

R-99-17

Översiktsstudie av Hallands län

Geologiska förutsättningar

Ildikó Antal, Johan Berglund*, Jonas Gierup,
Inger Lundqvist, Tore Påsse, Lars-Kristian Stølen,
Bo Thunholm

Sammanställning och slutsatser
Michael Stephens och Rune Johansson

Sveriges Geologiska Undersökning (SGU)
*GeoMap West

Juni 1999

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



Översiktsstudie av Hallands län

Geologiska förutsättningar

Ildikó Antal, Johan Berglund*, Jonas Gierup,
Inger Lundqvist, Tore Pässe, Lars Kristian Stølen,
Bo Thunholm

Sammanställning och slutsatser
Michael Stephens och Rune Johansson

Sveriges Geologiska Undersökning (SGU)
*GeoMap West

Juni 1999

INNEHÅLLSFÖRTECKNING

i

1	Inledning	1
2	Viktiga geologiska faktorer vid lokaliseringen av ett djupförvar	1
3	Hallands län i ett regionalt geologiskt perspektiv	5
	Berggrundsgeologi	5
	Jordartsgeologi och jordskalv	5
	Hydrogeologi	7
4	Bergarter och berggrundens homogenitet	7
	Ytbergarter	7
	Djupbergarter	7
	Gångbergarter	12
	Berggrundens homogenitet	15
5	Mineral- och bergartsresurser	15
	Översikt över mineral- och bergartsresurser	15
	Icke-metalliska mineralresurser	17
	Nyttosten	17
6	Deformationszoner	17
	Definitioner och metodik	17
	Plastiska skjuvzoner	18
	Sprickzoner och förkastningar	22
	Deformationszoner i tid och rum	23
7	Nedisningar, jordarter, jorddjup samt sen- eller postglaciala rörelser i jordskorpan	23
	Nedisningar, isfria perioder samt postglacial utveckling	23
	Jordarter och jorddjup	27
	Sen- eller postglaciala rörelser i jordskorpan inkluderande jordskalv	29
8	Hydrogeologi	29
	Grundvattnets bildning och strömning	29
	Grundvattentillgångar	33
	Berggrundens genomsläpplighet	33
	Grundvattnets kemi	36
9	Geologiska förutsättningar för lokalisering av ett djupförvar	36
	Sammanfattande slutsatser	36
	Områden lämpliga för vidare undersökning	39
10	Referenser	42

BILAGA

A	Geologisk ordlista	
----------	---------------------------	--

1 Inledning

Sveriges geologiska undersökning (SGU) har på uppdrag av Svensk Kärnbränslehantering AB (SKB) gjort en översiktlig studie av de geologiska förutsättningarna för att lokalisera ett djupförvar till Hallands län, se Figur 1.

Länsöversikten baseras på befintlig information i form av analoga eller digitala berggrundsgeologiska kartor, jordartskartor och tematiska kartor av olika slag samt beskrivningar till dessa kartor, se Figur 2, på andra publikationer och på opublicerat material. Digitala höjddata och flyggeofysisk information har använts framför allt för studier av deformationszoner, medan data från bland annat SGUs brunnarsarkiv nyttjats för studier av jordmäktighet, hydrogeologi och vattenkemi. I de följande kapitlen redovisas i detalj vilka data som använts för respektive delstudie. Flyggeofysiska data täcker i stort sett hela länet medan modern berggrunds- och jordartsgeologisk information i skala 1:50 000 täcker en mindre del av området, se Figur 2. Omfattningen av länsöversikten har inte tillåtit hänsynstagande till detaljstudier i enskilda områden.

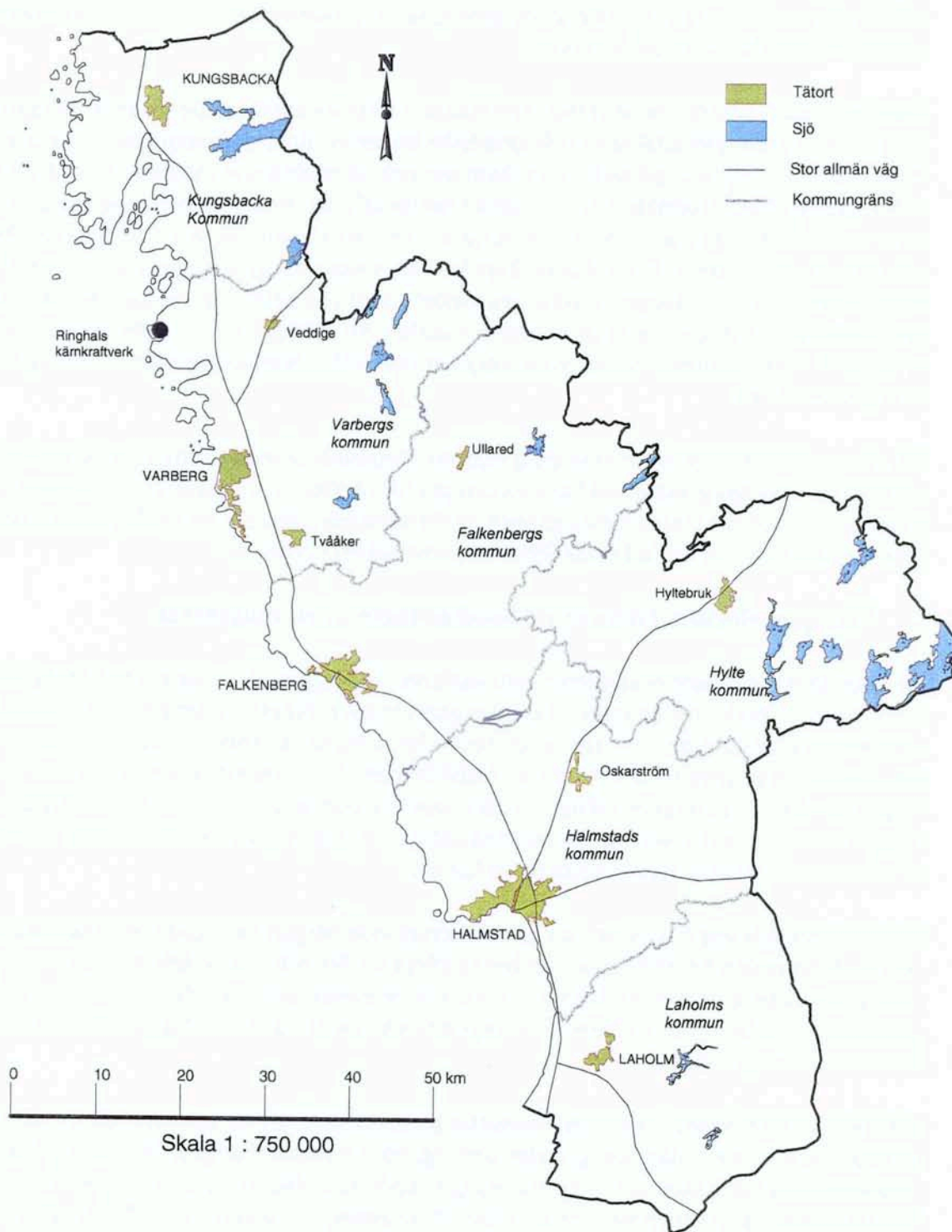
För att uppfylla kravet på vetenskaplig relevans kombinerad med rimlig förståelse för läsare utan geovetenskaplig bakgrund har förklaringar till facktermer inkluderats. Dels ges förklaringar till termerna i texten första gången de förekommer, dels har en geologisk ordlista bifogats, se Bilaga A. I flera fall finns förklaringarna enbart i ordlistan.

2 Viktiga geologiska faktorer vid lokaliseringen av ett djupförvar

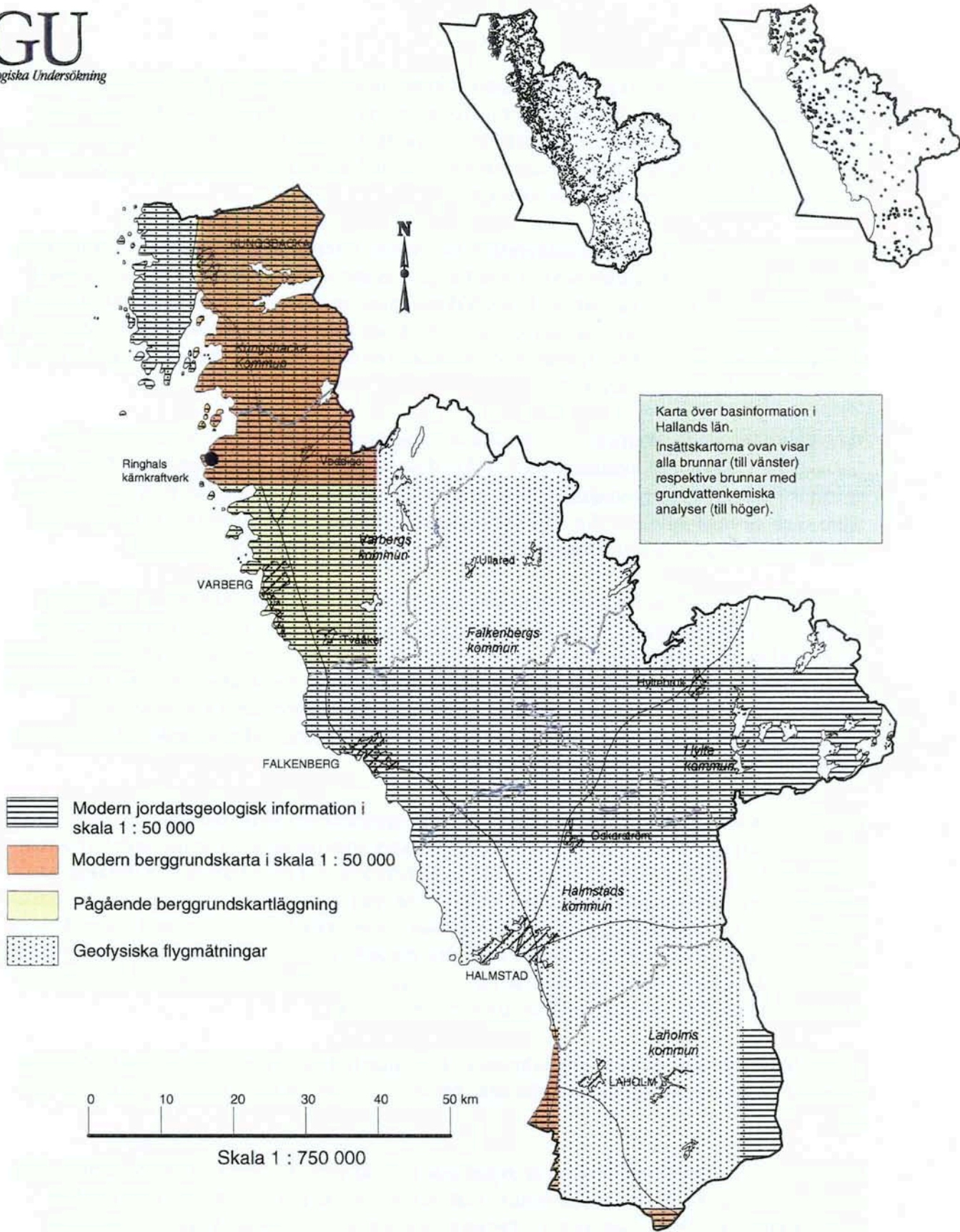
De geologiska lokaliseringsfaktorer som studerats är berggrundens sammansättning och homogenitet, förekomst av mineral och bergartsresurser, regionala deformationszoner, jordlagrens sammansättning och mäktighet, sen- eller postglaciala förkastningsrörelser i jordskorpan, landhöjning samt hydrogeologiska förhållanden. Även uppgifter om jordskalv lämnas i rapporten. Dessa faktorer är viktiga vid den samlade bedömningen av förutsättningarna för ett djupförvar, dels med avseende på den långsiktiga säkerheten, dels med avseende på undersöknings- och anläggningstekniska förhållanden.

Berggrunden bör utgöras av en vanligt förekommande bergart med goda bergtekniska egenskaper. Inhomogen berggrund bör undvikas eftersom den oftast är svårförutsägbar och gör anläggningsarbetet mer komplicerat. Vidare bör bergarten inte vara eller förväntas bli aktuell som mineral- eller bergartsresurs så att brytning kan medföra att den långsiktiga säkerheten försämras i ett djupförvar.

Uthålliga deformationszoner, som innefattar plastiska skjuvzoner samt spröda sprickzoner och förkastningar utefter vilka berggrunden rört sig, bör undvikas. Längs många zoner har de senaste rörelserna visserligen skett för många hundratals, ibland tiotals miljoner år sedan men det finns en tendens att yngre rörelser följer äldre zoner, s.k. reaktivering. Eventuella framtida rörelser i berggrunden kan därför antas i stor utsträckning komma att ske längs tidigare utbildade deformationszoner. I deformationszoner har berggrunden i många fall en inhomogen uppbyggnad och bör på grund av detta behandlas med försiktighet. Dessutom kan vissa mineraliseringar förekomma längs deformationszoner som då kan betraktas som potentiellt malmintressanta. Zonerna kan också medföra bergtekniska komplikationer.



Figur 1. Hallands län med kommuner, tätorter, sjöar och större allmänna vägar



Figur 2. Karta över basininformation i Hallands län (sammanställning januari 1998)

Jordlagrens sammansättning och mäktighet saknar direkt betydelse för den långsiktiga säkerheten. Däremot påverkas förutsättningarna för att göra nödvändiga undersökningar av berggrunden inför lokaliseringen av ett djupförvar. Mäktiga och komplexa jordlager försvårar även själva anläggningsarbetet. Isälvsavlagringar bör behandlas med försiktighet på grund av deras stora betydelse för grundvattenförsörjningen.

Med sen- eller postglaciala förkastningsrörelser menas rörelser som har skett i samband med, eller efter, den senaste inlandsisens avsmältning. Vanligtvis menas företeelser som har skett momentant, d.v.s. plötsliga rörelser längs förkastningar, men det är även möjligt att två berggrundsblock under lång tid gradvis rör sig i förhållande till varandra utefter en förkastning. Ett djupförvar bör inte placeras i närheten av en sådan zon eftersom man inte kan utesluta att nya rörelser kan utlösas efter nästa istid.

Jordskalv visar på förekomsten av momentana berg rörelser djupare ner i jordskorpan. De flesta skalv i Sverige förekommer på 5-20 km djup. Den databas från Uppsala universitet som används i denna rapport innefattar skalv så långt tillbaka som till medeltiden. Kunskapen om äldre skalv är dock ofullständig. Tillförlitliga data om större skalv finns från slutet av 1800-talet. Tillförlitliga data beträffande mindre skalv finns från de senaste ca 30 åren.

SGU saknar kompetens för att värdera påverkan av jordskalv på ett djupförvar. Emellertid finns en nyligen publicerad rapport som behandlar denna fråga /1/. Enligt rapporten har ett skalv med en magnitud lägre än 6,5 ingen direkt påverkan på ett förslutet djupförvar, förutsatt att avståndet mellan förvaret och den sprickzon (förkastning) där skalven sker är minst 100 m. Studier i andra länder visar att skalv med magnitud 6 eller större sker i kilometerlånga sprickzoner. Zoner med sådan uthållighet bör kunna identifieras vid platsundersökningar och därmed undvikas i ett djupförvars närområde.

Den databas som SGU har använt innehåller inga uppgifter om skalv med en magnitud större än ca 5. Om framtida skalv inte blir större än de skalv som inträffat i Sverige under historisk tid bör därför jordskalv inte ha någon avgörande betydelse för ett djupförvar. Samtidigt kan man inte bortse från möjligheten att en förhöjd frekvens av jordskalv även kan vara en indikation på förekomst av betydligt större skalv. Dessa större skalv kan ha skett med intervaller av många tusen år och därmed missats i tillgänglig statistik. En viss försiktighet bör därför iaktas vid en lokalisering av ett djupförvar till ett seismiskt mer aktivt område. Om en sådan lokalisering blir aktuell bör kompletterande studier genomföras.

Till skillnad från jordskalv är landhöjning en kontinuerligt pågående rörelse. Landhöjningen påverkar de hydrogeologiska förhållandena genom att grundvattnets strömningsmönster ändras.

De hydrogeologiska förhållandena är avgörande för vad som sker om radioaktiva ämnen från ett djupförvar kommer ut i grundvattnet. Vattnets strömning i berggrunden avgör hur fort dessa ämnen kan komma att spridas eftersom spridningen antas ske via grundvattnet. Den optimala lokaliseringen av ett djupförvar med hänsyn till grundvattenförhållandena är ett område med så liten grundvattengenomsättning som möjligt och där tiden för grundvattnets strömning från förvar till recipient skall vara lång och recipienten stor, helst ett hav.

3 Hallands län i ett regionalt geologiskt perspektiv

Berggrundsgeologi.

Huvuddelen av berggrunden i sydvästra Sverige bildades för ca 1700-900 miljoner år sedan, se Figur 3 /2/. Under den perioden bildades främst magmatiska djupbergarter, men även magmatiska ytbergarter och sedimentära bergarter avsattes. För ca 1580 miljoner år sedan omvandlades den dåvarande berggrunden under den s.k. gotiska bergskedjebildningen (orogensen) och för ca 1100-900 miljoner år sedan under den s.k. svekonorvegiska orogensen. Härvid förgnejsades berggrunden och området kallas allmänt för den sydvästsvenska gnejsregionen. Dessa äldre bergarter, det s.k. urberget, är i mindre områden täckta av yngre sedimentära och magmatiska bergarter, som tillhör den fanerozoiska, fossilförande berggrunden.

I sydligaste Sverige (Skåne och Hallands län) finns övergången mellan de äldre, prekambriiska bergarterna (d.v.s. äldre än 545 miljoner år) i norra delen av Europa och de yngre, fanerozoiska, huvudsakligen sedimentära bergarterna som dominerar i Centraleuropa. Denna övergång utgörs av en komplex zon med förkastningar orienterade i NV-lig riktning och unga magmatiska bergarter vilka är ca 305 och ca 165-130 miljoner år gamla. Dessa förkastningar utgör en del av den s.k. Tornquistzonen som sträcker sig från Kattegatt i nordväst till Svarta havet i sydost. Denna zon är en av Europas mest tydliga deformationszoner och har under den fanerozoiska tiden varit aktiv ett flertal gånger. Förkastningarna i sydligaste Sverige är förmodligen de yngsta deformationszoner som bildats i Sverige i samband med storskaliga tektoniska rörelser i jordskorpan.

Berggrunden i Hallands län består till största delen av gnejsiga, ibland ådrade granitoider med inslag av metagabbro, metadiorit och amfibolit. Underordnat förekommer yngre, något mindre omvandlade graniter. Den sydligaste delen av Hallands län täcks delvis av fanerozoiska, sedimentära bergarter bildade för ca 145-65 miljoner år sedan. Stenindustrin har haft en mycket stor betydelse i länet och fortfarande sker brytning av blocksten. Metalliska mineralresurser (malm) saknas.

En plastisk skjuvzon, den s.k. Mylonitzonen, se Figur 3, delar länet och resten av sydvästra Sverige i två delar. Zonen har i Hallands län en i stort sett ONO-lig riktning och återfinns strax norr om Varberg. N-S-liga plastiska skjuvzoner förekommer i närheten av Kungsbacka, den s.k. Göta Älvzonen, och väster om Ullared. Spröda deformationszoner (sprickzoner och förkastningar) följer ibland de plastiska zonerna, s.k. reaktivering, men bildar huvudsakligen egna system och korsar över äldre strukturer. Den sydligaste delen av länet påverkas av förkastningar och magmatisk aktivitet i Tornquistzonen.

Jordartsgeologi och jordskalv

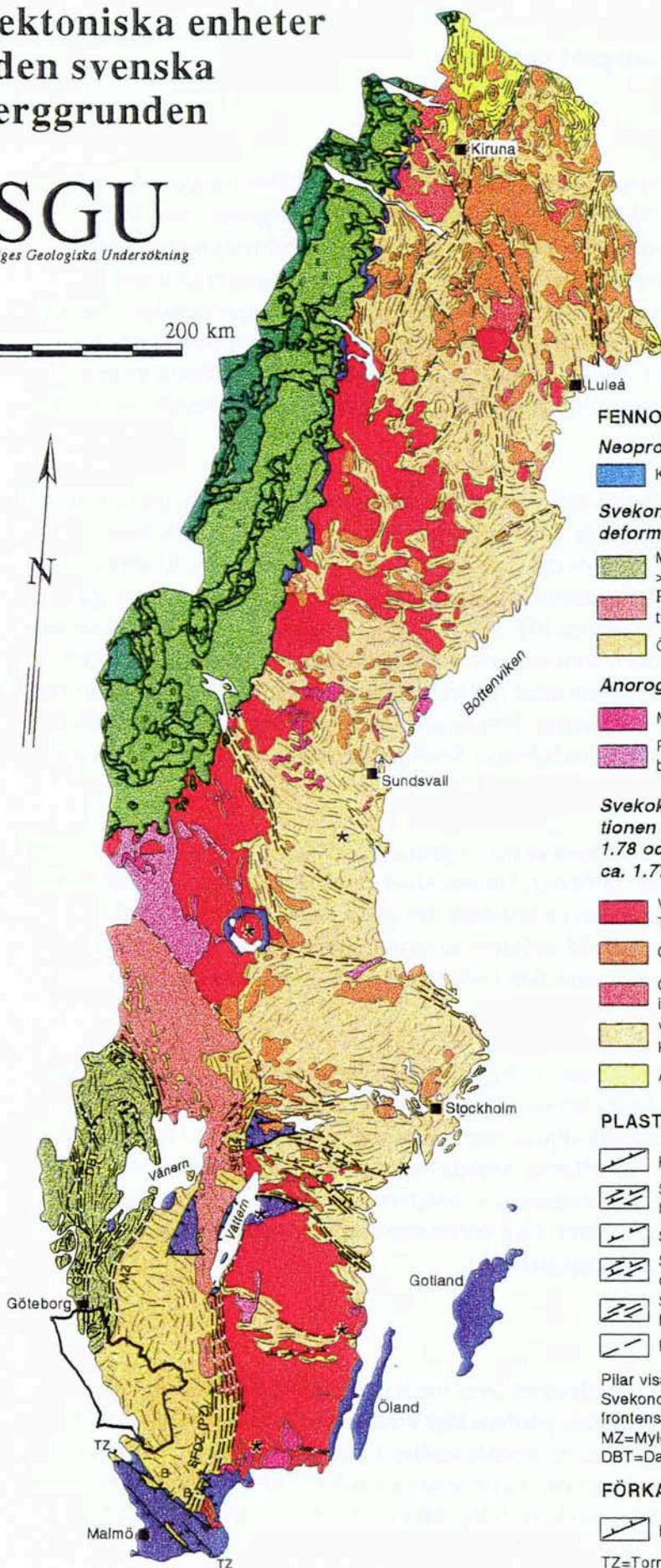
Under Weichsel-istidens maximum låg isfronten över mellersta Jylland i Danmark, d.v.s. endast 200 km väster om Halland. Hallands perifera läge under den Skandinaviska isen är möjligen en orsak till att avlagringar äldre än senaste nedisningen finns bevarade inom länet. Detta vittnar om en relativt begränsad erosion under senaste istiden. Det perifera läget innebär också att isavsmältningen skedde förhållandevis tidigt inom länet d.v.s. för ca 13 000 år sedan.

