 800 - 7 600 norr

Alla koordinater för data gäller således i Äspö systemet.

Leveransformat:

Griddata av det tidigare producerade höjd & djup grid levereras dels som ett grid i TIFF format samt även som ASCII-fil. TIFF-bilden levereras i 10 meters upplösning för att ge ett visuellt användbart bakgrundsmaterial. För de höjdvärden som interpolerats fram i 50 meters upplösning hänvisas till ASCII-filen. De filer som relaterar till höjd & djupdata gridet har namngivits enligt följande:

Hdc_ su10.TIF	TIFF fil i 10 meters upplösning
Hdc_ su10.TFW	ArcView registreringsfil till ovan
Hdc_ su.ASC	ASCII fil av ovan

Notera att de hörnpunkter som framgår ur ovan angivna koordinatgränser för området gäller för mitten av vardera hörnpixel i gridet. I ArcView registreringsfilen (Hdc_su.TFW) anges denna koordinat för övre vänstra hörnet samt pixelstorleken 10 meter.

För att registrera TIFF-filen i MicroStation anges två motstående hörnkoordinater baserat på de ovan angivna koordinatgränserna. Dock skall ej mitten på pixlarna anges utan koordinater med ½ pixelstorlek utanför, t.ex.:

xy=1795,4795
xy=4855,7605

Lägespunkterna för de djupdata från vilka har använts vid interpolationen levereras i ASCII-filer med namn baserade på ovan beskrivningar av hur de olika typerna av djupdata har sammanställts. Filerna har namn enligt följande:

Omr1b_su.ASC (notera att område 1a ej berörs av utsnittet)
Omr2_su.ASC
Omr3_su.ASC
Omr4_su.ASC

Det interna formatet i alla ASCII-filer är **ost, norr, djup**, alla värden i meter. Notera att djup anges som negativa värden, dvs ”negativa höjder över havet”.

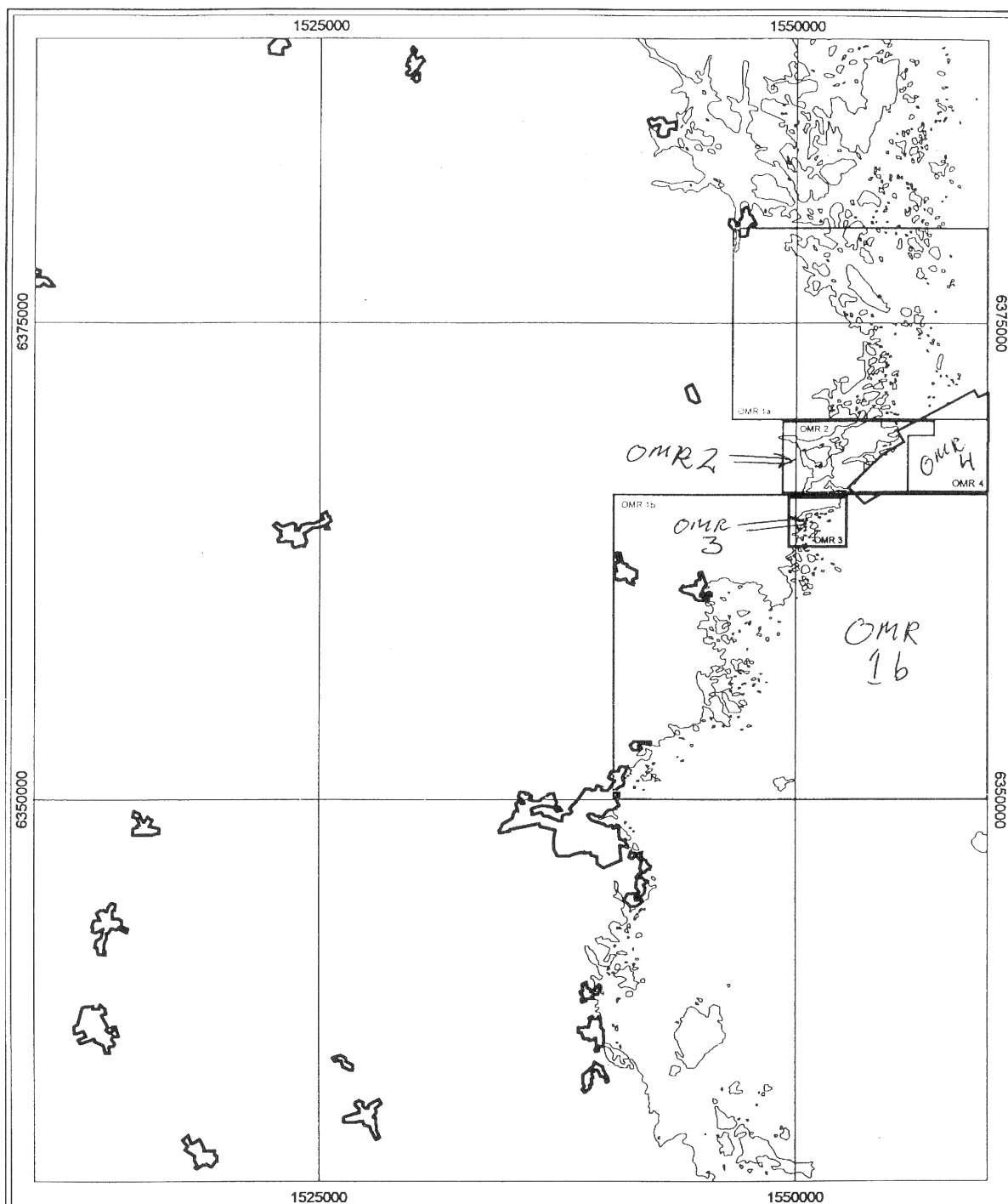
Nyttjanderätt:

Dessa data kan användas under nyttjanderätt som SKB har med respektive myndighet.