Tektoniska enheter i den svenska berggrunden

SGU

Sveriges Geologiska Undersökning

0 200 km



SVENSKA KALEDONIDERNA (senaste plastiska deformationen ca. 510–400 Ma)

- Främmande terränger
- Tektoniskt ihoptryckt randzon till kontinenten Baltica. E=Eklogit, D=Diabas

FANEROZOISKA SEDIMENTÄRA OCH MAGMATISKA BERGARTER SAMT IMPAKTSTRUKTURER

- Fanerozoiska sedimentära bergarter och diabas
- Jurassiska och kretaceiska basaltkupper
- Underkambriskt alkalint magmatiskt komplex (Ainöfn)
- Impaktstruktur

FENNOSKANDISKA SKÖLDEN

Neoproterozoiska klastiska sedimentära bergarter

- Klastiska sedimentära bergarter

Svekonorvegiska orogenen (senaste plastiska deformationen ca. 1.10–0.90 Ga)

- Mellersta och västra segmentet (inkluderande >ca. 1.56 Ga främmande terränger?)
- Paleoproterozoiska vulkaniska och intrusiva bergarter tillhörande TMB* i östra segmentet
- Östra segmentet exklusive TMB*

Anorogena intrusioner och suprakrustala bergarter

- Mesoproterozoiska intrusiva bergarter
- Paleo- till Mesoproterozoiska klastiska sedimentära bergarter och basalt

Svekokarelska orogenen (senaste plastiska deformationen efter ca. 1.80 Ga i norra Sverige, mellan ca. 1.78 och 1.56 Ga i centrala södra Sverige, och mellan ca. 1.77 och 1.40 Ga i sydöstligaste Sverige)

- Vulkaniska och intrusiva bergarter tillhörande TMB* och Revsund-Sorsele-sviten (ca. 1.85–1.65 Ga)
- Granit och pegmatit (ca. 1.85–1.75 Ga)
- Granit, monzonit och underordnade mafiska intrusioner (ca. 1.88–1.86 Ga)
- Vulkaniska och sedimentära bergarter samt kalkalkalina intrusioner (c. 2.7–1.85 Ga)
- Arkeiska bergarter

PLASTISKA STRUKTURER

- Kaledonisk överskjutning
- Svekonorvegisk deformationszon, horisontell och revers rörelse
- Svekonorvegisk överskjutning
- Svekokarelsk deformationszon, horisontell och "norra-sidan-ner" rörelse
- Svekokarelsk deformationszon med horisontell rörelse
- Deformationszon, rörelse okänd

Pilar visar den horisontella rörelsekomponenten. Svekonorvegiska orogenen, SFDZ (PZ)=Svekonorvegiska frontens deformationszon, delvis samma som Protopginzonen, MZ=Mylonitzonen, GÄZ=Göta Älvzonen och DBT=Dalslandszonen

FÖRKASTNINGAR

- Normalförkastning
- TZ=Tornquistzonen

TMB*=Transskandinaviska magmatiska bältet
1 Ma=1 miljon år, 1 Ga=1000 miljoner år

Sammanställt av Michael B. Stephens, Carl-Henric Wahlgren och Pär Weihed, 1994

Figur 3. Huvudgeologiska enheter i den svenska berggrunden. Hallands län är markerat med en svart linje

Jordartsfördelningen inom Hallands län kan mycket grovt uppdelas i två regioner, kustslätten och höglandet. I randzonen mellan dessa områden ligger högsta kustlinjen. Inom kustslätten förekommer främst leror och svallsediment, i randzonen förekommer en hel del isälvs sediment medan höglandet domineras av morän, se Figur 4 /3/. Jordjupen är generellt små i norr men ökar söderut inom länet. Bortsett från ett antal registreringar av jordskalv finns inga uppgifter om sen- eller postglaciala förkastningsrörelser från Hallands län även om länet ligger i ett bälte inom vilket många jordskalv registrerats, se Figur 5.

Hydrogeologi

Landets grundvattentillgångar i jord och berg framgår av Figur 6 /4/ och kloridhalten i berggrundsvatten för hela Sverige redovisas i Figur 7 /5/. Grundvattenförhållandena styrs av de hydrologiska, topografiska och geologiska förhållandena. Hallands län kännetecknas av en varierande topografi. De låglänta områdena närmast kusten utgörs ofta av isälvs sediment och sandfält. De inre delarna av länet har en mer kuperad landskapsbild med betydande inslag av morän. Grundvattentillgångar för allmän vattenförsörjning återfinns i de stora sand- och grusavlagringarna. Berggrundsvattnet utgör en viktig tillgång för den enskilda vattenförsörjningen.

4 Bergarter och berggrundens homogenitet

Berggrunden i Hallands län redovisas översiktligt på kartan i Figur 8, som är baserad på Lundqvist m.fl. /6/. Den följande beskrivningen bygger på information hämtad från de provisoriska, översiktliga berggrundskartorna Malmö /7/ och Borås /8/ i skala 1:250 000 samt en översikt över industrimineral och bergarter i Hallands län /9/. Moderna berggrundskartor i skala 1:50 000 finns endast över den norra delen av länet /10, 11 samt pågående arbete av I. Lundqvist/ och ett mindre område längs kusten i den allra sydligaste delen /12/, se Figur 2. Fotografier på några av länets bergarter visas i Figur 9.

Ytbergarter

Länets ytbergarter delas åldersmässigt in i prekambrisk och fanerozoiska bergarter. De prekambrisk ytbergarterna bildades för drygt 1600 miljoner år sedan /13/. De förekommer sparsamt och är arealmässigt så små, att de inte har markerats på berggrundskartan. De utgörs till största delen av metavulkaniter med underordnade inslag av metasedimentära bergarter.

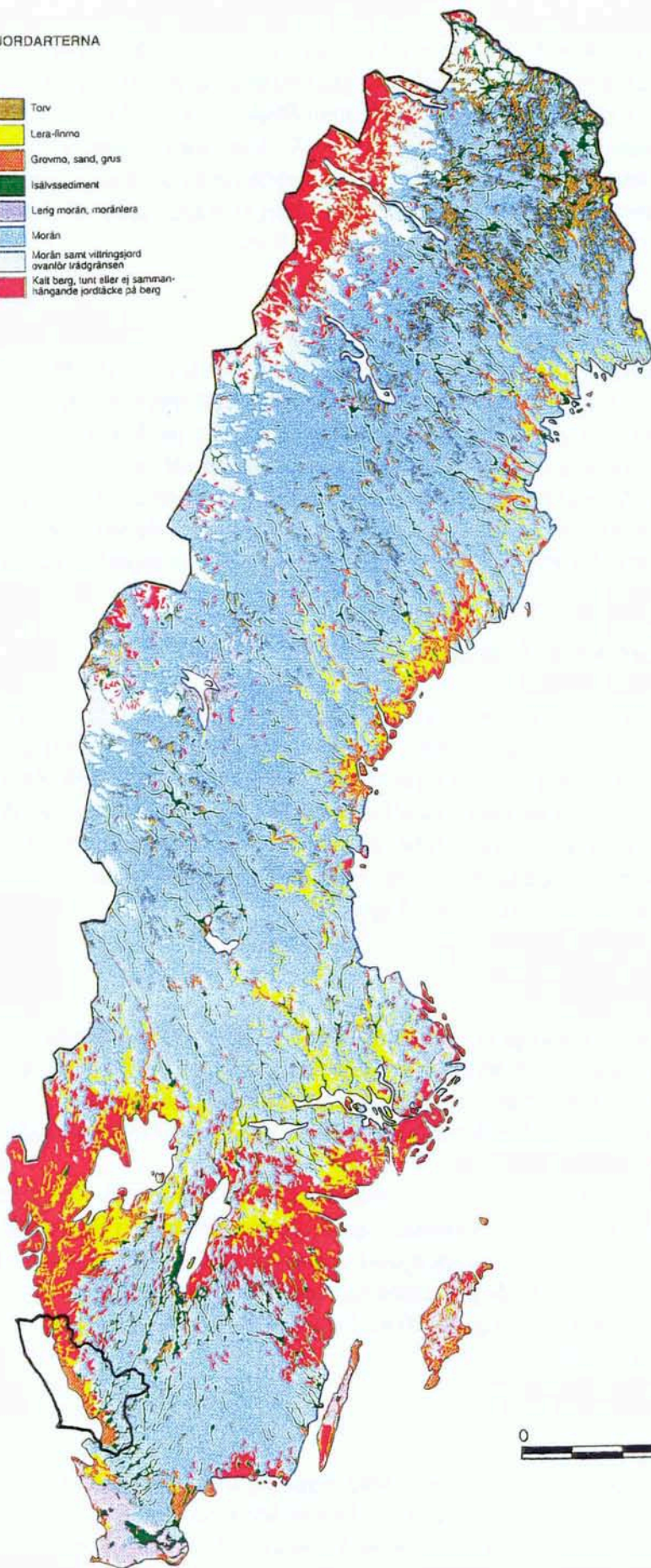
De fanerozoiska bergarterna (blå färg i Figur 8) bildades för ca 145-65 miljoner år sedan och utgörs av sedimentära bergarter. De förekommer i en nedförkastad sänka i länets allra sydligaste del och består av kalksten och sandsten med underordnade inslag av leriga lager. De tycks vara avsatta direkt på den vittrade prekambrisk berggrundsytan och mäktigheten, bestämd från borrhningar, uppgår till knappt 150 m. Området med fanerozoiska bergarter är till största delen täckt av tjocka jordlager.

Djupbergarter

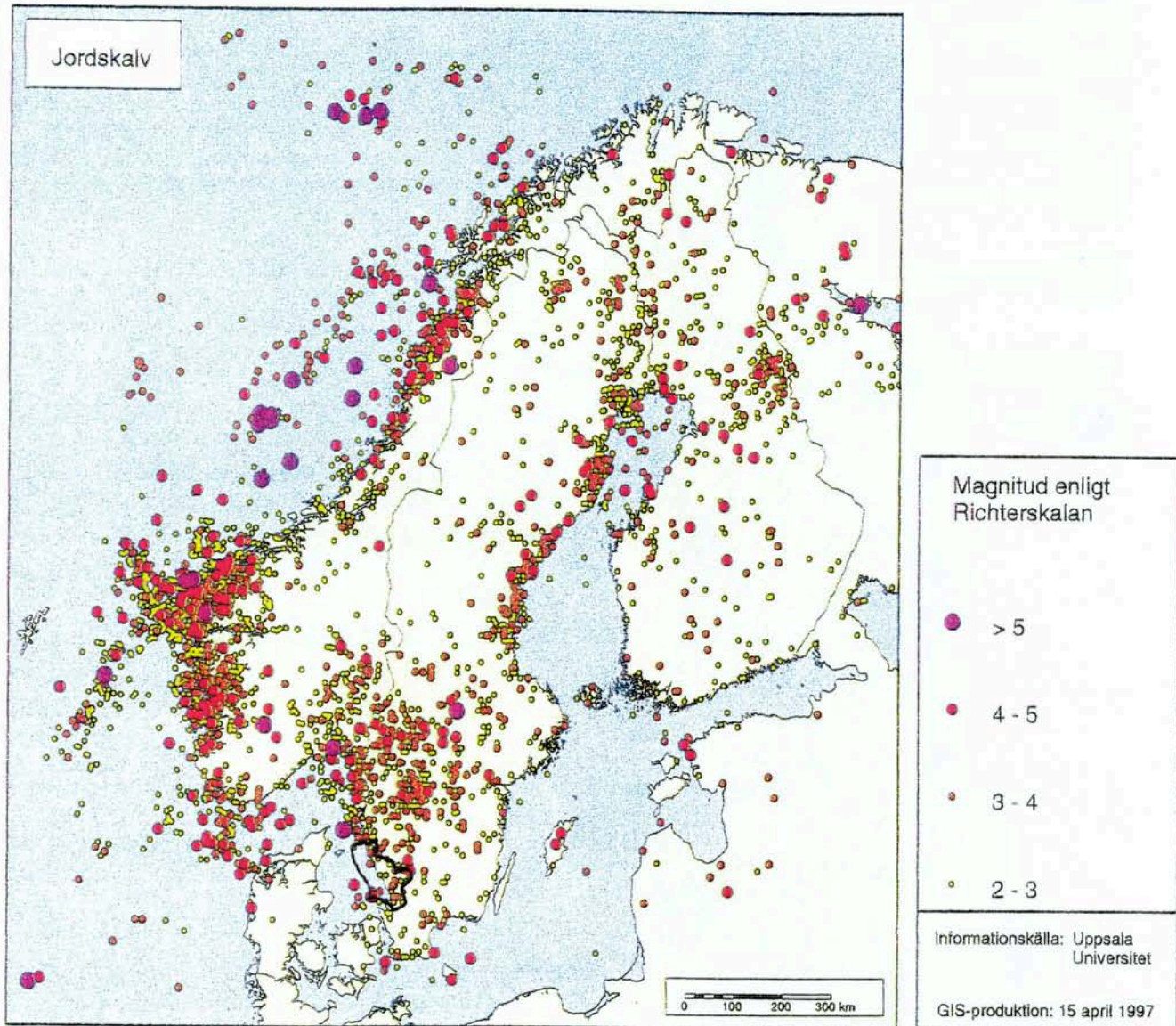
Berggrunden i länet domineras helt av prekambrisk djupbergarter, bildade för ca 1700-1360 miljoner år sedan. Området har utsatts för två bergskedjebildningar, en äldre (gotisk) för ca 1580 miljoner år sedan och en yngre (svekonorvegisk) för ca 1100-900 miljoner år sedan.

JORDARTERNA

-  Torv
-  Lera-finmo
-  Grovmo, sand, grus
-  Isävsediment
-  Lertig morän, moränlera
-  Morän
-  Morän samt vittringsjord ovanför trädgränsen
-  Kall berg, tunt eller ej sammanhängande jordtäckte på berg

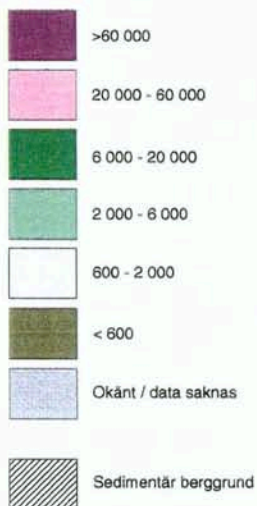


Figur 4. Jordartskarta över Sverige. Hallands län är markerat med en svart linje

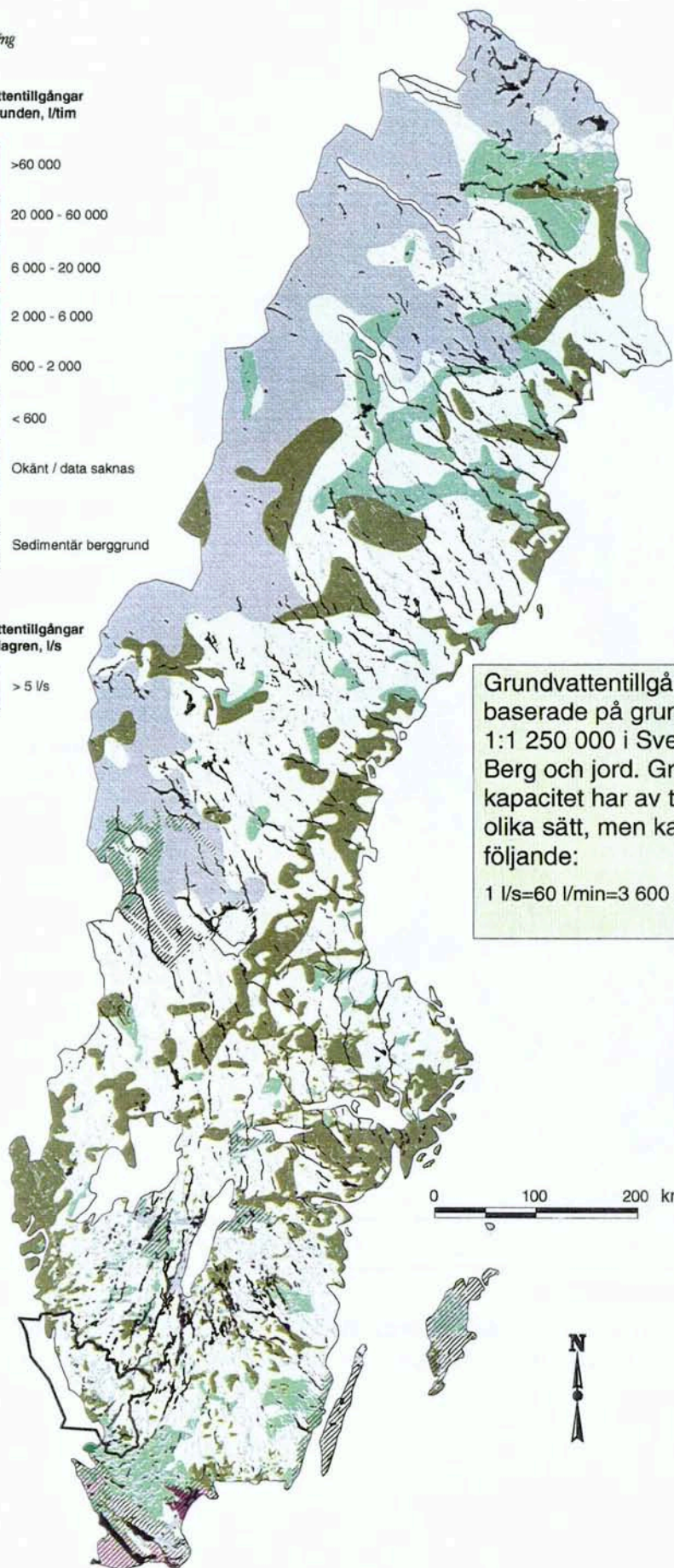


Figur 5. Registrerade jordskalv i Nordeuropa fram till 1993. Uppgifterna har hämtats från en databas vid Uppsala universitet. Hallands län är markerat med en svart linje

Grundvattentillgångar
i berggrunden, l/tim



Grundvattentillgångar
i jordlagren, l/s

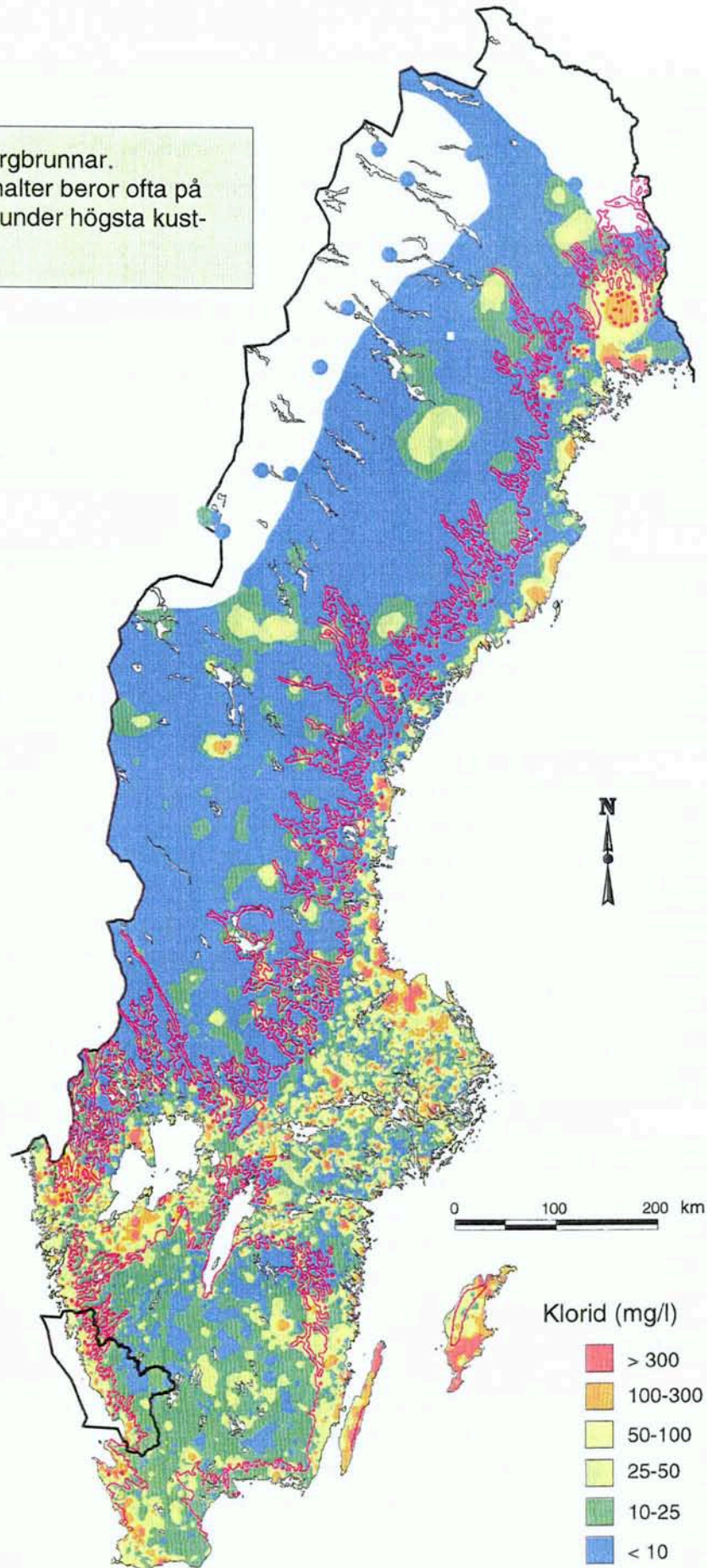


Grundvattentillgångar i jord och berg, baserade på grundvattenkartan i skala 1:1 250 000 i Sveriges Nationalatlas, Berg och jord. Grundvattentillgång och kapacitet har av tradition angivits på olika sätt, men kan lätt omräknas enligt följande:

$$1 \text{ l/s} = 60 \text{ l/min} = 3\,600 \text{ l/tim} = 86,4 \text{ kbm/dygn}$$

Figur 6. Grundvattentillgångar i jord och berg i Sverige. Hallands län är markerat med en svart linje

Kloridhalter i bergbrunnar.
Förhöjda kloridhalter beror ofta på
relikt saltvatten under högsta kust-
linjen.



Figur 7. Kloridhalter i bergbrunnar i Sverige. Hallands län är markerat med en svart linje och högsta kustlinjen med en röd linje

Bergarterna har vid dessa tillfällen utsatts för höga tryck och temperaturer och har därvid omvandlats från massformiga bergarter till gnejser och ådergnejser. De vanligaste bergarterna inom länet är granitoider (ljus rosa, ljus beige och mörk beige färg i Figur 8) bildade för ca 1700-1580 miljoner år sedan. De varierar i sammansättning från granitiska (ljus rosa färg i Figur 8) till granodioritiska-tonalitiska (beige färg i Figur 8) och färgen därmed från röd till grå. Bergarterna är medelkorniga, gnejsiga och ofta ådrade, se Figur 9a, b. Inom mindre områden kan de vara mjukt veckade och omkristalliserade såsom norr om Halmstad.

Metagabbro, metadiorit och amfibolit (grön färg i Figur 8) förekommer som mindre, avlånga kroppar i granitoiderna. De är bildade under olika tidsperioder, men är alla omvandlade under senare bergskedjebildningsperiod(er) och är nu massformiga till gnejsiga och ofta ådrade i kantzonen. Kornstorleken varierar från fin- till grovkornig och färgen från mörkt grå till svart. De innehåller ofta mineralet granat och speciellt amfiboliterna kan ha stora granatansamlingar, se Figur 9c.

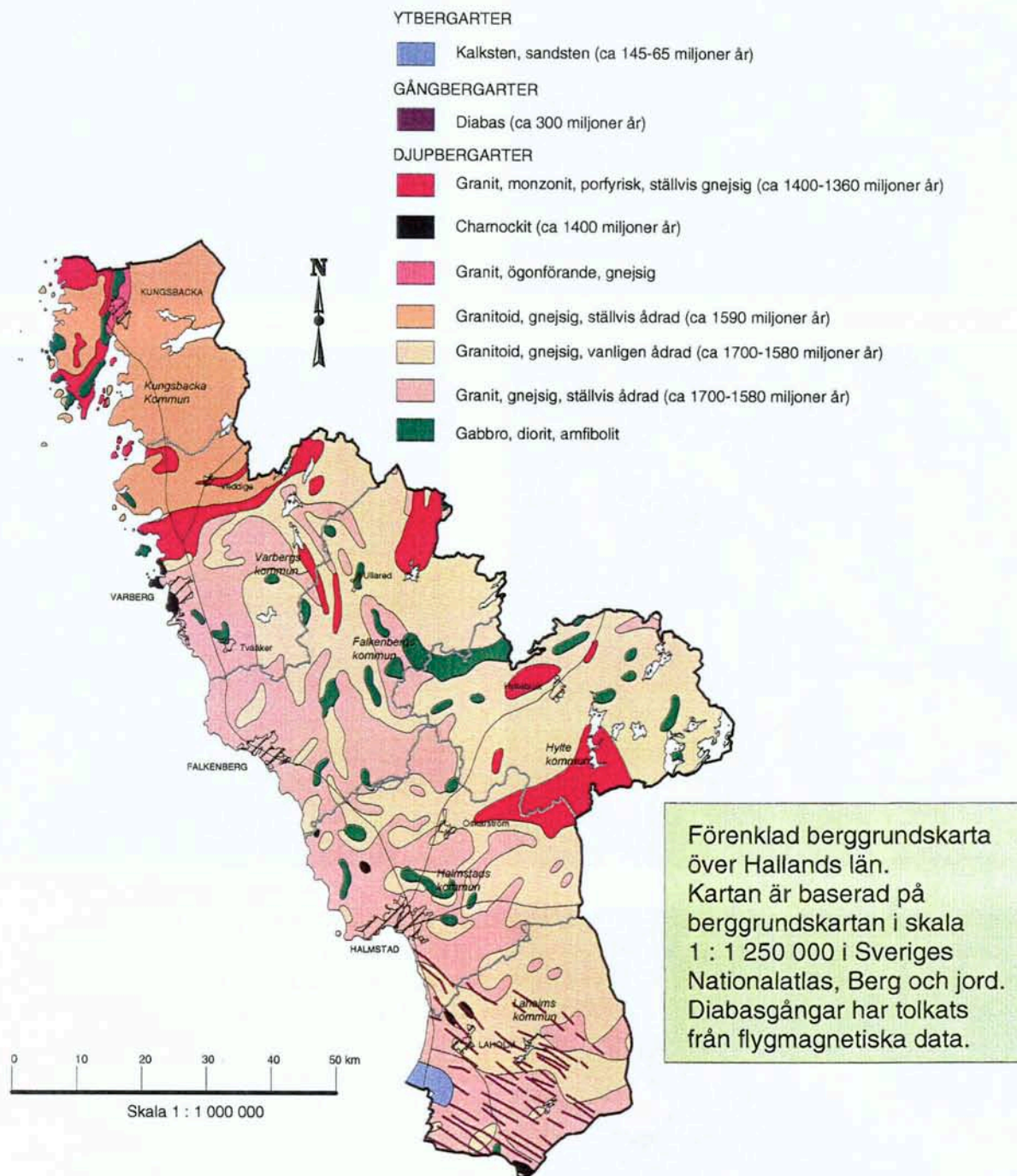
Ögonförande, gnejsig granit (mörk rosa färg i Figur 8) förekommer inom ett litet område norr om Kungsbacka. Bergarten är något yngre än ovanstående granitoider. Ögonen är linsformade, 1-2 cm långa och består av fältspat. Underordnat förekommer partier, som inte är ögonförande. Bergarten är gråröd till röd och har en förhöjd radioaktivitet (gammastrålning >30 mikroröntgen/tim.) varför den också kallas RA-granit (RadioAktiv granit). Lokalt grusvittrar den beroende på att det finns svällande lermineral i kornfogarna.

Charnockit (svart färg i Figur 8) finns på flera ställen i länet, men den mest välkända förekomsten är den i Varbergstrakten /14, 15/. Charnockit bildas vid mycket hög temperatur och får därmed en karaktäristisk mineralsammansättning bestående av bl.a. ortoklas, ortopyroxen och granat. Charnockiten i Hallands län bildades för ca 1400 miljoner år sedan. Sammansättningen är granitisk med granodioritiska partier. Trots detta är bergarten mörkt grå till svart med blå eller grön anstrykning beroende på det ovanliga mineralinnehållet. Bergarten är vanligtvis massformig, men har ibland en antydning till parallellorientering av mineralen. Kornstorleken varierar. I vissa delar är bergarten fint medelkornig, i andra grovporfyrisk och i åter andra är den fint medelkornig med porfyriska sliror, se Figur 9d, eller enstaka stor fältspatkristall (<4 x 8 cm). Charnockiten får en karaktäristisk gulbrun vittringshud.

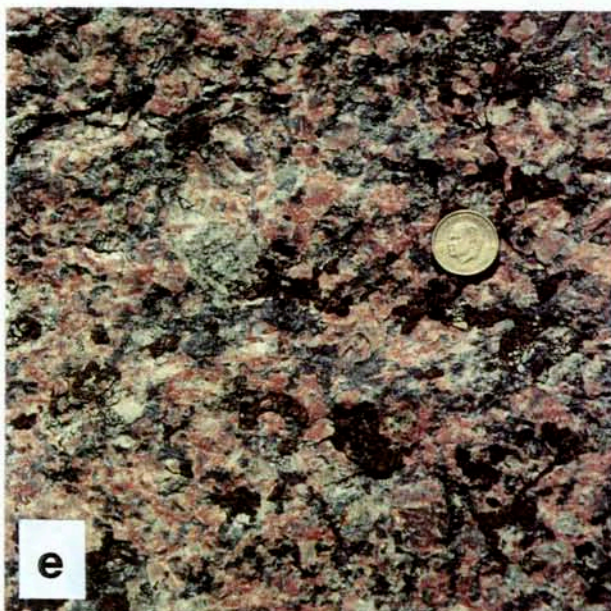
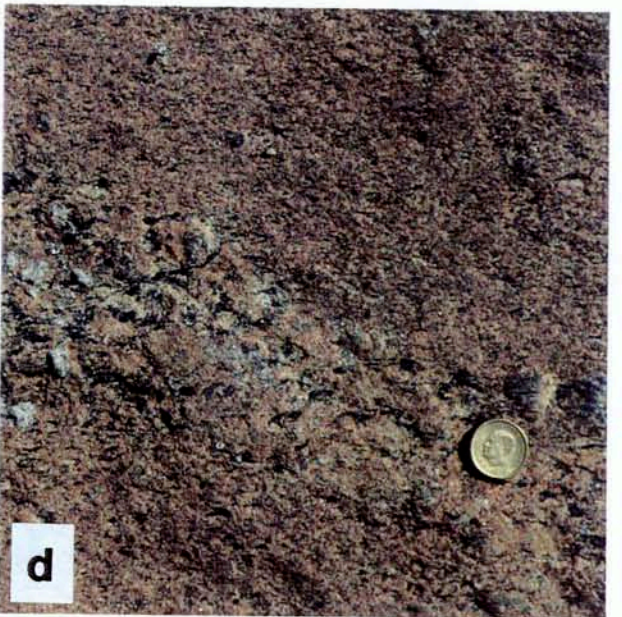
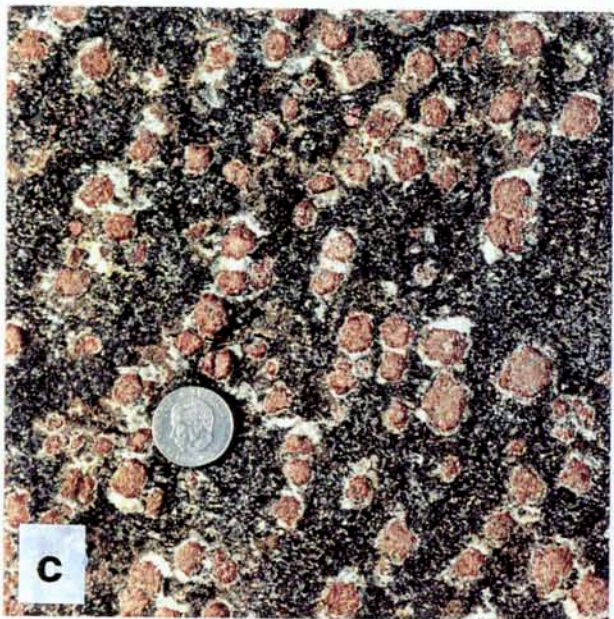
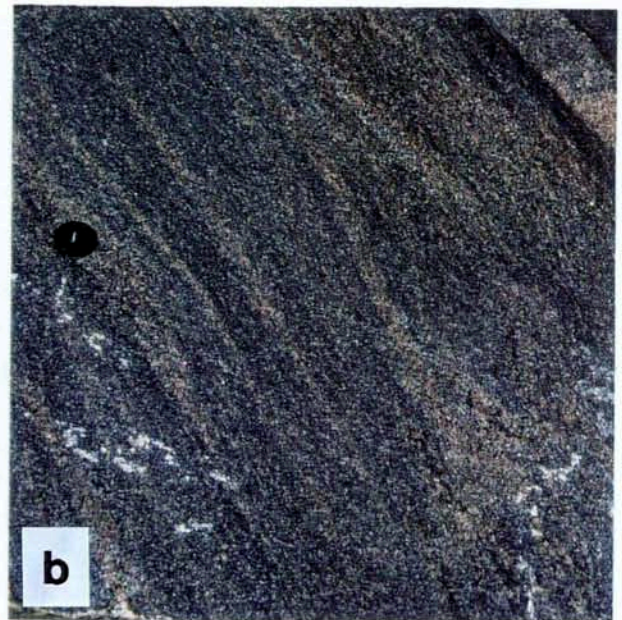
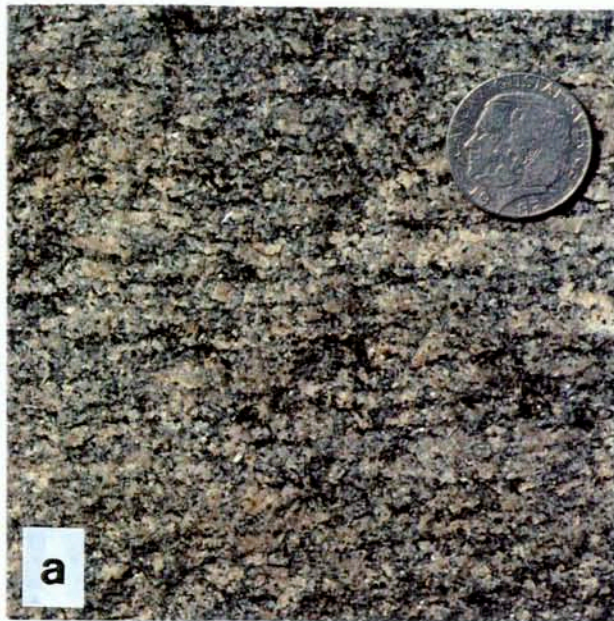
Ögonförande, ca 1400-1360 miljoner år gamla graniter (röd färg i Figur 8) förekommer spridda över länet med undantag av den sydligaste delen. De är vanligtvis massformiga, se Figur 9e, men genomdras av N-S-liga plastiska skjuvzoner, där de är gnejsiga till starkt gnejsiga. Ögonen är vanligen rektangulära eller linsformade men i de gnejsiga stråken är de kraftigt utvalsade. Bergarten är fint medel- till grovkornig och gråröd till röd.

Gångbergarter

Förutom i den södra delen av Hallands län är förekomster av gångbergarter av underordnad betydelse. I trakten norr om Halmstad och längs kusten norr om Varberg finns dock N-S-liga basiska gångar. I ett område mellan Varberg och Veddige finns ett flertal O-V-liga, större pegmatitgångar. Sandstensfyllda sprickor (kambrisk sandsten, ca 545 miljoner år) har noterats på ett flertal ställen inom den norra delen av länet. Dessa gångar och sprickfyllnader är emellertid av så ringa storlek, att de inte har markerats på kartan i Figur 8.



Figur 8. Förenklad berggrundskarta över Hallands län



Figur 9. Exempel på bergarter i Hallands län. a) Gnejsig granitoid från Veddigeområdet. b) Ådrad granitoid från Halmstadsområdet. c) Granatamfibolit från Varbergsområdet. d) Charnockit från Varbergsområdet. e) Ögonförande granit, s.k. Torpagranit, från Varbergsområdet. Fotografierna är tagna av Inger Lundqvist och Nils-Gunnar Wik.

I den södra delen av Hallands län finns en svärm av NV-ligt strykande diabasgångar som är ca 305 miljoner år gamla (lila färg i Figur 8). Gångarna framträder tydligt på den flygmagnetiska kartan.

Berggrundens homogenitet

Berggrunden är sällan helt homogen över större områden och inhomogeniteter kan förekomma i form av t.ex. gnejsig bandning, inneslutningar och gångbergarter. Eftersom detaljerad geologisk kartläggning saknas för större delen av länet, är det i detta skede mycket svårt att göra en bedömning av berggrunden inom Hallands län med utgångspunkt från dessa aspekter. Generellt kan dock sägas, att de yngre graniterna och charnockiten vanligen är mer homogena än de äldre granitoiderna, vilka normalt har större inslag av metabasit- och pegmatitgångar. Förekomst av diabasgångar orsakar också en mer heterogen berggrund i den södra delen av länet.

5 Mineral och bergartsresurser

Mineral och bergartsresurser omfattar metalliska mineral (malmer), icke-metalliska mineral (industriella mineral) och nyttosten (bergarter för byggnads-, prydnads- och industriella ändamål och bergarter för ballastframställning, d.v.s. krossberg). Begreppet malm är enligt en allmänt spridd uppfattning en metallfyndighet i största allmänhet. Definitionsmässigt är dock en malm egentligen en förekomst, som kan brytas med ekonomisk vinning; annars är det en mineralisering.

Generellt sett kan en ekonomisk mineral- eller bergartsfyndighet förekomma i vilken bergart som helst. Malmer är vanligen knutna till vulkaniska bergarter, men vissa typer förekommer även i djupbergarter och sedimentära bergarter. Industriella mineral och nyttosten kan uppträda i alla berggrundsmiljöer. Krossberg av god kvalitet kan erhållas från såväl djup- som ytbergarter.

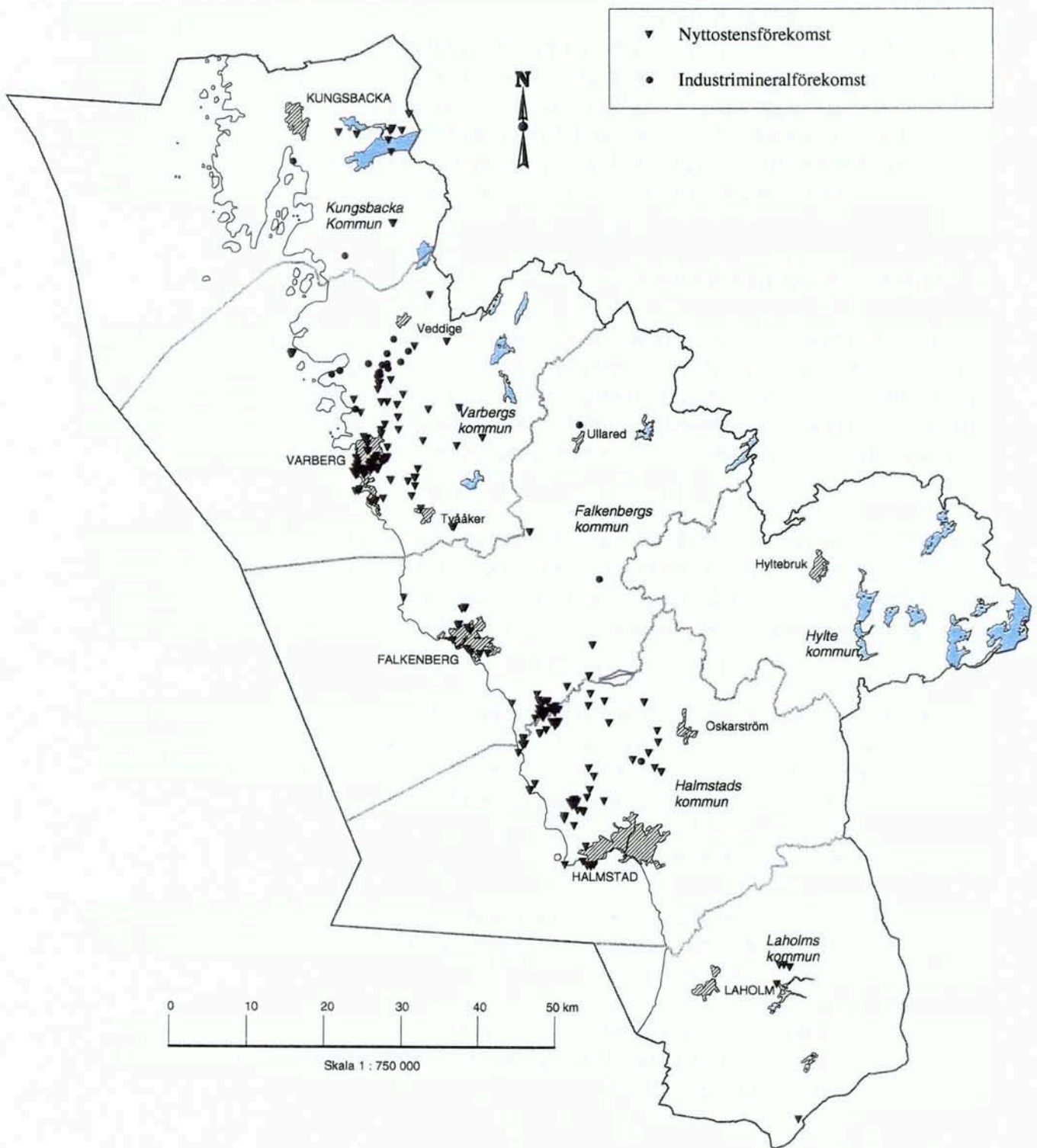
Information om länets mineral- och bergartsresurser har hämtats från en översikt över industriella mineral och bergarter i Hallands län /9/. Några metalliska mineralfyndigheter (malm) har inte noterats i länet. Uppgifter från Bergmästarämbetet via SGUs Mineralkontor i Malå tyder också på att det inte pågår någon prospektering i länet.