Produkter som innehåller höjddata skall vara märkta i enlighet med SKB's ramavtal med LMV.

Produkter som innehåller djupdata skall vara märkta:

© Sjöfartsverket
Tillstånds nr: 130703 - 9809075



**SKB Djupförvar
Förstudie Oskarshamn**

Skala 1:300000



Kartproduktion GeoVista AB, Juni 1998

Index karta

Visar områdesindelningen för olika digitaliseringsmetoder vid framtagningen av digitala djupdata

OMR 1a och 1b:
Genomskiffermaterialet har digitaliserats i ett rutnät om 100 * 100 m.

OMR 2 och 3:
Det gamla siffermaterialet har digitaliserats med större täthet genom att varje enskild djuppunkt med respektive koordinat avlästs.

OMR 4:
Digitala data från Sjöfartsverkets "Kräkemåle"-mätning, 1988.

I övriga områden har digitala djupkurvor och punktinformation från sjökort utgjort informationsbasen.

© Sjöfartsverket
Tillstånd nr: 130703-9809075

Figur: 7-3

Konvertering och transformation av Äspö-data

1 Bakgrund

På SKB:s Äspölaboratorium pågår uppbyggnad av databaser i Äspö-området. I detta projekt skall man dels bygga upp data över ett specificerat område kring Ävrö, och dels hitta metoder och rutiner för databasuppbyggnad vid framtida platsundersökningar.

På Äspölaboratoriet används RVS-systemet, som är ett modelleringssystem som används för 3D-modellering av berggrunden. Systemet bygger på Microstation.

Ursprungsformatet på data är ArcInfo-format (coverage eller grid). Data skall konverteras från ArcInfo till Microstation design-filer.

På Äspö har man ett eget koordinatsystem (Äspö-systemet). Ursprungligen ligger data i RT90-format, men skall transformeras till Äspö-systemet.

2 Syfte

Syftet med denna utredning är att fastställa arbetsgången för att konvertera data från ArcInfo-format till Microstation-format och transformera data från RT90 till Äspös lokala system.

3 Arbetsgång

Både konvertering och transformation av data kan göras med hjälp av programvaran Feature Manipulation Engine (FME) från Safe Software Inc. FME är främst ett verktyg för konvertering av data mellan olika GIS-format men innehåller även funktioner för databearbetningar t. ex. koordinattransformationer.

3.1 Parameterinställningar

Designfilen innehåller parametrar som styr hur koordinaterna i filen ska tolkas och översättas vid visning i programmet och vilka enheter som koordinaterna ska anges i. Dessa parametrar specificeras i översättningsfilen enligt följande:

```
IGDS_UNITS IGDS_MASTER_UNITS
```

```
IGDS_MASTER_UNIT_NAME M
```

```
IGDS_SUB_UNIT_NAME MM
```

```
IGDS_SUBS_PER_MASTER 1000
```

```
IGDS_UORS_PER_SUB 1
```

Vid konvertering till designfilsformat i FME måste också en så kallad "Seed File" anges. Detta är en designfil vars parametervärden och utsträckning m.m. används som utgångsdata vid

Upprättat datum Upprättat av Ändrat datum Ändrat av Dokumentnamn
990324 KJST

Projektbenämning Version Fastställt datum Fastställt av
1.0a

konverteringen. I det här fallet kan en av de ”Seed Files” som följer med FME användas. Filen heter seed2d_m.dgn och ligger i katalogen FME22\design.

3.2 Koordinattransformation

Indata behöver transformeras från RT90 2,5 gon V 0:-15 till Äspös lokala system. För transformationen används FME:s inbyggda funktion för Affin transformation med parametrar som erhållits från Äspölaboratoriet. Funktionsanropet i FME ser ut enligt följande:

```
@Affine(0.978799456,0.204822095,-2820669.651,-0.204822095,0.978799456,-5907767.264)
```

3.3 Attributlänkning

Designfilsformatet innehåller ingen attributinformation men de geografiska objekten kan länkas till exempelvis en DBase-fil med attributdata. För att skapa länken krävs att DBase-filen innehåller ett attribut (med namnet MSLINK) med de värden som används för länken. Som utgångsfil kan Shapeformatets DBase-fil för indata användas. Denna kompletteras med ett MSLink-attribut där värdet på ett attribut i indatafilen som unikt identifierar varje objekt lagras. Detta görs i en särskild FME-körning från Shape till Shape där konverteringsfilen kompletteras med följande rad för attributtillägget:

```
MSLINK %fnr
```

Samma attributvärden läggs till i designfilens länkingsattribut vid konverteringen till designfilsformat enligt följande:

```
igds_linkage{0}.type dbase igds_linkage{0}.key %fnr
```

På detta sätt erhålls en länkning mellan objekten i designfilen och attributvärdena i DBase-filen.