Översikt över mineral- och bergartsresurser

Stenindustrin har haft en mycket stor betydelse i länet, se Figur 10, och fortfarande sker brytning av blocksten. Det är framförallt charnockiten och de omkristalliserade partierna av de äldre granitoiderna som brutits.

Industriella mineral (kvarter, fältspat och något glimmer) har brutits i en del pegmatitbrott. Huvuddelen av dessa ligger i ett område mellan Varberg och Veddige. Granat har brutits i Sjönevad öster om Falkenberg.

Mineral- och bergartsresurskarta över Hallands län. Informationen är hämtad från SGUs kartor, beskrivningar och register över landets bergtakter samt diverse publikationer. Uppgifter om pågående prospektering kommer från Bergmästarämbetet via SGUs Mineralkontor i Malå.



Figur 10. Mineral och bergartsresurskarta över Hallands län (sammanställning januari 1998)

Icke-metalliska mineralresurser

Kvarts, fältspat och i viss utsträckning glimmer har brutits i ett flertal gruvor i länet. De flesta av dessa ligger i trakten av Derome mellan Varberg och Veddige och är upptagna i O-V-liga, brantstående pegmatitgångar. Brytningen skedde framförallt under första hälften av 1900-talet.

Granat bröts på försök i ett brott i Sjönevad öster om Falkenberg i slutet av 1930-talet. Bergarten utgörs av en medelkornig granatamfibolit med granatansamlingar, som är upp till 12 cm i diameter. Materialet användes till slipmedel.

Nyttosten

Brytningen av nyttosten har skett och sker framförallt i de kustnära regionerna, se Figur 10. Brytning av gatsten och kantsten har varit omfattande. Framförallt har charnockiten och de omkristalliserade, äldre granitoiderna använts för detta ändamål. Brytningen skedde under senare hälften av 1800-talet och första hälften av 1900-talet och var huvudsakligen koncentrerad till tre områden; norr om Halmstad, söder om Falkenberg och Varbergstrakten. För närvarande sker ingen brytning av gatsten eller kantsten i länet.

Blocksten bryts i ett 10-tal brott i området mellan Halmstad och Falkenberg och exporteras till stor del för vidare bearbetning. Brytningen sker i mjukt veckade, omkristalliserade, äldre granitoider och saluförs under namn som Hallandsgnejs och Hallandia. I två områden mellan Halmstad och Falkenberg finns 8 mindre områden avsatta som riksintresse enligt 2 kap. 7§ 2 st. naturresurslagen. Skrotstenen krossas numera till ballast. Den ögonförande graniten norr om Varberg har också den brutits som blocksten, men brotten är nu nedlagda.

Det finns ett 10-tal aktiva krossbergsbrott spridda över länet. Brytningen sker främst i de äldre, gnejsiga, ibland ådrade granitoiderna.

6 Deformationszoner

Definitioner och metodik

En *deformationszon* är en svaghetszon i jordskorpan av varierande bredd, i vilken berggrunden varit utsatt för deformation som inte alls, eller endast i mindre grad, drabbat omgivande berggrund. Berggrundsblocken på ömse sidor av zonen har rört sig i förhållande till varandra vid ett eller flera tillfällen. Sker deformationen på stora djup under varma förhållanden deformeras bergarterna plastiskt, liksom en trögflytande massa, och zonen benämns då allmänt plastisk deformationszon eller *plastisk skjuvzon*. Närmare jordytan, där temperaturen är lägre, är deformationen av spröd karaktär, d.v.s. det sker en mekanisk nedbrytning och uppsprickning av bergarterna. I detta fall kallas zonen allmänt spröd deformationszon eller *sprickzon*. Om rörelsen har skett parallellt med sprickzonen talar man om en *förkastning*.

En *formlinje* markerar planstrukturernas skärning med markplanet. Dessa planstrukturer bildades under varma, plastiska förhållanden och är vanligen förskiffring och/eller bergartsbandning. Dess orientering har sammanställts genom interpolation av fältmätningar hämtade dels från SGUs publicerade berggrundskartor (se referenser ovan), dels från SGUs pågående arbeten (I. Lundqvist). Formlinjer har kompletterats med tolkning av bandade anomalimönster på

den flygmagnetiska kartan, se Figur 11, s.k. *magnetiska konnektioner*. Flygmätningarna har utförts av SGU.

Formlinjer och magnetiska konnektioner återspeglar berggrundens storskaliga strukturriktningar. Sammanställning av dessa linjer ger ofta en antydning om förekomsten av plastiska skjuvzoner och mellanliggande domäner. Domänerna emellan skjuvzonerna kan utgöra områden med regionalt mer homogen deformation eller områden med odeformerade bergarter. Plastiska skjuvzoner har markerats där planstrukturerna i långsmala stråk avviker i riktning från omgivande områden eller där stråkvis kraftigare deformerade bergarter förekommer. Dessa zoner är lokalt utmärkta av att planstrukturerna i den omgivande berggrunden är inböjda parallellt med skjuvzonerna. Förekomsten av starkt förskiffrade bergarter och myloniter är karakteristiskt för plastiska skjuvzoner och sådana bergarter har ställvis dokumenterats i de zoner som markerats i länet. Vid identifieringen och begränsningen av plastiska skjuvzoner har också flygmagnetiska data, se Figur 11, använts.

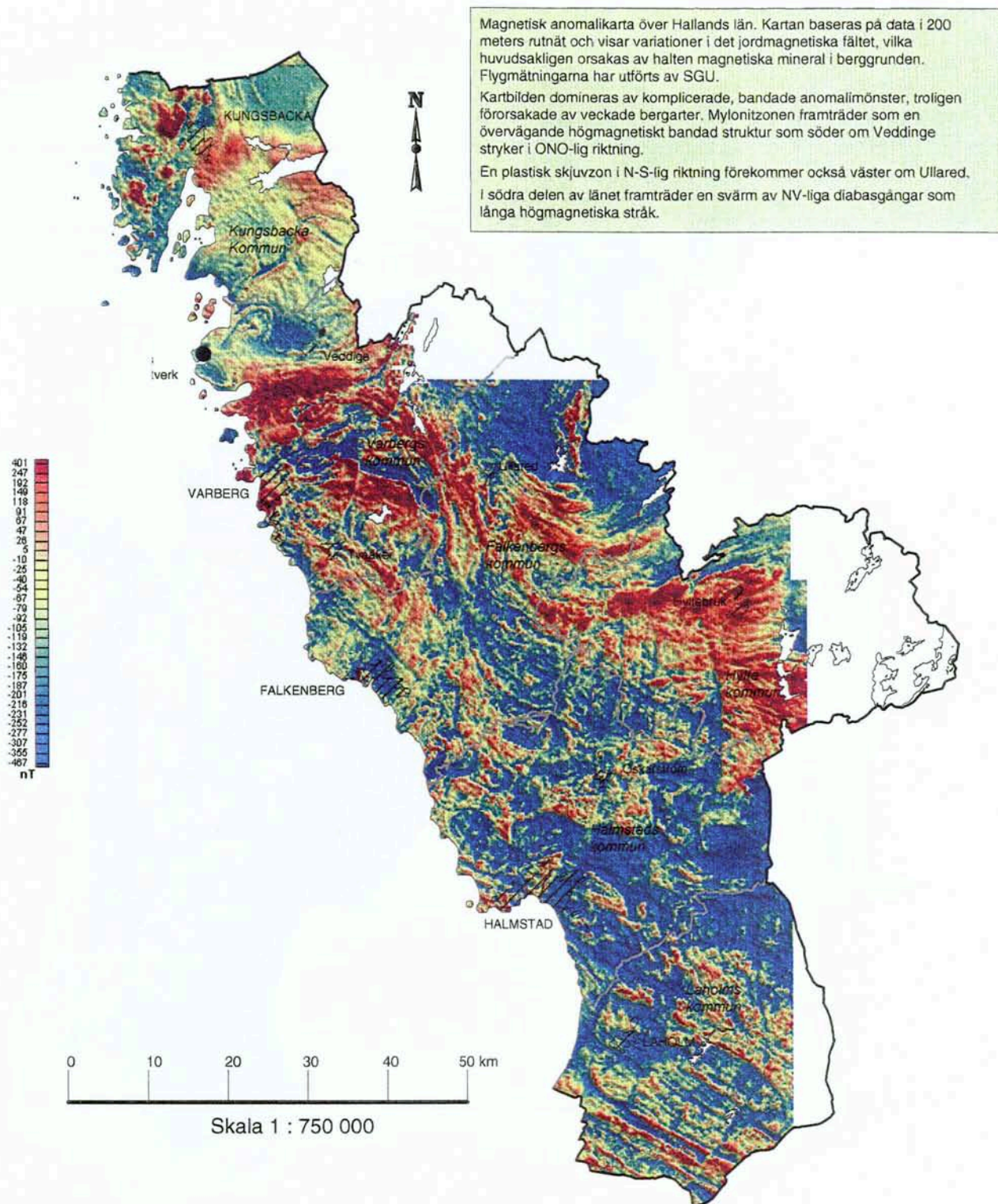
Sprickzoner är sällan blottade utan vanligen täckta av glaciala-postglaciala avlagringar och utgör moss- och myrmarker eller vattendrag, varför direkta studier sällan är möjliga. Sprickzoner har i första hand tolkats med hjälp av höjddata framtaget av Lantmäteriverket, se Figur 12, och från flygmagnetiska data, se Figur 11. På flygmagnetiska kartor framträder spröda deformationszoner i regel som smala, distinkta, lågmagnetiska stråk. Endast zoner med en längd över ca 10 km har markerats.

På kartan i Figur 13 visas tolkade sprickzoner och plastiska skjuvzoner, formlinjer och magnetiska konnektioner. Vidare visas fanerozoiska bergarter. Flera deformationszoner eller delar av zoner är väl belagda (se nedan) medan andra är tolkade endast i samband med denna studie. Dessa behöver kontrolleras i fält innan deras existens och utbredning kan fastställas. Kartans innehåll bör därför tills vidare betraktas med försiktighet.

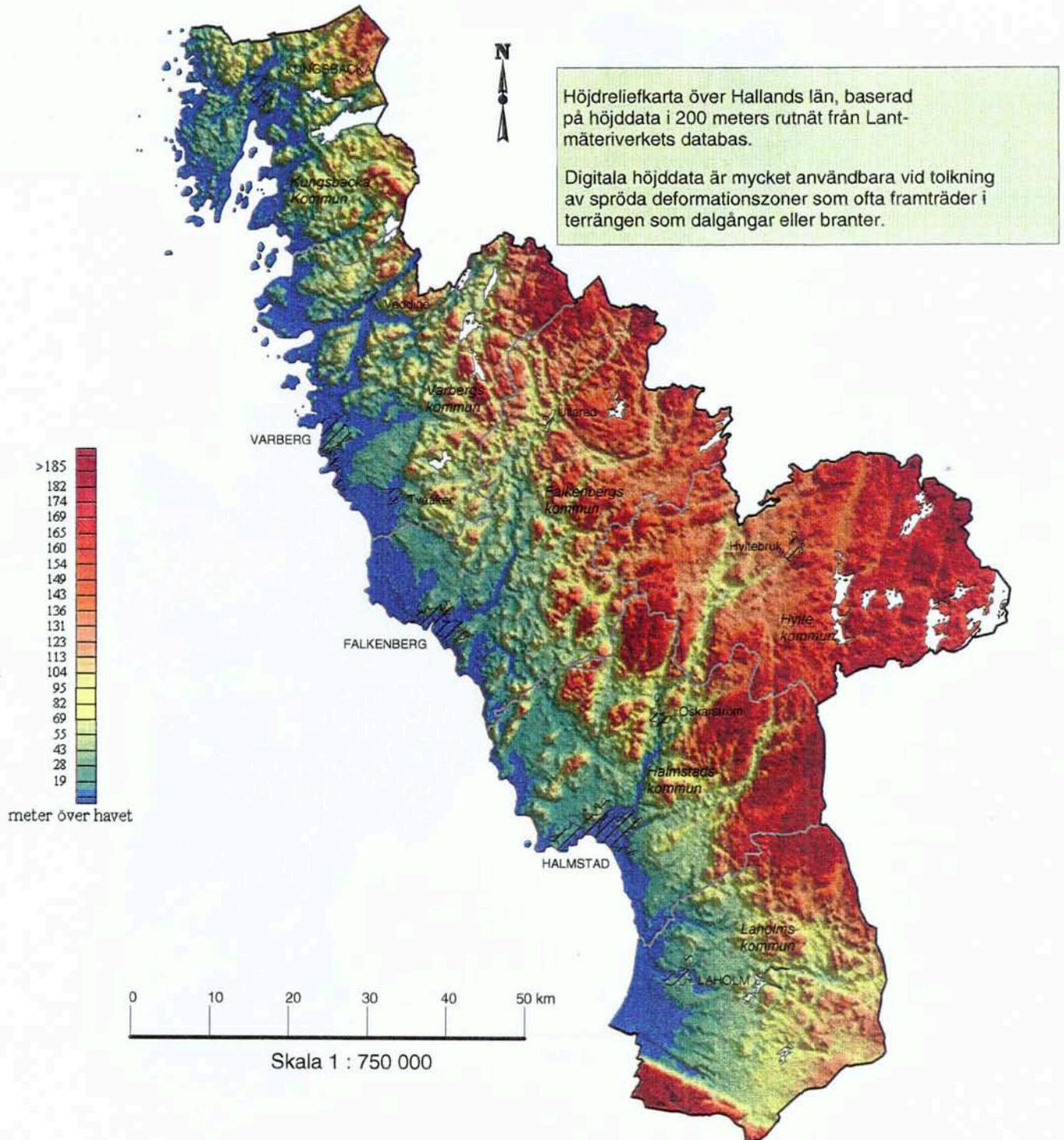
Plastiska skjuvzoner

Två av de mest betydande plastiska skjuvzonerna i sydvästra Sverige, den så kallade Mylonitzonen och Göta Älvzonen (MZ respektive GÄZ i Figur 3), sträcker sig i ONO- respektive N-S-lig riktning genom länets norra del. Dessa zoner är väl dokumenterade, se t.ex. beskrivningar till SGUs publicerade berggrundskartor samt Talbot & Heeroma /16/, Park m.fl. /17/, Åhäll /18/ och Berglund /19/. Den N-S-liga zonen i centrala delen av länet sammanfaller delvis med vad som kallats "Ullared Deformation Zone" /20/. Denna zon är identifierad och dokumenterad på enstaka platser i samband med översiktlig kartering /8, 9 samt pågående arbete av I. Lundqvist/ men dess utsträckning framträder väl på den flygmagnetiska kartan, se Figur 11.

Flera olika typer av mylonitisk deformation karaktäriserar bergarterna längs Mylonitzonen i länet. Av dessa är den förmodat äldsta, och mest högmetamorfa deformationen lokaliserad till några få, 10-100-tals meter breda stråk, tolkade som ytbergartsgnejser i samband med SGUs detaljkartering. Den yngsta typen av mylonit, som är bildad i samband med sträckning och förtunning av jordskorpan, är huvudsakligen lokaliserad till foliationsplan i den äldre gnejsigheten utmed hela bredden av Mylonitzonen. Myloniterna är vanligen cm- till dm-tunna och utgör, liksom övriga reaktiverade foliationsplan utmed Mylonitzonen, svaghetsplan längs vilka berggrunden spricker upp vid sprängning eller dylikt. Omgivande berggrund och berggrundsstrukturer böjer av in mot Mylonitzonen och ligger därför parallellt med denna.



Figur 11. Magnetisk anomalikarta över Hallands län



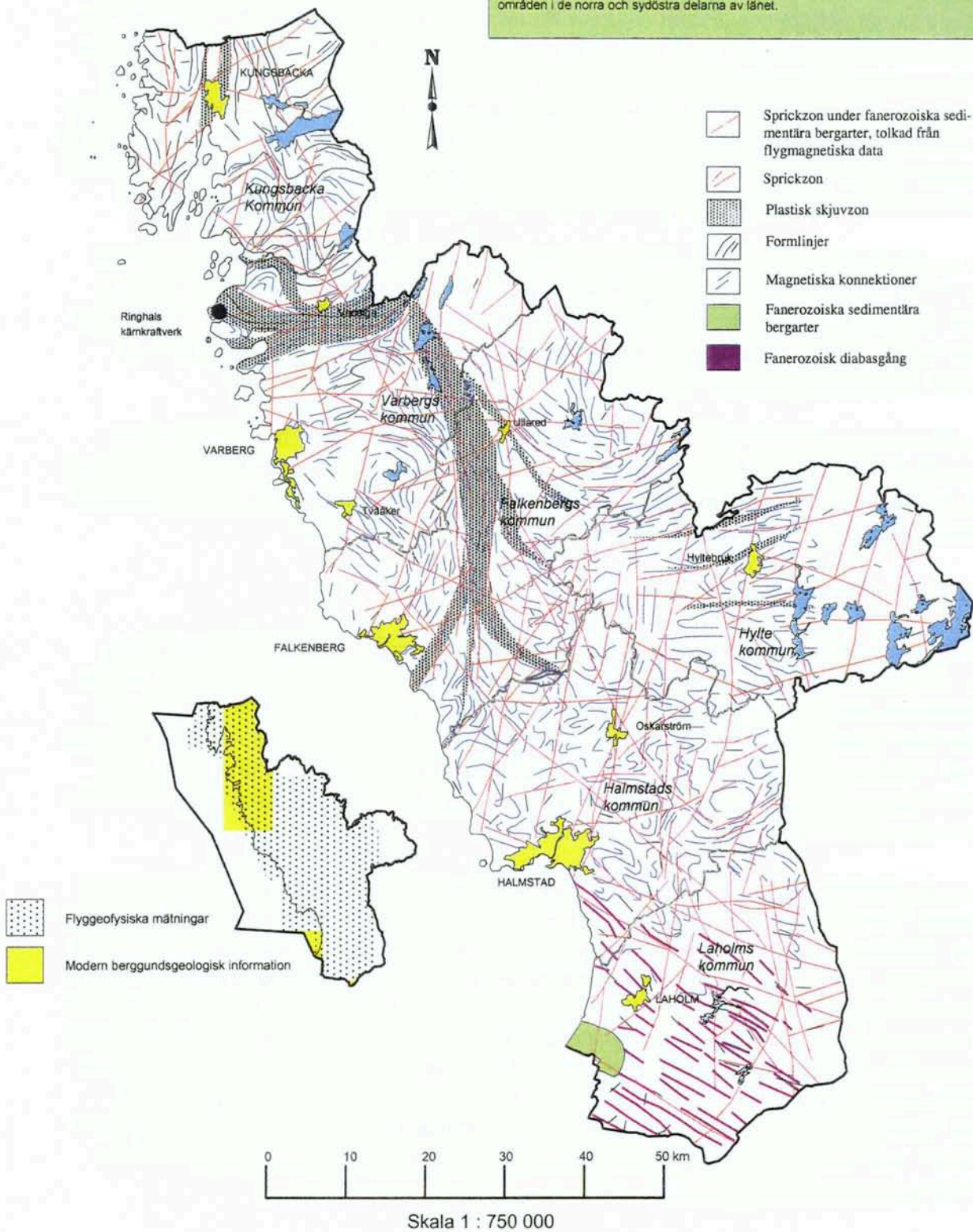
Figur 12. Höjdreliefkarta över Hallands län

Deformationszonskarta över Hallands län med formlinjer, magnetiska konnektioner, tolkade plastiska skjuvzoner och sprickzoner samt fanerozoiska bergarter. I de vita områdena på kartan dominerar regionalt deformerade bergarter.

Formlinjer och de magnetiska konnektionerna visar berggrundens strukturella riktningar. Plastiska skjuvzoner på kartan stryker huvudsakligen ONO och N-S. etablerade zoner.

Sprickzoner följer äldre strukturer i berggrunden, men bildar även egna blockmönster

Tolkningen är baserad på data från publicerade rapporter, SGUs berggrundskartor, flygmagnetiska data och höjddata. Såväl detaljerad berggrundsinformation som flyggeofysiska data saknas i några områden i de norra och sydöstra delarna av länet.



Figur 13. Deformationszonskarta över Hallands län

Huvuddelen av den zonspecifika deformationen ligger därför parallellt med gnejsstrukturer av samma karaktär som i den omgivande berggrunden.

Söder om Mylonitzonen är graden av förskiffring starkt varierande, både med avseende på styrka och riktning. De dominerande gnejserna är vanligen ådrade, med en förskiffring parallellt med denna ådring. Vanligt förekommande är också fin- till medelkorniga bergarter som ställvis saknar en egentlig förskiffring i form av parallellt orienterade mineral, trots att de i hållskala har en tydlig planparallell struktur. Detta beror på den höggradiga metamorfos som till stor del överpräglat och rekristalliserat bergarterna i länet. Mindre delar av den s.k. Torpa-graniten och likåldriga graniter (svart och röd färg i Figur 8) saknar i stort sett förskiffring. Till övervägande delen är dessa bergarter dock förskiffrade, men tämligen homogena och inte alls så bandade som omgivningens gnejser. De plastiska skjuvzonerna söder om Mylonitzonen domineras ofta av rekristalliserade finkorniga och finbandade bergarter. Dessa bergarter har en väl så god hållfasthet som omgivande mer regionalt förskiffrade och gnejsiga berggrund.

Norr om Mylonitzonen sträcker sig Göta Älvzonen från Kungsbacka upp mot Göteborg, se Figur 13. Den avskiljer en storskaligt veckad gnejsregion, sydost om zonen, från en region längst i väster där flera större massiv av både granit och basiska bergarter ställvis är mer eller mindre massformiga. Mellan dessa massiv är berggrunden ofta kraftigt deformerad, ofta parallellt med deformationen i Göta Älvzonen.

Göta Älvzonen stupar medelbrant till brant mot väster. Vanligen finner man en lineation i zonen som stupar mot nordväst, vilket indikerar relativa rörelser mellan berggrundsblocken på ömse sidor av zonen i denna riktning. Den senaste plastiska skjuvningen i denna södra del av zonen bildades under extension av jordskorpan.

Sprickzoner och förkastningar

Spröda deformationszoner utgörs vanligen av kraftigt uppsprucket och delvis krossat berg vilket gör dem lättroderade. De uppträder därför vanligen som långsmala sänkor i terrängen. Bredden kan vara upp till flera hundra meter. Sprickorna i dessa zoner kan vara öppna och oläckta eller läkta och cementerade av t.ex. kvarts eller kalcit. En sprickzons stupning är i regel svår att bestämma, men antas i de flesta fall vara brant. Flacka sprickzoner är generellt sett svåra att upptäcka med hjälp av höjddata och flygmagnetiska data. I håll kan dock små, flacka sprickzoner påträffas.

Den sydligaste delen av Hallands län påverkas av fanerozoiska förkastningar och magmatisk aktivitet i den s.k. Tornquistzonen, d.v.s. bältet av NV-liga förkastningar som markerar övergången mellan de äldre, prekambrisk bergarterna (>545 miljoner år) i norra delen av Europa och de yngre, sedimentära bergarterna som dominerar i Centraleuropa. Topografiskt, se Figur 12, framträder horsten Hallandsåsen i detta område. Horsten begränsas mot norr av berggrund som deformerats i samband med kraftig spröd deformation /se t.ex. 21/. Berggrunden norr om åsen har rört sig nedåt under denna deformation. Flygmagnetiska data indikerar att flera fanerozoiska diabasgångar förekommer också norr om åsen. Utöver den markanta tektoniken utmed Tornquistzonen stryker de enskilt mest framträdande sprickzonsgруппerna i NV-, N-S- till NNO- och ONO-liga riktningar, se Figur 13. Tillsammans bildar dessa zoner ett blockmönster i den gnejsiga berggrunden.

Deformationszoner i tid och rum

De äldsta bergarterna som påverkas av plastiska skjuvzoner i länet är ca 1700 miljoner år. Senast plastisk deformation ägde rum utmed Mylonitzonen var för ca 900 miljoner år sedan. Göta Älvzonen och den N-S-liga zonen söder om Mylonitzonen har förmodligen inte heller varit aktiva efter ungefär denna tidpunkt.

Utgående från det mönster av sprickzoner som framträder så kan man konstatera att flertalet av de större sprickzonerna är yngre än den plastiska deformationen i länet. Flera zoner löper obrutet över de större plastiska skjuvzoner som beskrivits ovan. Andra zoner är lokaliserade till plastiska skjuvzoner, vilket tyder på att dessa fungerat som svaghetsplan i jordskorpan i samband med den spröda deformationen som skapat sprickzonerna, s.k. reaktivering.

Vid studier av förkastningar och sprickzoner inom sydvästra Sverige har man använt sig av gamla erosionsytor samt förekomsten av fanerozoiska bergarter som täcker urberget för att definiera åldern av förkastningsrörelser /t.ex. 22, 23/. Eftersom de markanta NNO-liga sprickzonerna öster om Mylonitzonen påverkar fanerozoiska bergarter norr om länet, troligtvis även diabaser som är ca 300 miljoner år gamla, så vet man att zonerna varit aktiva efter dessa bergarters tillkomst. Dessa sprickzoner kan emellertid ha bildats redan i samband med Vätternsänkans bildning, för bortåt 800 miljoner år sedan. Tornquistzonen i södra Sverige har varit mer eller mindre aktiv under en stor del av det fanerozoiska tidsrummet och enskilda förkastningar i den sydligaste delen av Hallands län har varit aktiva så sent som för 65 miljoner år sedan. Hallandsåsen bildades under denna period.

I kapitlet om jordarter behandlas sen- eller postglaciala rörelser i jordskorpan, inklusive jordskalv.

7 Nedisningar, jordarter, jorddjup samt sen- eller postglaciala rörelser i jordskorpan

Kännedomen om jordartsgeologin i Hallands län grundar sig främst på den moderna kartläggning som SGU gjort i de norra och centrala delarna av länet /24, 25, 26, 27, 28, 29/, se Figur 2. I den södra delen av länet har kustområdena vid Laholm och Halmstad kartlagts av Mohrén & Larsson /30/ och Caldenius m.fl. /31/. I andra delar av länet finns endast äldre kartmaterial avseende jordartsfördelningen bl.a. i form av en länskarta i skala 1:100 000 /32/. Bergblottningsgrad och jordartsfördelning framgår av översiktskartan, se Figur 14, som är baserad på Fredén /33/.

Nedisningar, isfria perioder samt postglacial utveckling

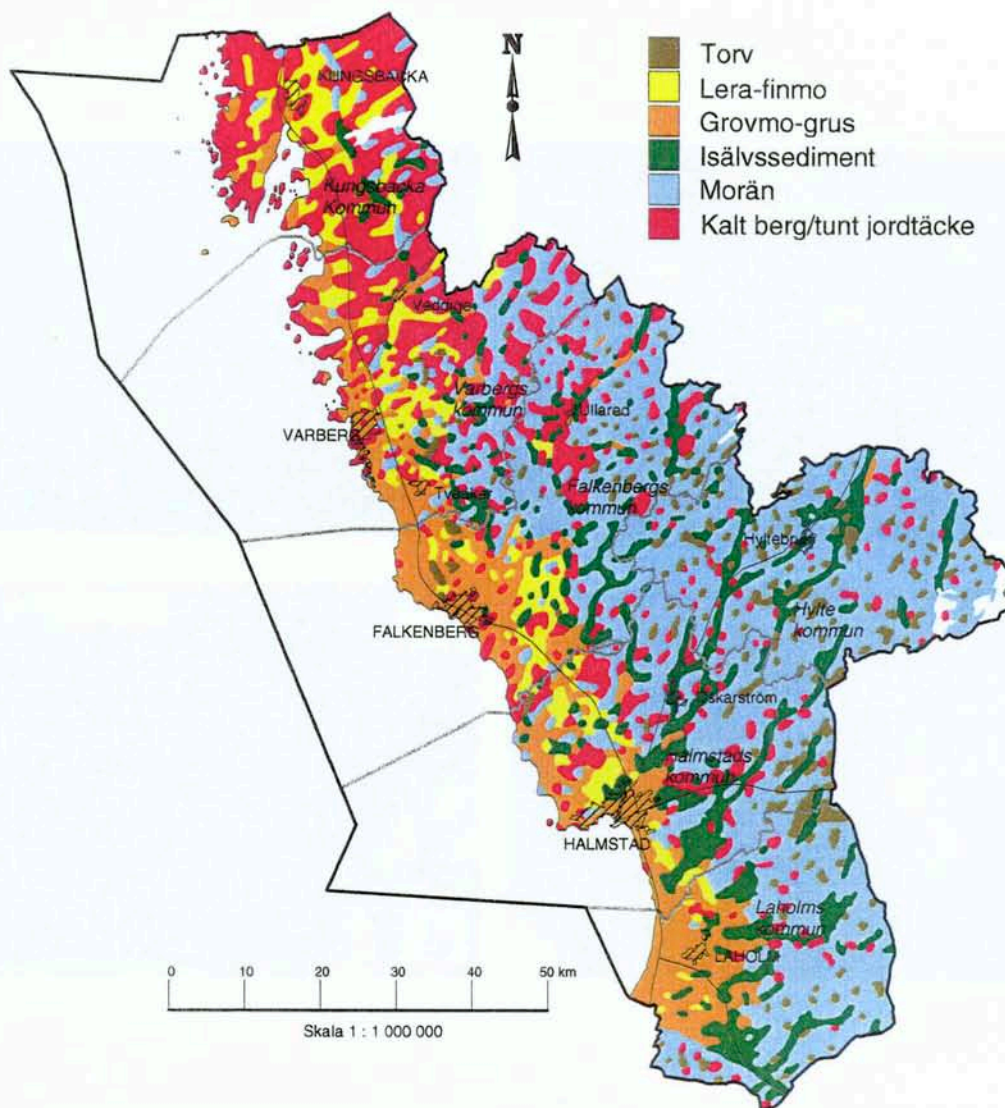
Klimatet under kvartärperioden, d.v.s. under tiden från ca 2 miljoner år sedan till nutid, kännetecknas av svängningar mellan kalla istider, s.k. glacialer, och varma mellanistider, s.k. interglacialer. Under istiderna förekom perioder med mindre strängt klimat, s.k. interstadialer, då inlandsisarna tillfälligt minskade i storlek eller smälte bort helt. Den senaste istiden benämns Weichsel. Den föregicks av en värmeperiod, Eem-interglacialen, för ca 130 000 - 110 000 år sedan. Istiden före Eem kallas Saale. På en del ställen i Halland har jordlager från dessa äldre skeden rapporterats /27, 34, 35, 36/. De äldre jordlagren finns framför allt bevarade i drumliner, d.v.s. ryggar utsträckta parallellt med senaste isrörelsen.

Spåren efter Saale-istiden finns dels i form av tunna moränlager, dels i form av marina leror som bildats vid isavsmältningen. Isräfflor under Saalemoränen visar en isrörelse från nordost, d.v.s. samma rörelse som dominerat under Weichsel-istiden i området. Avsättningar från Eem-interglacialen, i form av gyttja, torv, svämsediment, marin lera och svallsediment, har påträffats vid tre lokaler mellan Varberg och Halmstad. Den första nedisningen av länet under Weichsel gav upphov till en isrörelse från nordväst, Norsk-isen. Denna isrörelse har belagts med isräfflor, glacialtektonik och ledblock i morän från Osloområdet. Efter Norsk-isen följde ett isfritt skede, som korreleras till Brörup-interstadialen, daterat till ca 90 000 år före nutid. Under denna interstadial försköts havsstranden kraftigt uppåt. De stora dragen i strandlinjeutvecklingen från sen Saale till Brörup kan härledas i området. Efter Brörup-interstadialen inträffade ett nytt glacialt skede nu med en isrörelse från nordost. Troligen har denna glaciation följts av ytterligare ett interstadial skede, i sin tur följt av en tredje sista glaciation som även denna innebar en isrörelse från nordost. Figur 15a visar en lagerföljd vid Margreteberg, 15 km nordväst om Halmstad, som består av jordlager från Saale, Eem och tidig Weichsel.

Hallands glaciala jordarter har till största delen bildats i samband med den senaste nedisningen från nordost och från avsmältningsskedet under sen Weichsel tid. Avsmältningen skedde från sydväst mot nordost. Kustslätten blev isfri för ca 13 500 år sedan och den nordöstra delen av länet för ca 12 400 år sedan. I centrala och norra Halland finns ett stråk med kustnära NV-liga israndbildningar vilka kallas Hallands kustmoräner, se Figur 15b. Fernlund /37/ har visat att dessa bildats glacialtektoniskt vid en relativt sen isframstöt. I norra Halland förekommer ett närmast kontinuerligt israndläge, Göteborgsmoränen, som består omväxlande av morän och isälvsediment. Den mest kända delen av detta israndläge är Fjärås bräcka, som huvudsakligen består av isälvsediment och med jordmäktigheter upp mot 70 m. Den stora mäktigheten av Göteborgsmoränen beror på att isen stod stilla vid detta läge under ca 200-300 år.

Vid isavsmältningen låg dåtidens havsstrand (HK, högsta kustlinjen) på en nivå av ca 90 m.ö.h. i norra Halland och ca 55 m.ö.h. i söder. Genom landhöjningen och havsytans förändringar, försköts stranden till lägre nivåer (regression) fram till ca 9 000 år före nutid. Stranden låg vid denna tidpunkt ca 10 m.ö.h. i norra Halland medan den i södra Halland då låg ca 15 m under dagens strandnivå. Genom en mycket snabb höjning av havsnivån kom strandlinjen att stiga under ett par tusen år (transgression). I norr steg havet upp till den s.k. postglaciala gränsen (PG) vid drygt 20 m.ö.h. I söder ligger PG vid ca 10 m.ö.h. Halland utgör ett klassiskt område för att utreda strandförskjutningen /38, 39, 40/. Genom att studera sjöstjälpningsfenomenet, bl.a. i Halland, har empirisk information avseende landhöjningen erhållits /41/. Denna kunskap har använts för att modellera strandförskjutningen i Fennoskandia /42/. I detta senare arbete ingår en prediktion av den framtida strandförskjutningen i Varbergsområdet. Den nuvarande strandförskjutningen är ca 0,3 mm/år i södra delen av länet och ca 1,0 mm/år i norra delen /43/. Strandförskjutningens belopp är en funktion av landhöjningen och havsnivåns förändringar. Havsnivån ökar för närvarande med 1,2 mm/år, vilket innebär att den nuvarande landhöjningen är 1,5 mm/år i södra delen av länet och 2,2 mm/år i norra delen.

I Hallands län förekommer en hel del flinta trots att flinta varken förekommer i fast klyft eller kunnat transporteras hit av de NO-liga isrörelserna. Denna "gåta" har behandlats i en rad arbeten bl.a. Werner /44/ och Lidmar-Bergström /45/. Påsse /46/ har visat att flintan kommit genom isbergstransport från söder.



Översiktsskarta visande berg i dagen och jordartsfördelningen i Hallands län. Kartan är en förstoring av jordartskartan i Sveriges Nationalatlas, Berg och jord, och grundar sig på SGUs kartläggningar. Dessa har presenterats i olika skalor och serier. Kartunderlagets kvalitet varierar därför och jordartsindelningen är starkt förenklad.

Figur 14. Jordartsfördelningen i Hallands län



Figur 15. Exempel på jordarter i Hallands län. a) Lagerföljd vid tunnelpåslaget vid Margreteberg, norr om Halmstad. Det understa lagret är ungefär 140 000 år och utgörs av en marin lera från Sensaale. Det ljusa lagret består av sand och innehåller torv som bildats under Eem-interglacialen. Sanden täcks av morän som bildats av Norskisen för ca 100 000 år sedan. b) Väster om Varberg finns ett flertal låga, långsträckta öar som utgörs av ändmoräner. Dessa ingår i ett stråk av israndlägen som kallas Hallands kustmoräner. Den avbildade kustmoränen är ön Nodre både. c) Deformerade sjösediment av Senweichsel ålder vid Oktorp, mellan Halmstad och Laholm. Deformationerna kan ha tillkommit genom påverkan av små lokala glaciärer under Yngre Dryas, genom frostdeformation (involutions) eller genom kraftiga jordskalv. d) Svallgrus, överlagrande en 8 000 år gammal stenåldersboplats. Överlagringen har skett vid den postglaciala transgressionen för ca 7 000 år sedan. Alla fotografier har tagits av T. Pässe.

I de centrala och södra delarna av länet förekommer en relativt utbredd "horisont" innehållande vindslipade stenar och block vilka överlagras av vattenavsatta sediment. Inom detta område förekommer också kraftigt deformerade organiska sediment av sen Weichsel ålder. Påsse /28/ har antagit att överlagringen av de vindslipade sedimenten och deformationen av de organiska sedimenten tillkommit genom att små lokala glaciärer vuxit till i området under Yngre Dryas, d.v.s. ca 2 000 år efter inlandsisens avsmältning, se Figur 15c. Alternativa tolkningar är att deformationerna av de organiska sedimenten har orsakats av frostdeformation eller genom kraftiga jordskalv.

Jordarter och jorddjup

Bergblottningsgrad, jordartsfördelning och jorddjup

Bergblottningsgrad och jordartsfördelning framgår av översiktskartan, se Figur 14, och en sammanställning av registrerade jorddjup från ca 4500 brunnar i SGUs brunnsarkiv presenteras i Figur 16. Ett genomgående drag för sydvästra Sverige är den ringa förekomsten av morän. Moränens utbredning och mäktighet ökar dock mot söder och öster. Varberg, i den norra delen av Hallands län, kan sägas utgöra en gräns mellan ett moränfattigt område i norr och ett något moränrikare område i söder, se Figur 14. I områden med täta hållblottningar är moränen i allmänhet endast någon meter tjock. Inom stora sammanhängande ytor med sandig morän är moränmäktigheten som regel ca 5 m. Drumlinerna har ofta stora jordmäktigheter och öster om Varberg förekommer en drumlin med en mäktighet av nästan 70 m. I områden med ringa morän är isälvsavlagringarna i regel små och tvärtom i de moränrikare områdena. Mäktiga sediment påträffas framför allt i dalgångarnas kustnära delar där merparten av de mäktiga sedimenten antas bestå av glacial lera. I Viskan dalgång förekommer jorddjup på 100 m.

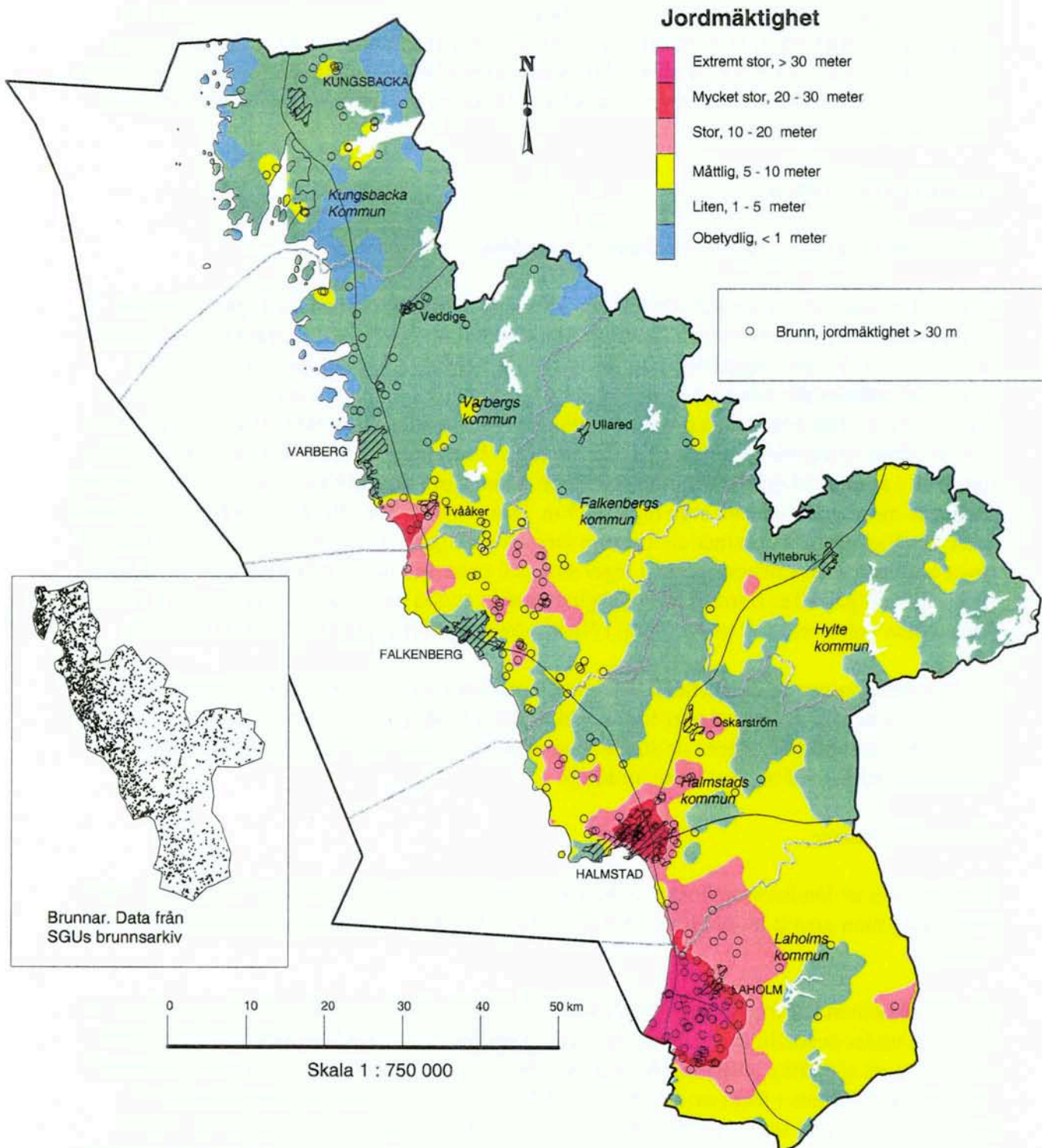
Jorddjupskartan ger dels en schematisk bild av områden med liknande jorddjup, men innehåller också punktvisa observationer för de mäktigaste jorddjupen. Av kartan framgår tydligt att jorddjupen generellt är större i de södra delarna av länet, se Figur 16. Sydväst om Laholm finns ett område med mycket stora jorddjup.

Glaciala jordarter

Morän är det av landisen upplockade, bearbetade och avlagrade materialet. Vanligen är moränen sandig men grusig morän förekommer i inlandet ovan HK. Vanligen är moränen normalblockig.

Isälvsedimenten har transporterats och sorterats av isälvar i och under isen och avlagrats vid isfronten under avsmältningen. Grus och sand dominerar. Isälvsavlagringarna på kustslätten saknar i regel specifika avlagringsformer. Vid HK och i de större dalgångarna har isälvsedimenten oftast bildats i form av deltan. Ovan HK förekommer en del stora sandurfält och kamesområden. I de södra länsdelarna förekommer en del välformade åsar medan åsar är anmärkningsvärt sällsynta i länets norra delar. En karta med isälvsavlagringarnas utbredning i Halland har redovisats av Engdahl m.fl. /47/.