Indatafiler, seismiklinjer

De reflektionsseismiska undersökningarna som legat till grund för denna modellering presenteras i rapport SKB Project Report PR D-97-09 /4/. Från dessa har ett urval av reflektorer gjorts av Christopher Juhlin och levererats i form av ASCII-filer.

Nedan presenteras de indatafiler som importerades till RVS. ASCII-filerna innehåller följande kolumner:

n , x_{m1} , y_{m1} , z_{m1} , x_{m2} , y_{m2} , z_{m2} , t_1 , t_2 , v_1 , v_2 , e_1 , e_2 , a , c , f , S , T

I tabellerna nedan ges förklaringen till de olika kolumnerna samt möjliga värden för T , tolkad typ av reflektor.

Parameter	Beskrivning	Default-värde	Måste anges
n	reflektor nummer	Inget	Ja
x_{m1} , y_{m1} , z_{m1}	koordinater av mätpunkt 1	Inga	Ja
x_{m2} , y_{m2} , z_{m2}	koordinater av mätpunkt 2	Inga	Ja
x_{d1} , y_{d1} , z_{d1}	koordinater av djuppunkt 1	Inga	Ja
x_{d2} , y_{d2} , z_{d2}	koordinater av djuppunkt 2	Inga	Ja
t_1 , t_2	gångtider för punkt 1 och 2	Inga	Ja
v_1 , v_2	migreringshastigheter för punkt 1 och 2	Inga	Ja
e_1 , e_2	ellipticitet för punkt 1 och 2	1,1	Nej
a	amplitude av reflektionen	Inget	Nej
c	coherens av reflektionen	Inget	Nej
f	huvudfrekvens av reflektionen	Inget	Nej
S	Visas i RVS på import	1	Nej
T	Lista över möjliga deformationszoner (se nedan)	0	Ja

Kolumner i indatafilen

Number ID	Type
Unknown	0
Fracture Zone	1
Rock boundary	2
High velocity dike	3
Low velocity dike	4
Mylonite Zone	5

Möjliga värden för T med förklaring

Indatafilerna importeras som ASCII-filer. Nedan presenteras innehållet i de två filerna, en för seismiklinje 1 och en för seismiklinje 2.

Seismiklinje 1

TYPE - seismic_line_drawing_time_section

VERSION - 1.1

LINE - avro_line1_a

1	3385.2	6398.0	0.00	3522.6	6393.1	0.00	38.7	39.1	6000.0	6000.0	1.00	1.00	1.00	1.00	0.0	1	1
2	3495.1	6394.1	0.00	3829.9	6382.3	0.00	58.0	65.0	6000.0	6000.0	1.00	1.00	1.00	1.00	0.0	1	1
3	3852.4	6381.5	0.00	4007.3	6376.0	0.00	67.2	60.2	6000.0	6000.0	1.00	1.00	1.00	1.00	0.0	1	1
4	3570.0	6391.5	0.00	4007.3	6376.0	0.00	78.6	213.5	6000.0	6000.0	1.00	1.00	1.00	1.00	0.0	1	1
5	3195.3	6404.7	0.00	3720.0	6386.2	0.00	274.5	183.2	6000.0	6000.0	1.00	1.00	1.00	1.00	0.0	1	1
6	3732.5	6385.7	0.00	4084.7	6373.3	0.00	182.3	131.8	6000.0	6000.0	1.00	1.00	1.00	1.00	0.0	1	1
7	3567.6	6391.6	0.00	3929.8	6378.7	0.00	121.2	119.0	6000.0	6000.0	1.00	1.00	1.00	1.00	0.0	1	1
8	3942.3	6378.3	0.00	4092.2	6373.0	0.00	119.5	94.4	6000.0	6000.0	1.00	1.00	1.00	1.00	0.0	1	0
9	3245.2	6403.0	0.00	3430.1	6396.4	0.00	89.6	92.7	6000.0	6000.0	1.00	1.00	1.00	1.00	0.0	1	0
10	3265.2	6402.2	0.00	3470.1	6395.0	0.00	188.4	185.8	6000.0	6000.0	1.00	1.00	1.00	1.00	0.0	1	0

2(3)