Glacial lera avsattes i havet utanför den retirerande isen. Den glaciala leran har stor utbredning inom kustslätten och är ställvis mäktig i dalgångarna. Skal av marina mollusker förekommer rikligt i leran.



Jordmäktighet i Hallands län. Analys baserad på data i SGUs brunnarsarkiv (ca 4500 brunnar). Den lilla kartan visar brunnarnas geografiska fördelning. De mäktigaste jorddjupen >30 m redovisas som cirklar. Generellt är jorddjupen större i de södra delarna av länet. Jordmäktigheterna är dessutom påfallande mycket större på kustslätten än inom höglandet.

Figur 16. Jordmäktighet i Hallands län (sammanställning mars 1998)

Postglaciala jordarter

Postglaciala sediment utgör omlagringsprodukter av glaciala jordarter eller har nybildats efter det att landisen lämnat området. Svallsediment, klapper, grus och sand, förekommer mycket rikligt i kustområdena där den ofta överlagrar äldre jordarter såsom den glaciala leran. Vid den postglaciala transgressionen avsattes ställvis lergyttja. Vid transgressionen steg strandlinjen över tidigare landtytor. Härigenom bildades lagerföljder innehållande torv vilken överlagrats av marina lergyttja eller svallsediment. I de s.k. transgressionslagerföljderna förekommer ställvis kulturlager från stenåldern, se Figur 15d.

Organiska jordarter domineras av torv. Torvmarker, huvudsakligen mossar, har stor utbredning i de östra nederbördsrika delarna av länet.

Sen- eller postglaciala rörelser i jordskorpan inkluderande jordskalv

Sen- eller postglaciala rörelser i jordskorpan, som ger sig tillkänna som sprickbildningar, förkastningar och seismisk aktivitet, har dokumenterats från norra Sverige /se t.ex. 48, 49/. Mörner /50, 51, 52/ anser att sådana rörelser förekommit också i andra delar av landet, huvudsakligen beroende på den snabba landhöjningen, och Muir Wood /53/ anser att den nuvarande seismiciteten i Sverige är en effekt av den postglaciala landhöjningen. Bortsett från ett antal registreringar av jordskalv finns inga uppgifter om sen- eller postglaciala rörelser från Hallands län. Möjligen kan de ovan nämnda deformationsstrukturerna i organiska sen Weichsel sediment ha orsakats av kraftiga jordskalv.

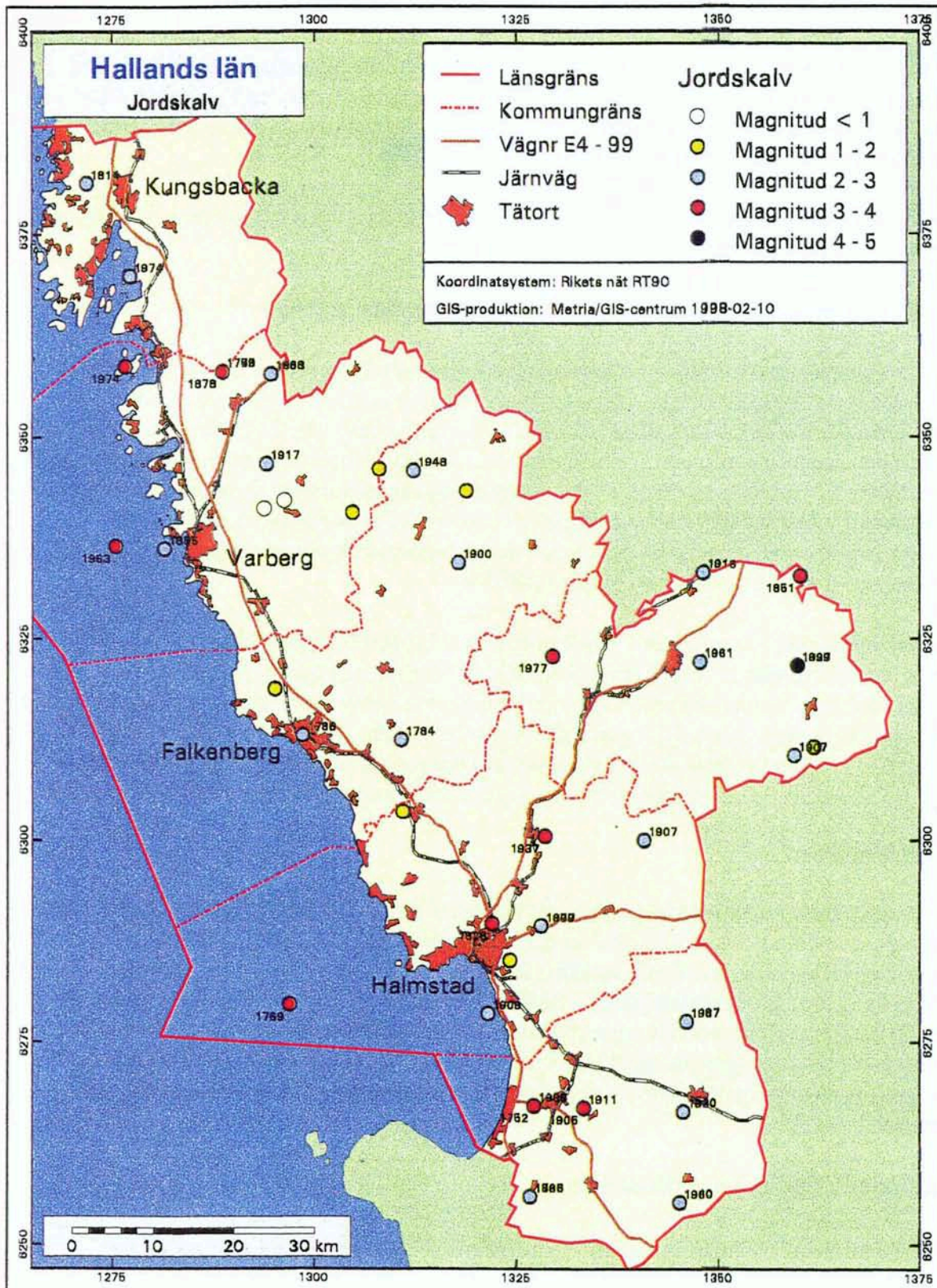
En sammanställning av jordskalv i Nordeuropa fram till 1993 visar att länet ligger i det bälte inom vilket frekvensen av registrerade jordskalv är förhöjd, se Figur 5. Bältet sträcker sig från sydvästra Sverige mot nordost till södra norrlandskusten och vidare norrut längs kusten. Enligt uppgifter från samma databas har jordskalv rapporterats från 39 platser i länet, se Figur 17. De registrerade skalven fördelas jämnt över länet och har i regel skett med magnituder mellan 2 och 3. De kraftigaste skalvet, magnitud 4,2, skedde 1929 i östra delen av Hyltebruks kommun.

8 Hydrogeologi

I grundvattenkartan med beskrivningar över Hallands län /54/ redovisas bl.a. grundvattentillgångar, grundvattnets kvalitet, hydrologi och vattenförsörjning. I föreliggande sammanställning av de hydrogeologiska förhållandena i Hallands län har detta material kompletterats med analyser av Lantmäteriverkets höjddata, SMHIs avrinningsdata och data från SGUs brunnarkiv. Syftet har varit att beskriva grundvattnets strömningsmönster och berggrundens hydrauliska konduktivitet (genomsläpplighet). För att beskriva grundvattnets kemiska status i länet jämfört med övriga landet har även grundvattenkemiska data från SGUs brunnarkiv bearbetats

Grundvattnets bildning och strömning

Grundvattnet ingår i det hydrologiska kretsloppet /4, 55/. Av den nederbörd som faller i länet avdunstar drygt hälften /54/. Återstoden tillförs grundvattnet, med undantag för en mindre del, som rinner av från markytan till sjöar och vattendrag. När de övre marklagren har nått en viss



Figur 17. Registrerade jordskalv i Hallands län fram till 1993. Årtal då skalvet inträffade finns angivet på kartan. Uppgifterna har hämtats från en databas vid Uppsala universitet

vattenmättnad, sjunker överskottet vidare ned i marken och bildar grundvatten. Genom tyngdkraftens inverkan rör sig sedan grundvattnet från högre terrängavschnitt mot lägre. Vilka vägar det tar och hur fort strömningen sker, beror på grundvattenytans lutning samt jordlagrens och berggrundens genomsläpplighet. Områden där grundvattnets strömning är uppåtriktad benämns utströmningsområden. I de fall trycknivån ligger högre än marknivån kan källor och våtmarker bildas. Grundvatten strömmar också ut i botten av sjöar och vattendrag.

Grundvattenbildningens storlek bestäms av markens infiltrationskapacitet och den effektiva nederbörden (skillnaden mellan nederbörd och avdunstning). Den effektiva nederbörden i Hallands län framgår av Figur 18. Den har beräknats utifrån en vidareutveckling av den metod som använts för beräkning av avrinning /56/. Endast en mindre del av det vatten som infiltreras i marken tillförs berggrunden. Detta beror på berggrundens, i jämförelse med jordlagrens, mycket låga genomsläpplighet och obetydliga magasinande förmåga.

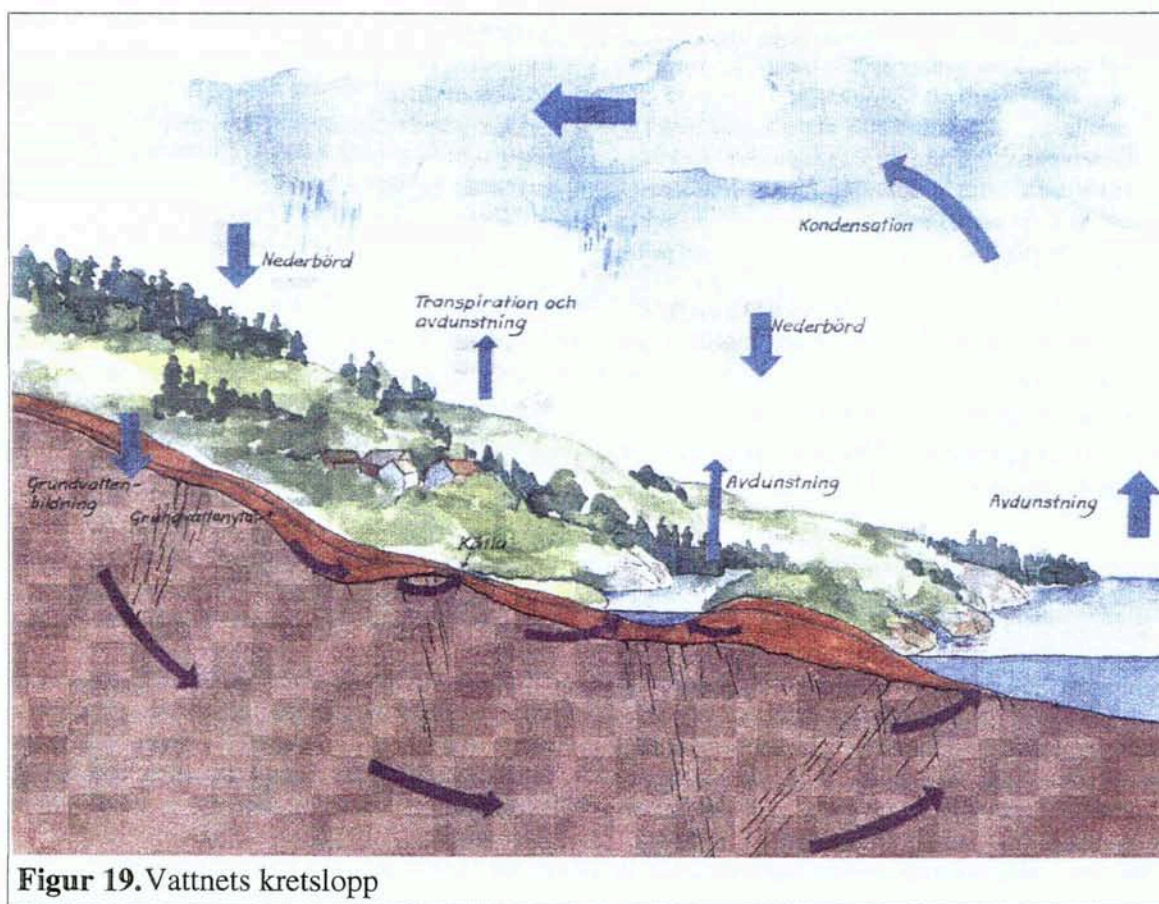
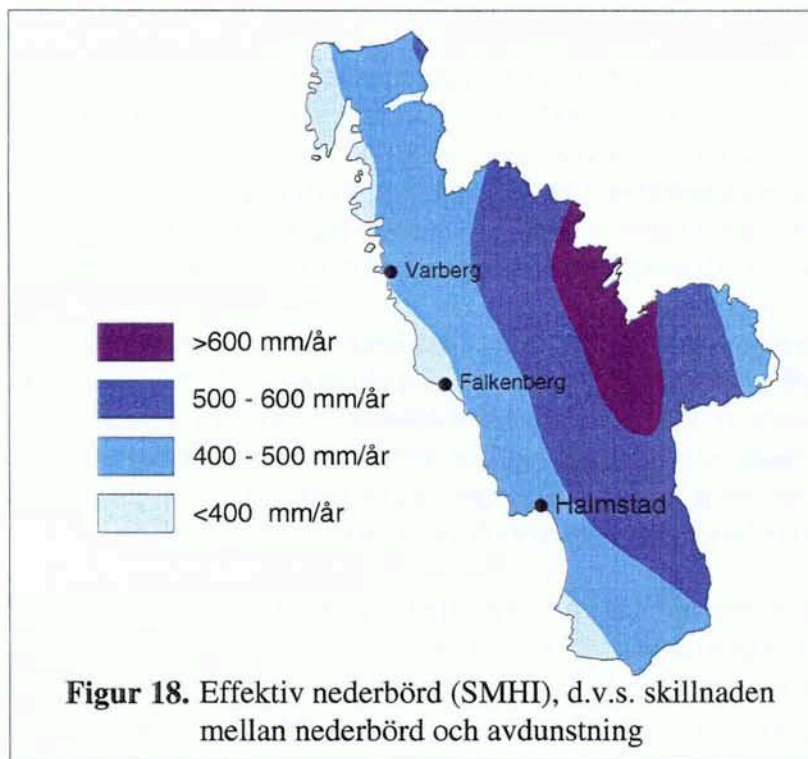
Den ytliga grundvattenströmningen i jordlagren och berggrundens övre delar styrs till största delen av de lokala topografiska förhållandena, se Figur 19 /55/. Uppehållstiden för grundvattnet är kort, innan utströmning sker till lågpunkter i terrängen som våtmarker, källor och recipienter. Den djupare grundvattenströmningen i berggrunden styrs däremot mer av de regionala, storskaliga topografiska förhållandena. Regionalt sett sker huvuddelen av grundvattenbildningen i höjdområden och utströmningen av grundvatten till större sjöar och vattendrag i lågområden, alternativt till havet. Ett djupförvar på 500 m djup berörs i huvudsak av dessa regionala, långsamma grundvattenrörelser.

Grundvattnets strömningsmönster styrs också av skillnader i berggrundens genomsläpplighet. Enskilda sprickor och sprickzoner med en betydligt större genomsläpplighet än omgivande bergmassa utgör de huvudsakliga transportvägarna för grundvattnet i berggrunden. Förekomsten av regionalt viktiga sprickzoner har tidigare redovisats under avsnittet deformationszoner.

Höjdskillnaderna i hela Hallands län är måttliga med en högsta marknivå 226 m.ö.h., se också Figur 12. Höjdområdena i de östra delarna av länet kan betraktas som inströmningsområden av regional karaktär. Det är i första hand i dessa delar av länet som grundvattnets djupa, långa strömbanor kan utbildas. Grundvattnets strömning i det regionala perspektivet sker sedan mot de låglänta delarna i de västra delarna av länet och mot kusten där de långväga strömbanorna i stället blir uppåtriktade. Utströmningen av grundvatten sker i första hand till större vattendrag samt till Kattegatt.

En faktor som påverkar grundvattnets utströmning i det långsiktiga perspektivet är den landhöjning som pågått sedan den senaste nedisningen. Landets höjning medför att landytan ökar och att strandnivån förskjuts utåt, s.k. strandförskjutning. Den nuvarande landhöjningen är 1,5 mm/år i södra delen av länet och 2,2 mm/år i norra delen.

Sjöar, vattendrag och avrinningsområden med tillhörande vattendelare i länets urbergsdel framgår av Figur 20 /56/. Avrinningsområdena delas in i huvudavrinningsområden och biflödenas avrinningsområden. Huvudavrinningsområden har sin utloppspunkt i havet och är större än 200 km². Biflödenas avrinningsområden är större än 1000 km² och har sin utloppspunkt i ett större vattendrag. Av Figur 20 framgår att i Hallands län sker ytvattnets avrinning huvudsakligen via Viskan, Ätran, Nissan och Lagan. I viss utsträckning sker avrinningen även via



ett antal mindre år. Grundvattnets lokala och regionala strömning följer i huvudsak ytvattnets avrinningsvägar. Det kan dock inte uteslutas att grundvatten som bildas i höjdområden inom eller utanför länet, även utbildar djupa, långa strömbanor som avviker från det regionala avrinningsmönstret.

Grundvattentillgångar

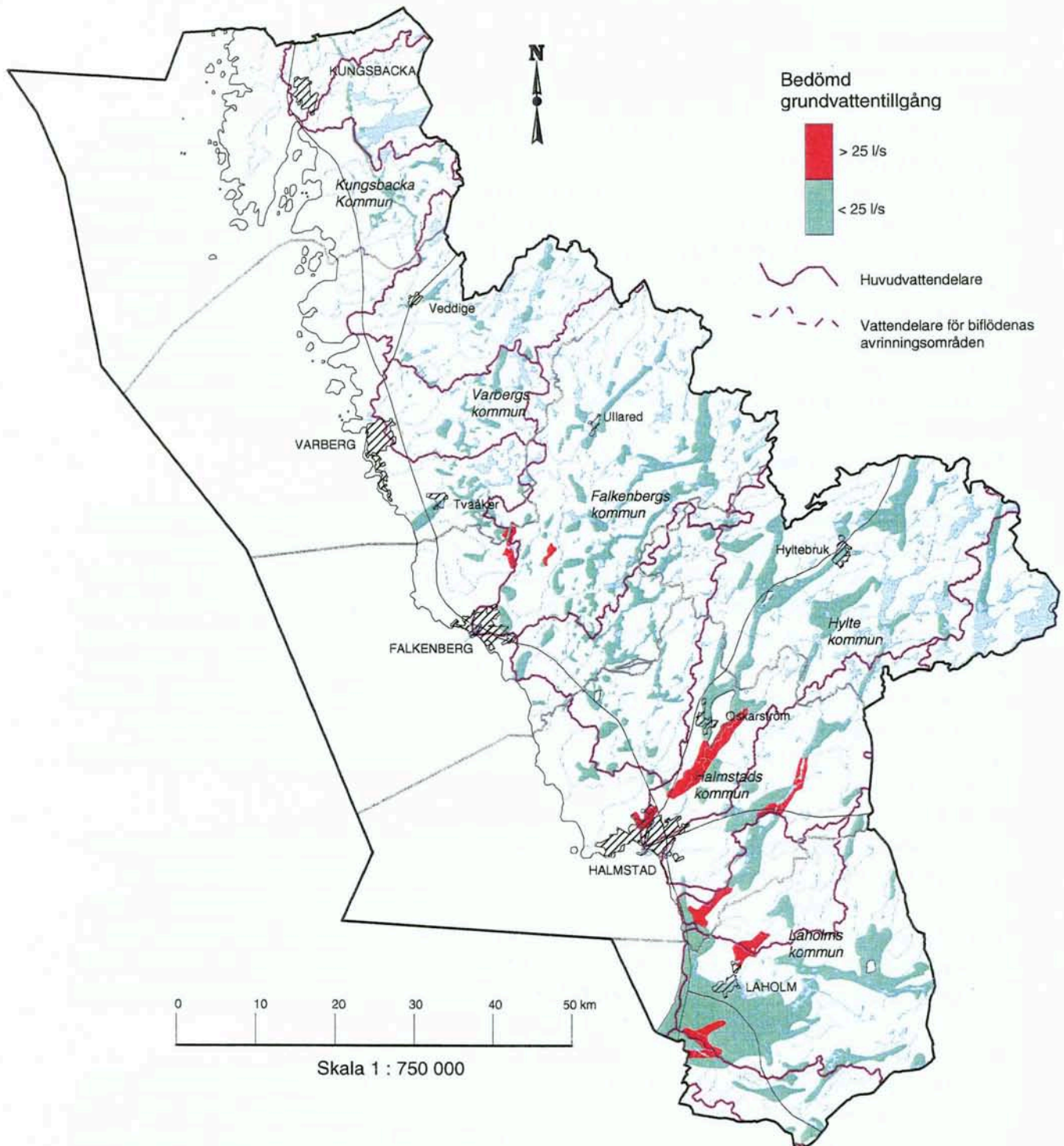
Grundvattentillgångar av regional betydelse i Hallands län återfinns i de stora stråken med isälvsavlagringar i form av rullstensåsar i ådalarna, isälvsdeltan och sandfält närmare kusten /54/. Genom att stora grundvattenmängder kan lagras och transporteras i isälvsavlagringarna, har dessa fått stor betydelse för den kommunala vattenförsörjningen i länet. I Figur 20 redovisas bedömda grundvattentillgångar i åsarna enligt SGUs grundvattenkartor över Hallands län /54/. De avsnitt som bedöms ha uttagsmöjligheter överstigande 25 l/s utgör i allmänhet viktiga regionala tillgångar. Övriga åsavsnitt utgör på flera håll viktiga tillgångar för den kommunala vattenförsörjningen lokalt. Även berggrundsvatten nyttjas i den kommunala vattenförsörjningen men några stora tillgångar av regional betydelse bedöms inte förekomma. Däremot utgör berggrundsvattnet en viktig tillgång för den enskilda vattenförsörjningen.

Berggrundens genomsläpplighet

Berggrundens genomsläpplighet (hydrauliska konduktivitet, K) i Hallands län har beräknats /57/ med hjälp av uppgifter om brunnsdjup, avsänkning och uttagskapacitet från ca 4 000 brunnar i SGUs brunnsarkiv. Data från sedimentära bergarter har inte tagits med. Den beräknade hydrauliska konduktiviteten för brunnarna varierar i allmänhet mellan 10^{-6} och 10^{-8} m/s. Medianvärde för beräknat K är $5,4 \times 10^{-8}$ m/s. Vid beräkningen har brunnar med mindre djup än 20 m i den kristallina berggrunden samt brunnar med större totaldjup än 140 m uteslutits. Vidare har samtliga energibrunnar uteslutits eftersom de vanligtvis är mycket djupa. Koncentrationen av energibrunnar till tätorter skulle därmed ge skenbart lägre genomsläpplighet i dessa områden. Beräknade värden bedöms vara representativa för berggrundens genomsläpplighet ned till ca 100 m djup.

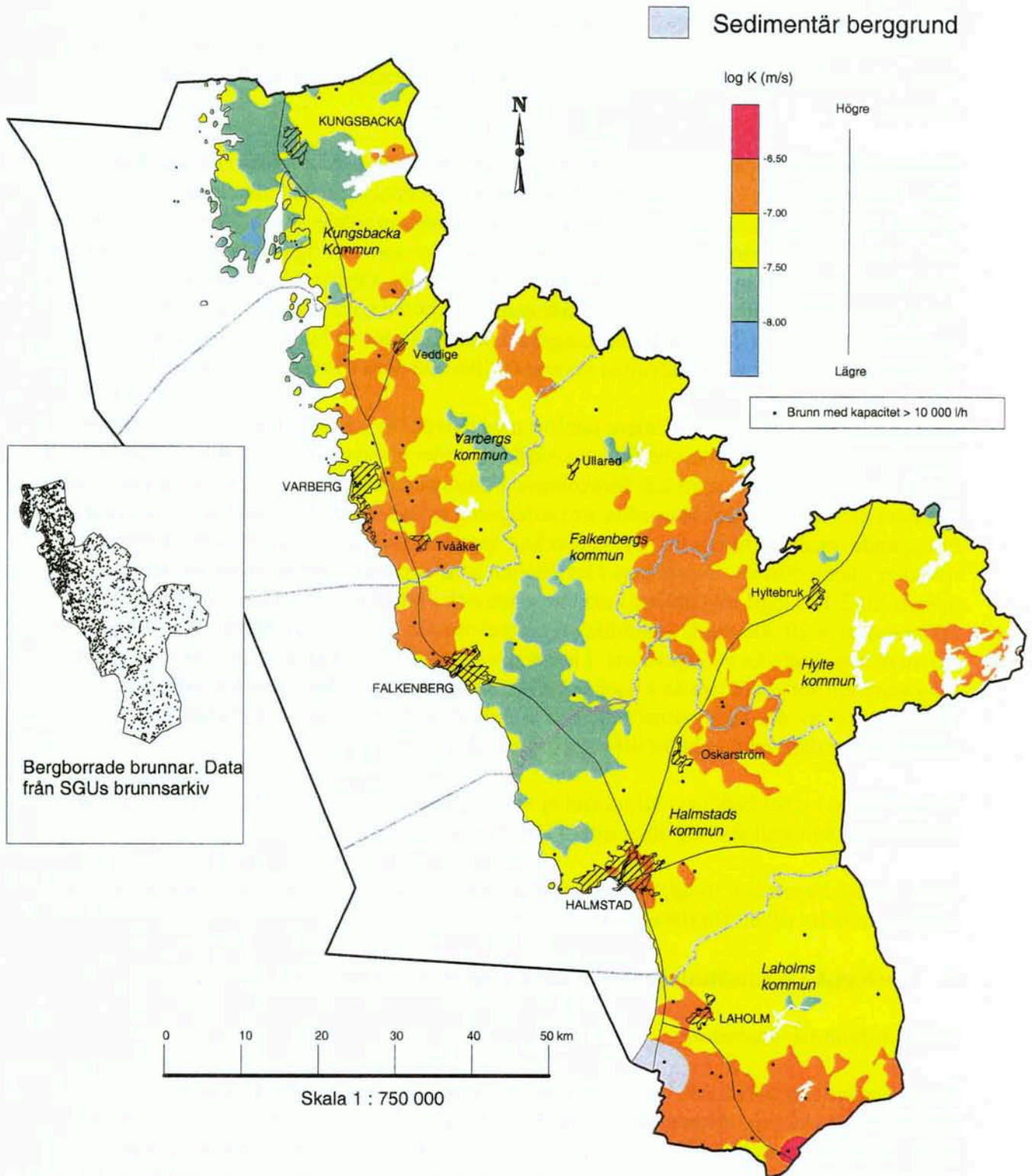
Berggrundens hydrauliska konduktivitet har, baserat på en geostatistisk analys, interpolerats över länet, se Figur 21. Resultatet visar de regionala skillnaderna i genomsläpplighet. De mellersta och norra delarna av länet har i allmänhet lägre genomsläpplighet, medan de sydligaste delarna har högre genomsläpplighet. Lokalt kan dock variationerna vara stora, främst beroende på om vattenförande sprickzoner påträffats vid brunnsborrningen. Av figuren framgår därför även läget för samtliga registrerade brunnar i länet med en bedömd uttagskapacitet överstigande 10 000 l/tim (88 st).

Erfarenheter från borrhålsundersökningar visar att genomsläppligheten i den kristallina berggrunden avtar med djupet /58/. Skillnaden i hydraulisk konduktivitet mellan nivån 100 m och 500 m under markytan kan uppgå till flera tiopotenser, vilket har stor betydelse för grundvattnets uppehållstid och strömningsvägar. Den densitetsskillnad som föreligger mellan det söta, ytliga vattnet och det djupare, salta medför att grundvattenomsättningen ytterligare reduceras. Även på stora djup kan dock grundvattnets strömning påverkas av enskilda vattenförande sprickor och sprickzoner med en betydligt större genomsläpplighet än omgivande berggrund.



Grundvattentillgångar av regional betydelse i Hallands län finns i de stora isälvsavlagringarna. Västerhavet, sjöar och vattendrag utgör recipienter för grundvattnet i både jordlagren och berggrunden. Vattendelare enligt SMHI.

Figur 20. Grundvattentillgångar och vattendelare i Hallands län



Berggrundens genomsläpplighet (hydrauliska konduktivitet, K) i Hallands län. Analys baserad på data i SGUs brunnarsarkiv (ca 4000 bergborrade brunnar).

Figur 21. Berggrundens genomsläpplighet i Hallands län (sammanställning mars 1998)

Grundvattnets kemi

Beskrivningen av grundvattnets kemiska status baseras på en jämförelse mellan ca 500 bergborrade brunnar i Hallands län och ca 11 000 brunnar från övriga delen av landet /5/, se Figur 22. Brunnar i lättvittrade, huvudsakligen sedimentära bergarter har inte beaktats. Den grafiska presentationen utgörs av så kallade "box-plottar" där den undre och övre kanten på varje "box" visar undre respektive övre kvartilen. Den horisontella markeringen inom varje "box" visar medianvärdet. Den understa och översta markeringen visar 10- respektive 90-percentilen.

Vittringsberoende variabler som alkalinitet, totalhårdhet, pH och konduktivitet har lägre värden i Hallands län än i övriga landet. Medianvärdet för kvoten mellan alkalinitet och totalhårdhet är ungefär lika stor som riksgenomsnittet vilket kan tolkas som att antropogen påverkan av starka syror från nederbörden är ungefär lika stor som i övriga delar av landet. Det bör dock noteras att en betydande andel av brunnarna har höga värden vilket sannolikt är beroende på sur nederbörd. Under "naturliga" förhållanden är kvoten nära 1, d.v.s. alkaliniteten och totalhårdheten är ungefär lika. Försurningspåverkan kan vara en bidragande förklaring till de något lägre pH-värdena. Nitrathalten är ungefär lika stor som i övriga delar av landet.

Kloridhaltens medianvärde är högre jämfört med övriga län (se även Figur 7 i inledningen). Höga kloridhalter är typiska för låglänta områden under högsta kustlinjen (HK, se röd linje på Figur 7), där relict saltvatten kan förekomma. Förhöjda kloridhalter vid uttag av grundvatten i kustnära områden kan också orsakas av inträngning av salt vatten från Kattegatt. En annan bidragande orsak till förhöjda kloridhalter kan vara det marina inflytandet med förhöjda kloridhalter i nederbörden. Den högsta kloridhalten som uppmätts i bergborrade brunnar i länet uppgår till 3 100 mg/l att jämföra med Östersjön och världshaven som har halter omkring 4 000 respektive 20 000 mg/l. Sannolikt styrs förekomsten av relict saltvatten under HK till stor del av de topografiska betingelserna. I kuperad och höglänt terräng är grundvattnets omsättning generellt sett snabbare än i flacka och låglänta områden, vilket påverkar takten av "ursköljning" av det salta vattnet med sött grundvatten. Stora delar av Hallands län har flack terräng vilket därmed kan bidra till höga kloridhalter.

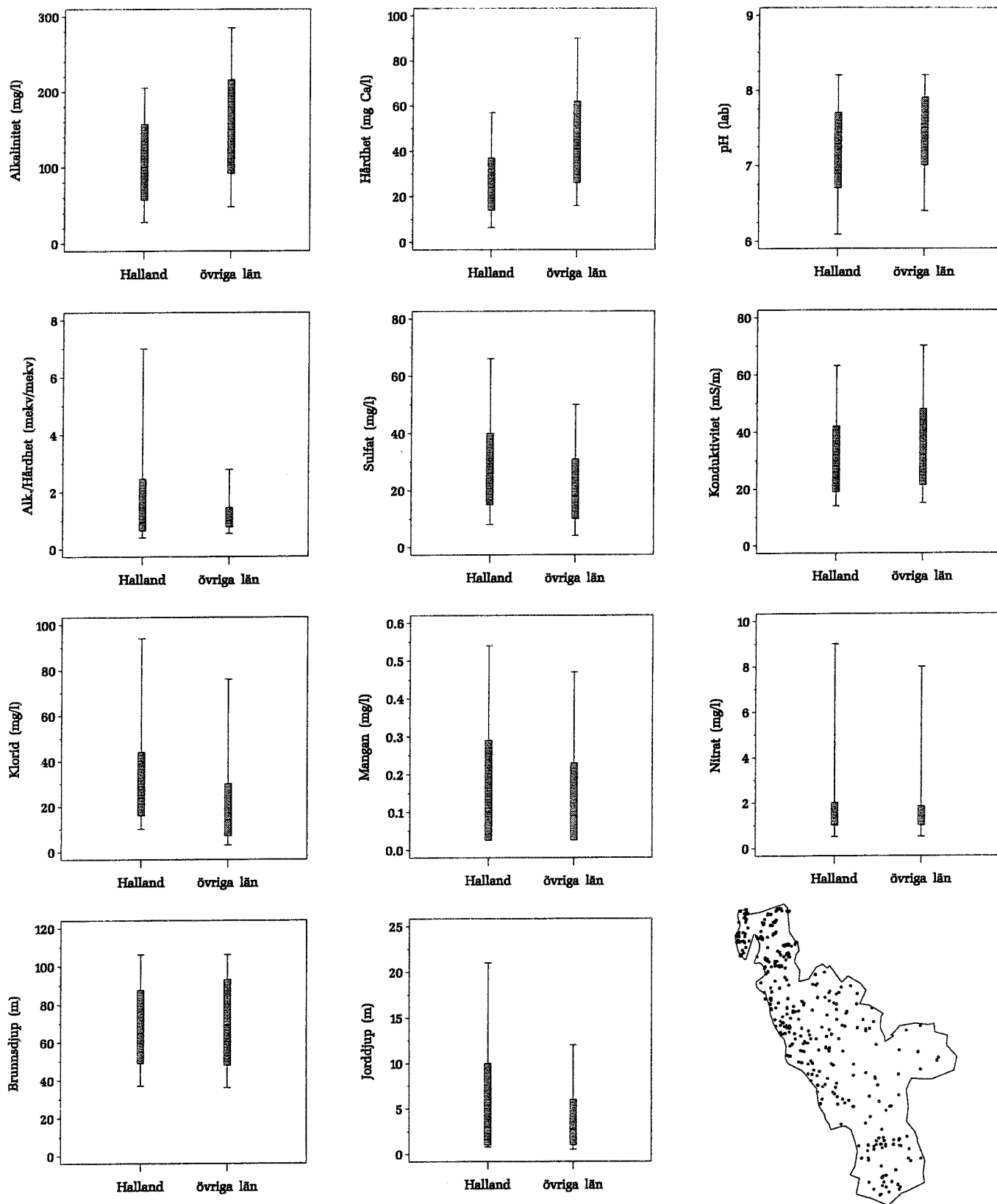
Grundvattnet i länet bedöms i allmänhet ej vara aggressivt med hänsyn till relativt höga pH-värden samt en tämligen hög alkalinitet i förhållande till sulfathalten.

Både brunnsdjupen och jorddjupen är ungefär lika stora som i övriga delar av landet och kan därför inte bidra till att förklara skillnader i grundvattenkemi.

9 Geologiska förutsättningar för lokalisering av ett djupförvar

Sammanfattande slutsatser

Berggrunden inom Hallands län domineras av förgnejsade, ibland ådrade granitoider med inslag av metagabbro, metadiorit och amfibolit. Underordnat förekommer graniter som är något mindre omvandlade. Denna berggrund tillhör den sydvästsvenska gnejsregionen. Den sydligaste delen av länet täcks av fanerozoiska sedimentära bergarter. I söder återfinns också rikligt med diabasgångar. Gnejser och graniter är generellt sett gynnsamma ur säkerhets- och



Antal analyser i Hallands län och övriga delen av landet:

	HCO ₃	Hårdhet	pH	HCO ₃ /Hårdhet	SO ₄	Konduktivitet	Cl	Mn	NO ₃	Jorddjup	Brunnsdjup
Halland	530	290	562	290	191	198	290	249	237	225	564
Övriga län	11217	10778	11598	10759	6999	9068	10510	9169	8518	8169	11521

Figur 22. Grundvattnets kemi samt brunnsdjup och jorddjup för bergborrade brunnar i Hallands län jämfört med övriga delar av landet. Brunnar i lättvittrade, huvudsakligen sedimentära bergarter har inte beaktats. 10-percentil, 1:a kvartil, median, 3:e kvartil och 90-percentil redovisas i form av "box-plottar". Uppgifter har sammanställts från brunnarsarkivets kemiarkiv och visas i insättskarta. Sammanställningen gjordes i mars 1998.

byggnadsteknisk synvinkel medan övriga i länet förekommande bergarter är generellt sett olämpliga i detta sammanhang.

Eftersom detaljerad geologisk kartläggning i stor utsträckning saknas är det svårt att göra någon bedömning av *berggrundens homogenitet* inom Hallands län. Dock kan konstateras att berggrunden sällan är helt homogen över större områden. Inhomogeniteter förekommer i form av t.ex. gnejsig bandning, inneslutningar och gångbergarter. Vidare kan konstateras att de yngre graniterna och charnockiten vanligen är mer homogena än de äldre gnejsiga granitoiderna. Den relativt rika förekomsten av diabasgångar i söder gör att denna del av länet måste betraktas som mer heterogen.

Några malmförekomster är inte kända i länet men *stenindustrin* har haft en mycket stor betydelse och fortfarande sker brytning. Industrimineral har brutits i några pegmatitbrott, och det finns ett 10-tal krossbergsbrott.

Av de *plastiska skjuvzoner* som uppträder i Hallands län är den s.k. Mylonitzonen den mest betydande. Zonen har en i stort sett ONO-lig strykning och återfinns strax norr om Varberg. N-S-liga plastiska skjuvzoner finns i närheten av Kungsbacka, den s.k. Göta Älvzonen, och väster om Ullared. *Spröda deformationszoner* (sprickzoner och förkastningar) följer ibland de plastiska zonerna, s.k. reaktivering, men bildar huvudsakligen egna system och korsar äldre strukturer. Dessa zoner bildar tillsammans ett blockmönster i den gnejsiga berggrunden. Längst i söder är berggrunden påverkad av förkastningar som tillhör Tornquistzonen.

Hallands län kan från *jordartsgeologisk synpunkt* indelas i två regioner, kustslätten och höglandet. I randzonen mellan dessa regioner ligger högsta kustlinjen, HK. Inom kustslätten förekommer framför allt leror och svallsediment, i randzonen en betydande andel isälvsediment medan höglandet domineras av morän. Varberg, i norra delen av länet, utgör gränsen för ett moränfattigt område i norr och ett något moränrikare område i söder. Jorddjupen är vanligen måttliga och inom större sammanhängande områden med morän är mäktigheten som regel ca 5 m. Stora jordmäktigheter förekommer framför allt i dalgångar och i vissa drumlinier. Generellt kan konstateras att jorddjupen är större i de södra delarna av länet. Den nuvarande *landhöjningen* är 1,5 mm/år i södra delen av länet och 2,2 mm/år i norra delen. Länet ligger inom ett bälte där *jordskalv* förekommer mer frekvent. Några säkra indikationer på *sen- eller postglacial rörelser* har inte dokumenterats i samband med SGUs kartering i länet.

Ur *hydrogeologisk synvinkel* kan konstateras att berggrundens genomsläpplighet är jämförelsevis låg i de mellersta och norra delarna av länet medan de sydligaste delarna uppvisar högre genomsläpplighet. De lokala variationerna är dock stora. Grundvattnets djupa, långa strömbanor utbildas i höjdområdena i de östra delarna av länet och utströmning sker till större vattendrag samt till Kattegatt. Grundvattentillgångar av betydelse för den kommunala vattenförsörjningen finns i de stora stråken med isälvsavlagringar. Grundvattnets kemiska sammansättning antyder, om än inte entydigt, påverkan av syror från nederbörden. Något lägre pH-värden än genomsnittet i riket tyder på viss allmän försurningspåverkan. Kloridhalten i brunarna är förhöjd vilket kan förklaras med förekomst av relik saltvatten i låglänta områden under HK. En annan bidragande orsak kan vara inträngning av salt vatten från Kattegatt till kustnära brunnar.

Områden lämpliga för vidare undersökning

Ett område med potentiellt gynnsamma geologiska förutsättningar för lokalisering av ett djupförvar av använt kärnbränsle karakteriseras av:

- En homogen berggrund.
- En berggrund som inte utgör en potentiell mineral- eller bergartsresurs.
- Avsaknad av större deformationszoner (plastiska skjuvzoner, sprickzoner och förkastningar).
- Inga indikationer på sen- eller postglaciala rörelser.

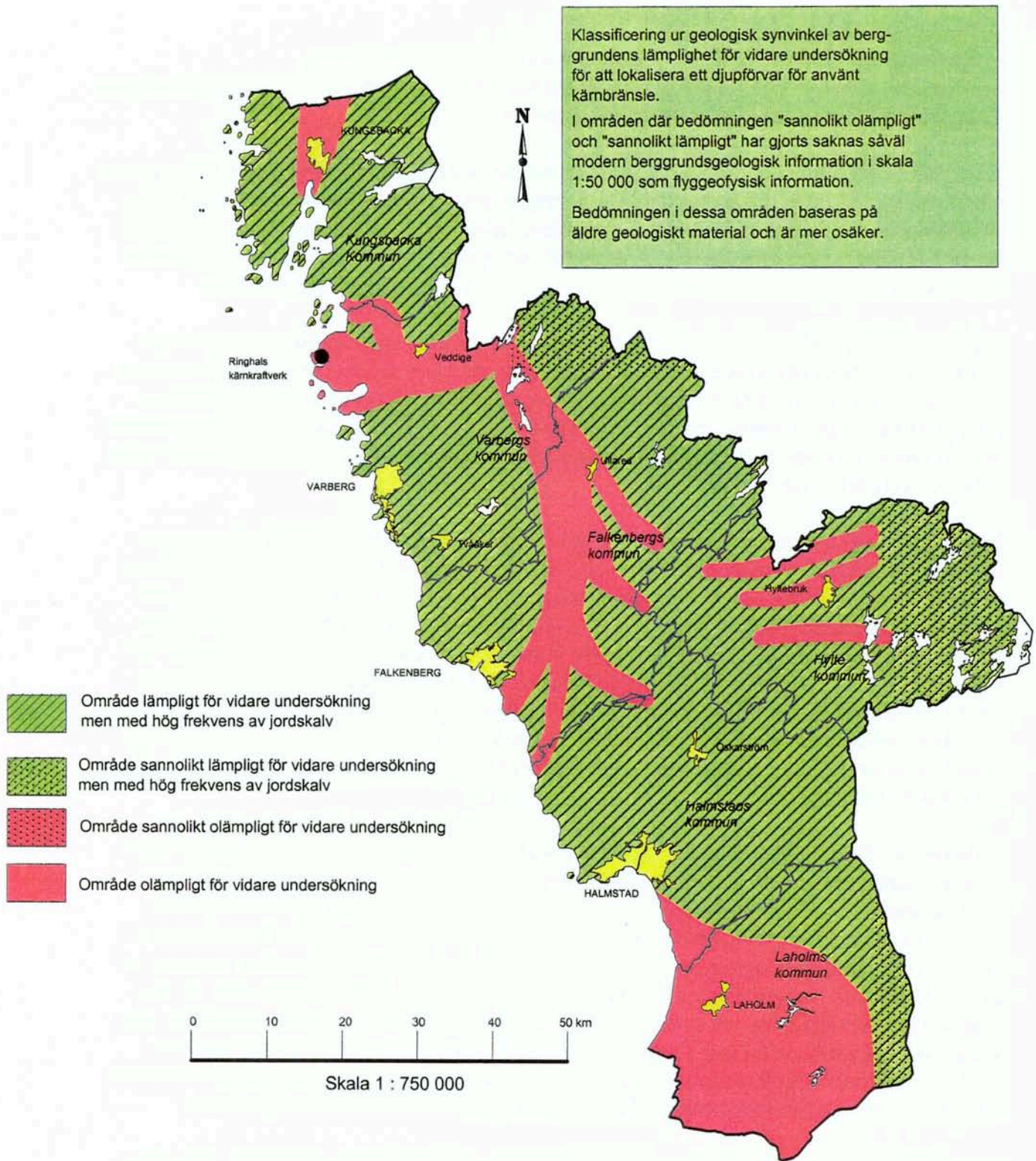
Vidare är det en fördel om jordmäktigheten är måttlig. Vattengenomsläppligheten bör vara låg vilket vanligen är fallet om berggrunden är homogen och sprickfrekvensen låg. Utströmning av vatten från förvaret bör ske till en stor recipient, helst havet. Isälvsavlagringar bör behandlas med försiktighet på grund av deras betydelse som grundvattentillgångar. Försiktighet bör även iaktas vid en lokalisering av ett djupförvar till ett seismiskt mer aktivt område.