Siesmiklinje 2

TYPE - seismic_line_drawing_time_section

VERSION - 1.1

LINE - avro_line2_a

1	3634.4	6552.2	0.00	3642.7	6457.6	0.00	67.6	70.7	6000.0	6000.0	1.00	1.00	1.00	1.00	0.0	1	1
2	3644.0	6442.6	0.00	3656.6	6298.2	0.00	65.0	60.6	6000.0	6000.0	1.00	1.00	1.00	1.00	0.0	1	1
3	3628.8	6616.9	0.00	3687.0	5949.5	0.00	81.3	207.8	6000.0	6000.0	1.00	1.00	1.00	1.00	0.0	1	1
4	3631.4	6587.1	0.00	3644.0	6442.6	0.00	105.4	113.8	6000.0	6000.0	1.00	1.00	1.00	1.00	0.0	1	1
5	3617.0	6751.4	0.00	3685.2	5969.4	0.00	294.3	83.5	6000.0	6000.0	1.00	1.00	1.00	1.00	0.0	1	1
6	3623.1	6681.7	0.00	3641.8	6467.5	0.00	123.9	170.0	6000.0	6000.0	1.00	1.00	1.00	1.00	0.0	1	0
7	3666.1	6188.6	0.00	3679.6	6034.2	0.00	165.2	168.2	6000.0	6000.0	1.00	1.00	1.00	1.00	0.0	1	3
8	3611.8	6811.2	0.00	3621.8	6696.6	0.00	144.5	140.1	6000.0	6000.0	1.00	1.00	1.00	1.00	0.0	1	3
9	3617.0	6751.4	0.00	3627.0	6636.9	0.00	208.2	204.7	6000.0	6000.0	1.00	1.00	1.00	1.00	0.0	1	3

3(3)

MRM Konsult AB

Stefan Sehlstedt

PM

2000-04-18

WellCAD bilder från Ävrö-hålen

Bakgrund

Syftet med detta projekt var att testa programmet WellCAD för tolkning och presentation av data och tolkning. Arbetsgång och erfarenheter framgår nedan.

Önskad information

Önskemål från Roy Stanfors som svarade för tolkningen var att använda data som gav information om:

- bergarter, främst sektioner med basiska bergarter
- större deformationszoner
- vattenföring

Inventering och urval av data

En inventering gjordes i Sicada med utgångspunkt från ovanstående önskemål. Följande urval av data gjordes:

Bergarter

- karterade bergarter
- naturlig gamma strålning
- magnetisk susceptibilitet

Större zoner

- sprickfrekvens
- radar
- normal resistivitet
- single point resistance

Vattenföring

- hydraulisk konduktivitet
- salinitet / temperatur

Vissa data som borde finnas i Sicada gick inte att hitta. Karterade bergarter, sprickfrekvens och radarreflexer spårades upp och lagrades i Sicada.

Presentation av data

Baserad på valda datamängder gjordes en design för bilderna. Ett sql-script gjordes för att läsa ut data ur Sicada. Data lästes ut med hjälp av scriptet.

Tolkning

I WellCAD bilderna finns en kolumn som heter Interpretation där markerade sektioner visas med röd färg. Till höger om denna kolumn finns kolumnen Comments där en förklaring till sektionen går att läsa.

Intressanta sektioner markerades manuellt i kolumnen Interpretation. Tolkningen av möjliga sprickzoner är baserad på en kombination av hög sprickfrekvens, låg resistivitet och ibland även radarindikationer.

När tolkningen var klar genererades kolumnen Comments från Interpretation. Sedan kan man fylla i önska text till respektive sektion. Kommentarer kan också läsas in från fil om man hellre vill det.

I de flesta fall är det möjliga sprickzoner som markerats, men radarreflexer är också vanliga. Sektioner i hammarborrhålen kan vara tolkade bergarter.

Slutsats

Det går att lägga in tolkade sektioner manuellt eller från fil. Sektionerna kan anges med olika koder (som presenteras med olika färger) för olika tolkningstyper. Man bör göra denna del av tolkningen färdig så att den inte behöver ändras. När detta är klart kan man generera en kommentarskolumn där man får motsvarande sektioner. Sedan får man manuellt fylla i dessa. Dessa data kan sedan läsas ut till ASCII fil och användas vidare (Excel, Sicada etc).

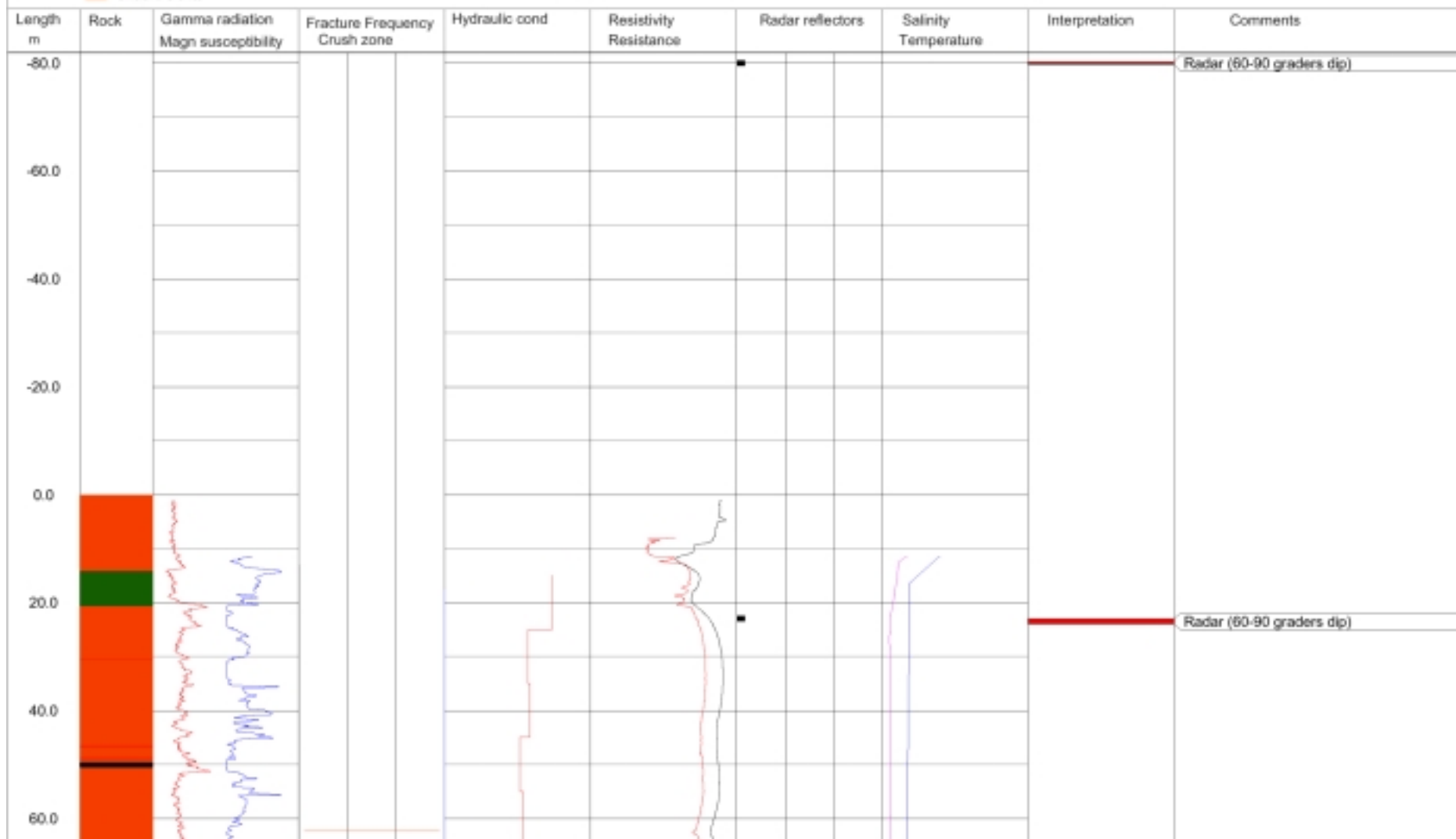


Site ÄVRÖ

Borehole KAV01
Length 743.6 m
Diameter 5.6e-002 m

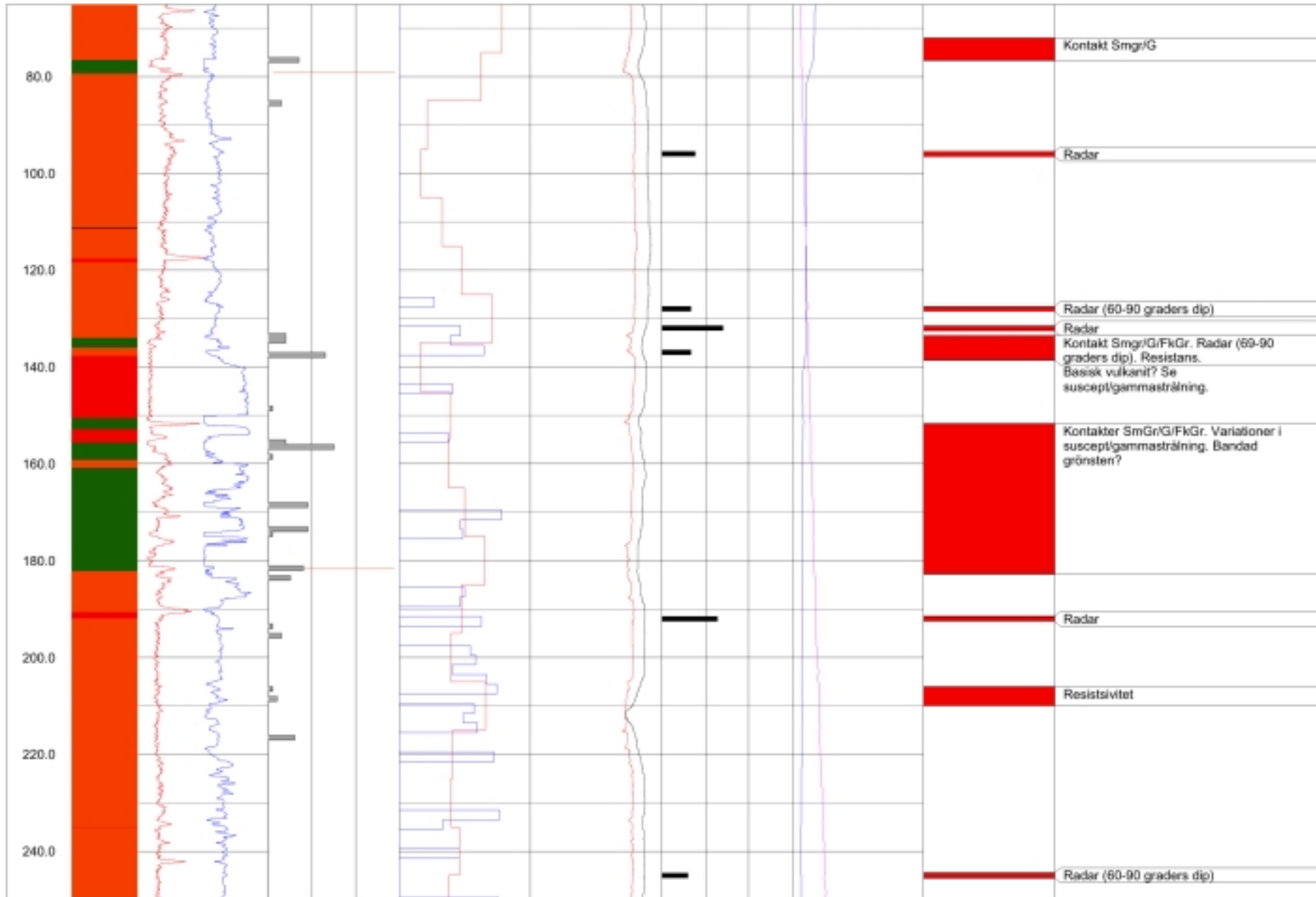
Bearing 237.264 °
Inclination -89.2 °
Date 1999-12-13 17:08:27

- Mafic Volcanite
- Pegmatite
- Fine Grained Granite
- Småland Granite

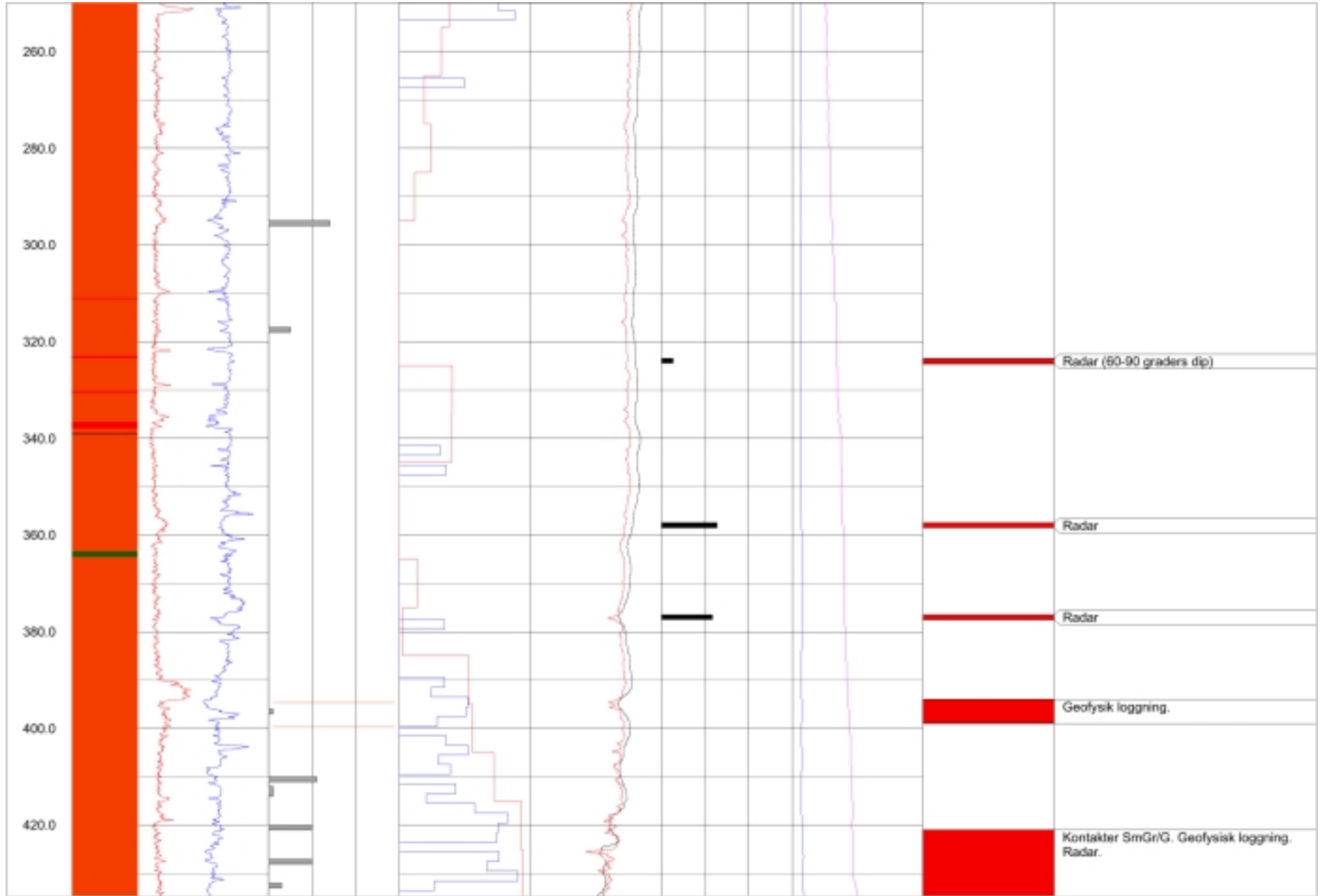


3

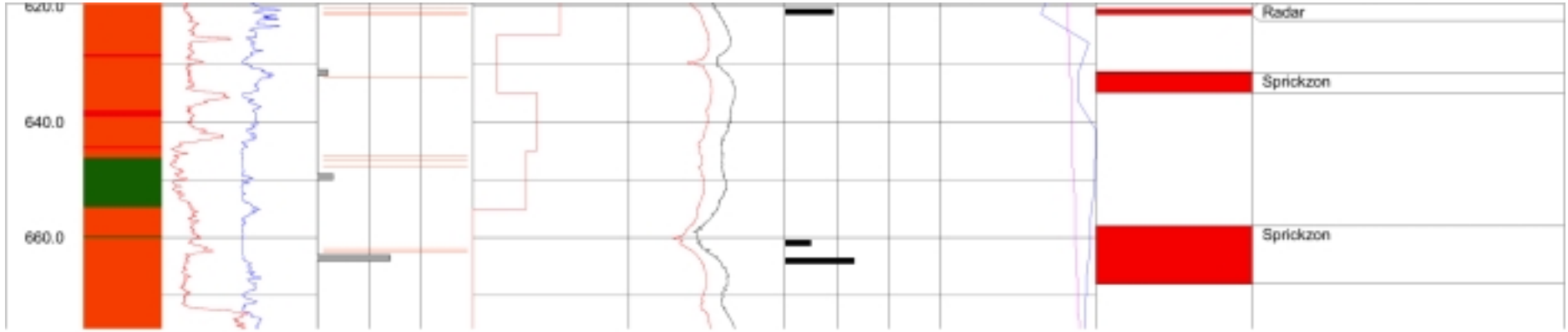
KAV01 - 1(5)



KAV01 - 2(5)



KAV01 - 3(5)



KAV01 - 5(5)

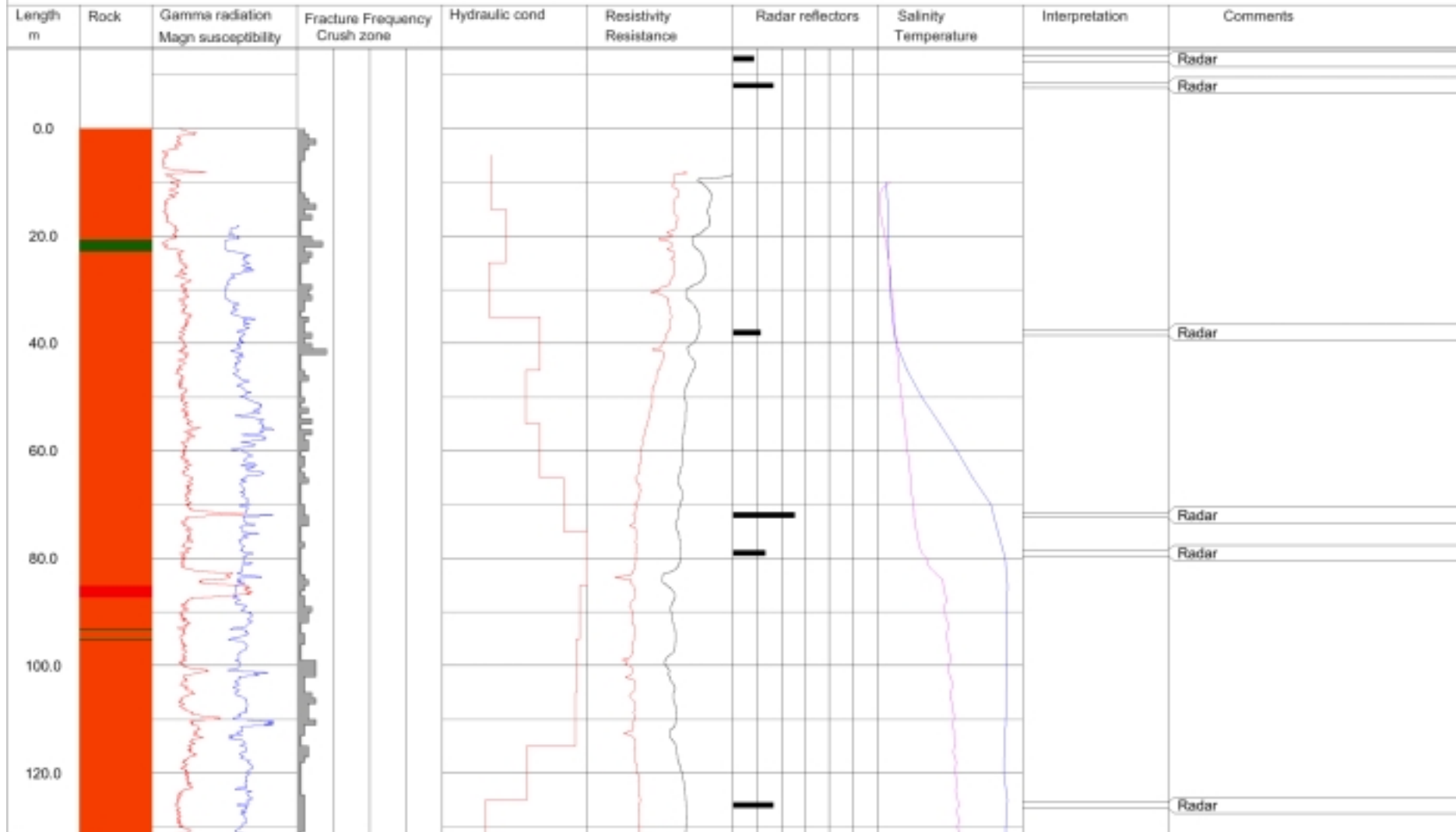


Site ÄVRÖ

Borehole KAV03
Length 248.4 m
Diameter 5.6e-002 m

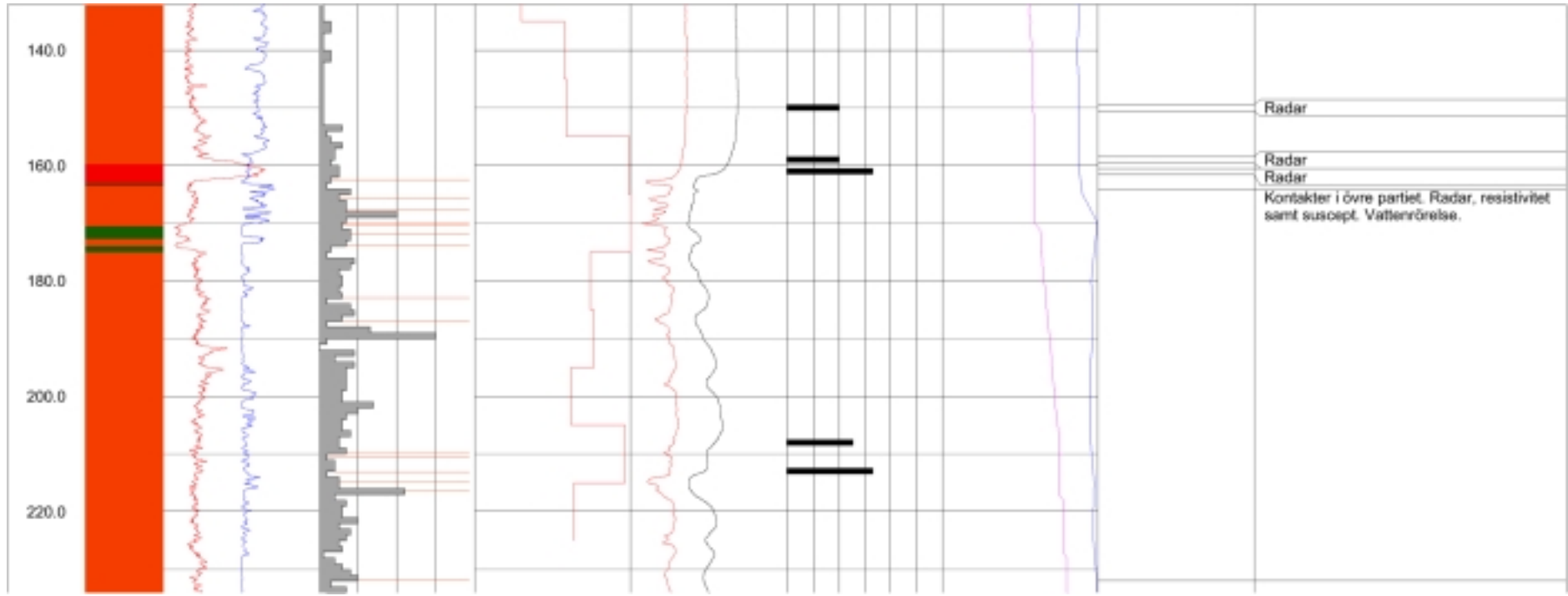
Bearing 146.264 °
Inclination -89.4 °
Date 1999-12-10 15:37:09

- Mafic Volcanite
- Fine Grained Granite
- Småland Granite



6

KAV03 - 1(2)



KAV03 - 2(2)



Site ÄVRÖ

Borehole HAV03
Length 134.2 m
Diameter 0.11 m

Bearing 160.264 °
Inclination -88 °
Date 1999-12-10 16:02:46

Length m	Rock	Gamma radiation Magn susceptibility	Fracture Frequency Crush zone	Hydraulic cond	Resistivity Resistance	Radar reflectors	Salinity Temperature	Interpretation	Comments
0.0						█			Radar
20.0									
40.0						█			Radar
60.0						█			Radar
65.0						█			Radar
80.0						█			FkGr tolkad från gamma/suscept
100.0									FkGr tolkad från gamma/suscept
120.0									

11

HAV03 - 1(1)



Site ÄVRÖ

Borehole HAV07
Length 100 m
Diameter 0.115 m

Bearing 66.264 °
Inclination -56.2 °
Date 1999-12-13 16:27:00

Length m	Rock	Gamma radiation Magn susceptibility	Fracture Frequency Crush zone	Hydraulic cond	Resistivity Resistance	Radar reflectors	Salinity Temperature	Interpretation	Comments
-40.0						████████			Radar
-20.0									
0.0						████████			Radar
						██████			Radar
20.0									Låg suscept, förhöjd gamma. FkGr? Resistivitet.
40.0									
60.0									
80.0									
100.0						██████			Låg suscept, förhöjd gamma. FkGr? Radar.

12

HAV07 - 1(2)

120.0								
								Radar
								Radar
140.0								
								Radar

HAV07 - 2(2)