Områden som uppfyller sådana villkor återfinns inom stora domäner mellan plastiska skjuvzoner samt relativt opåverkade tektoniska linser inom de större skjuvzonerna. Dessa domäner och linser genomkorsas dock av uthålliga sprickzoner. Sådana zoner måste också undvikas. Detta innebär att gynnsamma områden utgörs av berggrundsblock mellan uthålliga sprickzoner inom regioner som inte är påverkade av plastisk skjuvdeformation och som uppfyller de andra villkoren noterade ovan.

Hallands län har, ur geologisk synvinkel, indelats i områden som bedöms olämpliga respektive lämpliga för vidare studier med syfte att lokalisera ett djupförvar för använt kärnbränsle, se Figur 23. I de områden där bedömningen sannolikt olämpligt och sannolikt lämpligt har gjorts saknas såväl modern berggrundsgeologisk information i skala 1:50 000 som flyggeofysisk information. Modern jordartsgeologisk information i skala 1:50 000 saknas också delvis i dessa områden. Bedömningen baseras i sådana områden huvudsakligen på äldre geologiskt material och är mer osäker. Områden som bedömts som olämpliga har utökats med en ca 1 km bred randzon för att undvika att olämpliga områden på grund av osäker gränsdragning klassificeras som lämpliga. Någon rangordning mellan intressanta områden är inte möjlig på grundval av befintligt material.

Bedömning i länet baseras på undersökningsområdets förutsättningar med avseende på berggrundens sammansättning och tolkade deformationszoner. Några metalliska mineralfyndigheter (malm) har inte noterats i länet och någon pågående prospektering förekommer inte. Generellt kan konstateras att frekvensen jordskalv som har registrerats under historisk tid är förhöjd inom länet men inga säkra indikationer av sen- eller postglaciala rörelser orsakade av äldre jordskalv har dokumenterats. Jordtäckets sammansättning och mäktighet samt de hydrogeologiska förhållandena har i denna skala inte legat till grund för att gradera områden med olika geologiska förutsättningar. Detaljerade undersökningar, exempelvis förstudier av enskilda kommuner och platsundersökningar, krävs för att slutgiltigt identifiera berggrundsblock som uppfyller ovannämnda förutsättningar och andra krav som ställs på ett djupförvar.

De områden som ur geologisk synvinkel bedömts vara **olämpliga** eller **sannolikt olämpliga** för vidare undersökning är följande:



Figur 23. Översiktlig bedömning ur geologisk synvinkel av berggrundens lämplighet för vidare undersökning i Hallands län.

- Flera plastiska skjuvzoner med N-S- och ONO-lig riktning i de centrala och nordliga delarna av länet. Dessa zoner bildades under högt tryck och hög temperatur men har senare reaktiverats under lägre tryck och temperatur.
- Området i den sydligaste delen av länet, inkluderande delar av Hallandsåsen, som genomsetts av ett flertal diabasgångar med NV-lig strykning och delvis täcks av fanerozoiska bergarter. Den fanerozoiska lagerföljden ovanpå urberget är upp till ca 100 m mäktig och sedimentära bergarter ligger i en förkastningsbetingad urbergssänka. Vidare finns i området förkastningszoner tillhörande den s.k. Tornquistzonen. Förkastningarna har varit aktiva senare än för ca 65 miljoner år sedan, d.v.s. de är sett i ett geologiskt perspektiv relativt unga. Området karaktäriseras också av stor jordmäktighet och förhöjd vattengenomsläpplighet.

Områden vilka tolkats som **lämpliga** eller **sannolikt lämpliga** för vidare undersökning utgör större delen av länet. Berggrunden inom dessa områden består av skilda typer av gnejser samt mindre omvandlade graniter och associerade djupbergarter. Inom de områden som tolkats som lämpliga eller sannolikt lämpliga har regionalt betydande plastiska deformationszoner inte kunnat påvisas. Som tidigare påpekats är det berggrundsblocken vilka ligger mellan de uthålliga sprickzonerna och stråken av isälvsavlagringar som kan bli aktuella för lokalisering av ett djupförvar. Det är viktigt att notera koncentrationen av isälvsavlagringar som utgör grundvattentillgångar av regional betydelse i de södra delarna av länet.

Stenindustrin är en betydande tillgång för Hallands län och stenbrott förekommer i ett mycket stort antal även inom de områden som nu definierats som potentiellt gynnsamma. Nyttostensförekomster medför dock ingen ökad risk för intrång på det djup som är aktuellt för ett djupförvar och den långsiktiga säkerheten påverkas inte heller på annat sätt. Särskild hänsyn kan ändå behöva tas vid lokaliseringen av djupförvarets ovanjordsdel för att möjliggöra ett framtida nyttjande av denna resurs.

Om mer detaljerade undersökningar skulle bli aktuella i de gynnsamma områden i länet bör, på grund av länets förhöjda frekvens av registrerade jordskalv, kompletterande studier göras avseende jordskalvens betydelse för ett djupförvar. Dessutom bör berggrundens homogenitet inom alla de områden som eventuellt blir föremål för fortsatta undersökningar noggrant studeras.

Förekomst och utsträckning av områden som är av intresse för vidare undersökning har definierats utifrån ett översiktligt och delvis ofullständigt underlag. Som redan påpekats krävs stegvis mer detaljerade undersökningar för att med säkerhet avgöra om ett område är geologiskt lämpligt för ett djupförvar. Det kan förväntas att potentiellt gynnsamma områden som framkommer i en mer detaljerad studie är mindre och mera väldefinierade än de större, mera generaliserade områden som länsöversikten ger. Mer detaljerade undersökningar kan i vissa fall komma att påvisa ogynnsamma förhållanden i områden som har bedömts som lämpliga i denna studie. På samma sätt kan detaljerade undersökningar identifiera gynnsamma förhållanden i delar av länet som inte bedöms som lämpliga i länsundersökningen. Resultatet av den utförda länsstudien visar endast inom vilka områden det i första hand bedöms meningsfullt att påbörja mer detaljerade undersökningar.

10 Referenser

- 1 **La Pointe, P., Wallman, P., Thomas, A. & Follin, S., 1997:** A methodology to estimate earthquake effects on fractures intersecting canister holes. SKB TR 97-07, 1-61.
- 2 **Stephens, M.B., Wahlgren, C.-H. & Weihed, P., 1994:** Karta över Sveriges berggrund, skala 1:3 000 000. Sveriges geologiska undersökning, Ba 51.
- 3 **Jonasson, C., 1996:** Landet. *I:* S. Helmfrid (red.), *Sveriges Geografi*. — Sveriges Nationalatlas, 16-41.
- 4 **Aastrup, M., Engqvist, P., Müllern, C.-F. & Söderholm, H., 1994:** Grundvattnet. *I:* C. Fredén (red.), *Berg och Jord*. — Sveriges Nationalatlas, 154-171.
- 5 **Aastrup, M., Thunholm, B., Johnson, J., Bertills, U. & Berntell, A., 1995:** Grundvattnets kemi i Sverige. Naturvårdsverket, rapport 4415, 1-52.
- 6 **Lundqvist, T., Bygghammar, B., Stephens, M.B., Beckholmen, M. & Norling, E., 1994:** Sveriges berggrund i skala 1:1 250 000. *I:* C. Fredén (red.), *Berg och jord*. — Sveriges Nationalatlas.
- 7 **Wikman, H. & Bergström, J., 1987:** Beskrivning till provisoriska översiktliga berggrundskartan Malmö. Sveriges geologiska undersökning, Ba 40, 1-42.
- 8 **Samuelsson, L., Larson, S.-Å., Åhäll, K.I., Lundqvist, I., Brouzell, J. & Berglund, J., 1988:** Beskrivning till provisoriska översiktliga berggrundskartan Borås. Sveriges geologiska undersökning, Ba 41, 1-32.
- 9 **Lundqvist, I. & Wik, N.-G., 1998:** Industriella mineral och bergarter i Hallands län. Sveriges geologiska undersökning. Rapporter och meddelanden 96, 1-150.
- 10 **Samuelsson, L., 1982:** Beskrivning till berggrundskartan Kungsbacka NO. Sveriges geologiska undersökning, Af 124, 1-100.
- 11 **Lundqvist, I., 1997:** Beskrivning till berggrundskartan Kungsbacka SO. Sveriges geologiska undersökning, Af 187, 1-88.
- 12 **Wikman, H. & Bergström, J., 1987:** Beskrivning till berggrundskartan Halmstad SV. Sveriges geologiska undersökning, Af 133, 1-79.
- 13 **Åhäll, K.-I., Persson, P.-O. & Skiöld, T., 1995:** Westward accretion of the Baltic Shield: implications from the 1.6 Ga Åmål-Horred Belt, SW Sweden. *Precambrian Research* 70, 235-251.
- 14 **Quensel, P., 1951:** The charnockite series of the Varberg district on the southwestern coast of Sweden. *Mineralogi och geologi*. Kungliga Svenska Vetenskapsakademien, Band 1, Nr 10, 227-333.

- 15 **Hubbard, F.H., 1975:** The Precambrian crystalline complex of south-western Sweden. The geology and petrogenetic development of the Varberg region. Geologiska Föreningens i Stockholm Förhandlingar 97, 223-236.
- 16 **Talbot, C.J. & Heeroma, P., 1989:** Cover/basement relationships in the SW Swedish gneisses near Varberg. Geologiska Föreningens i Stockholm Förhandlingar 111, 105-119.
- 17 **Park, R.G., Åhäll, K.I. & Boland, M.P., 1991:** The Sveconorwegian shear-zone network of SW Sweden in relation to Mid-Proterozoic plate movements. Precambrian Research 49, 245-260.
- 18 **Åhäll, K.-I., 1995:** Crustal units and the role of the Mylonite Zone system in the Varberg-Horred region, SW Sweden. GFF 117, 185-198.
- 19 **Berglund, J., 1997:** Mid-Proterozoic evolution in south-western Sweden. Doktorsavhandling A15. Institutionen för geovetenskaper, Geovetarcentrum, Göteborgs universitet, 1-17.
- 20 **Möller, C., Andersson, J., Söderlund, U. & Johansson, L., 1997:** A Sveconorwegian deformation zone (system?) within the Eastern Segment, Sveconorwegian orogen of SW Sweden - a first report. GFF 119, 73-78.
- 21 **Bergström, J., Holland, B., Larsson, K., Norling, E. & Sivhed, U., 1982:** Guide to excursions in Scania. Sveriges geologiska undersökning, Ca 54, 1-95.
- 22 **Ahlin, S., 1987:** Phanerozoic faults in the Västergötland basin area, SW Sweden. Geologiska Föreningens i Stockholm Förhandlingar 109, 221-227.
- 23 **Lidmar-Bergström, K., 1993:** Denudation surfaces and tectonics in the southernmost part of the Baltic Shield. Precambrian Research 64, 337-345.
- 24 **Fredén, C., 1983:** Beskrivning till jordartskartan Kungsbacka NO. Sveriges geologiska undersökning, Ae 34, 1-125.
- 25 **Påsse, T., 1986:** Beskrivning till jordartskartan Kungsbacka SO. Sveriges geologiska undersökning, Ae 56, 1-106.
- 26 **Påsse, T., 1988:** Beskrivning till jordartskartan Varberg SO/Ullared SV. Sveriges geologiska undersökning, Ae 86, 1-98.
- 27 **Påsse, T., 1990:** Beskrivning till jordartskartan Varberg NO. Sveriges geologiska undersökning, Ae 102, 1-117.
- 28 **Påsse, T., 1993:** Beskrivning till jordartskartan Ullared SO. Sveriges geologiska undersökning, Ae 115, 1-70.
- 29 **Adriellsson, P. & Klingberg, F., 1989:** Beskrivning till jordartskartorna Kungsbacka NV och SV. Sveriges geologiska undersökning, Ae 95-96, 1-73.

- 30 **Mohrén, E. & Larsson, W., 1968:** Beskrivning till kartbladet Laholm. Sveriges geologiska undersökning, Aa 197, 1-123.
- 31 **Caldenius, C., Larsson, W., Mohrén, E., Linman, G. & Tullström, H., 1966:** Beskrivning till kartbladet Halmstad. Sveriges geologiska undersökning, Aa 198, 1-138.
- 32 **De Geer, G., 1893:** Beskrifning till geologisk jordartskarta öfver Hallands län. Sveriges geologiska undersökning, C 131, 1-38.
- 33 **Fredén, C., 1994:** Jordarterna. I: C. Fredén (red.), *Berg och jord*. — Sveriges Nationalatlas, 104-119.
- 34 **Påsse, T., 1992:** A Late Pleistocene sequence at Holmagärde, southwestern Sweden. Sveriges geologiska undersökning, Ca 81, 241-248.
- 35 **Påsse, T., Robertsson, A.-M., Miller, U. & Klingberg, F., 1988:** A Late Pleistocene sequence at Margreteberg, southwestern Sweden. *Boreas* 17, 141-163.
- 36 **Klingberg, F., 1997:** A record of the Eemian transgression maximum at Gåsa-kulla, southwestern Sweden. *Geologiska Föreningens i Stockholm Förhandlingar* 119, 267-373.
- 37 **Fernlund, J.M.R., 1990:** An introduction to the "Halland Advance" - the Fennoscandian Ice Sheet or an ice cap? Department of Quaternary Geology University of Lund, Report 32, 41-46.
- 38 **Mörner, N.-A., 1969:** The Late Quaternary History of the Kattegatt Sea and the Swedish West Coast. Sveriges geologiska undersökning, C 640, 1-487.
- 39 **Påsse, T., 1983:** Havsstrandens nivåförändringar i norra Halland under Holocen tid. Göteborgs universitet, Geologiska institutionen A 45, 1-174.
- 40 **Påsse, T., 1987:** Shore displacement during the Late Weichselian and Holocene in the Sandsjöbacka area, SW Sweden. *Geologiska Föreningens i Stockholm Förhandlingar* 109, 197-210.
- 41 **Påsse, T., 1996:** Lake-tilting investigations in southern Sweden. SKB Technical Report 96-10, 1-34.
- 42 **Påsse, T., 1996:** A mathematical model of the shore level displacement in Fennoscandia. SKB Technical Report 96-24, 1-92.
- 43 **Ekman, M., 1996:** A consistent map of the postglacial uplift of Fennoscandia. *Terra Nova* 8, 158-165.

- 44 **Werner, M., 1974:** Flintförekomsterna på svenska västkusten. Göteborgs universitet, Naturgeografiska Institutionen, Rapporter 7, 1-145.
- 45 **Lidmar-Bergström, K., 1982:** Pre-Quaternary geomorphological evolution in southern Fennoscandia. Sveriges Geologiska Undersökning, C 785, 1-202.
- 46 **Påsse, T., 1992:** Erratic flint along the Swedish west coast. Geologiska Föreningens i Stockholm Förhandlingar 114, 271-278.
- 47 **Engdahl, M., Samuelsson, L., Lundqvist, I. & Bengtsson, S., 1994:** Inventeringar av naturgrus och krossberg i Hallands län. Länsstyrelsen i Hallands län. Miljövårdsenheten 1994-23, 1-404.
- 48 **Lundqvist, J. & Lagerbäck, R., 1976:** The Pärve Fault: A lateglacial fault in the Precambrian of Swedish Lapland. Geologiska Föreningens i Stockholm Förhandlingar 98, 45-51.
- 49 **Lagerbäck, R., 1979:** Neotectonic structures in northern Sweden. Geologiska Föreningens i Stockholm Förhandlingar 100, 263-269.
- 50 **Mörner, N.-A., 1978:** Faulting, fracturing, and seismicity as functions of glacioisostasy in Fennoscandia. *Geology* 6(1), 41-45.
- 51 **Mörner, N.-A., 1979:** Earth movements in Sweden, 20 000 BP to 20 000 AP. Geologiska Föreningens i Stockholm Förhandlingar 100, 279-286.
- 52 **Mörner, N.-A., 1979:** The Fennoscandian Uplift and Late Cenozoic Geodynamics: Geological Evidence. *GeoJournal* 3.3, 287-318.
- 53 **Muir Wood, R., 1993:** A review of the seismotectonics of Sweden. SKB TR 93-13, 1-225.
- 54 **Karlqvist, L., de Geer, J., Fogdestam, B. & Engqvist, P., 1985:** Beskrivning och bilagor till hydrogeologiska kartan över Hallands län. Sveriges geologiska undersökning, Ah 8, 1-73.
- 55 **SGU, 1994:** Grundvattnet i Sverige. Sveriges geologiska undersökning, Ah 17 (karta, 1:1 miljon).
- 56 **SMHI, 1995:** Sveriges Vattensystem. I: B. Raab & H. Vedin (red.), *Klimat, sjöar och vattendrag*. — Sveriges Nationalatlas, 116-123.
- 57 **Carlsson, L. & Carlstedt, A., 1977:** Estimation of transmissivity and permeability in Swedish bedrock. *Nordic Hydrology* 8, 103-116.
- 58 **SKB, 1992:** SKB 91. Slutlig förvaring av använt kärnbränsle. Berggrundens betydelse för säkerheten.

BILAGA A

GEOLOGISK ORDLISTA

Förklaringarna bygger i huvudsak på ordlistan i Sveriges Nationalatlas, Band 12, Berg och jord, ordlistan i Bengt E H Loberg: Geologi, 4:e upplagan samt TNC 86 Geologisk ordlista.

Albit. Natriumrik plagioklasfältspat.

Alkalin bergart. Magmatisk bergart karakteriserad av hög halt av natrium och kalium i förhållande till kisel och aluminium.

Alkalinitet. Förmåga hos vatten att binda syror.

Amfibol. En grupp av silikater med prismatisk kristallform. De viktigaste mineralen i gruppen är hornblände och aktinolit-tremolit.

Amfibolit. Metamorf bergart bestående av huvudsakligen amfibol och plagioklas.

Anatektisk. Bildad genom uppsmältning av äldre bergarter.

Andalusit. Aluminiumsilikat.

Andesit. Intermediär vulkanisk bergart som domineras av plagioklas och mörka mineral t.ex. hornblände, pyroxen, biotit.

Anomali. Lokal avvikelse.

Antiform. En ryggformad upphöjning som uppkommit genom veckning av en lagerserie. Motsats till synform.

Antropogen. Orsakad eller påverkad av människan.

Aplit. Finkornig, granitisk bergart med låg halt av mörka mineral. Uppträder vanligtvis som gångar.

Arenit (sandsten). Sedimentär bergart med kornstorlek 0,06-2 mm.

Argillit. Finkornig sedimentär bergart som bildats ur lera och silt.

Arkos. Sandsten som innehåller minst 25% fältspatfragment.

Aureol. Område med speciell karaktär kring en bergartsintrusion.

Axialplan. Se veckaxelplan.

Baltiska Issjön. En av flera isdämda sjöar som bildades i nuvarande Östersjö-området i samband med inlandsisens avsmältning. Baltiska Issjön dränerades för ca 11 200 år sedan.

Bandning. Omväxlande mer eller mindre parallella lager med olika färg, kornstorlek, mineralsammansättning osv.

Basalt. Basisk vulkanisk bergart.

Basisk bergart. Bergart med 45-52 viktprocent SiO₂.

Bergart. Sammanhållet aggregat av ett eller vanligen flera mineral.

Bentonit. Mjuk, plastisk lera.

Biotit. Mörkt glimmermineral.

Blyglans. Sulfidmineral. Blyglans är det viktigaste blymineralet.

Breccia. Bergart som består av kantiga bitar i en mer finkornig mellanmassa.

Böljeslagsmärke. Symmetrisk, vågliknande struktur i sediment bildad genom vattnets vågrörelser över sedimenten.

Charnokit. Granit som innehåller mineralen ortopyroxen (en pyroxen med rombisk kristallstruktur).

Cordierit. Ett silikatmineral vanligt i metamorfa bergarter.

Dacit. Intermediär vulkanisk bergart som domineras av plagioklas, kvarts och mörka mineral.

Deformationszon. En svaghetszon i berggrunden utefter vilken berggrunden på ömse sidor rört sig i förhållande till varandra.

Diabas. En gångbergart som bildar mer eller mindre branta skivor i berggrunden.

Diabasgång. Se diabas.

Diamantborrning. Undersökningsborrning med diamantsatt borrkrona. Borrningen syftar till att ta upp en serie prov, borrkärna, av berggrunden.

Digital. Representation av data med hjälp av siffror.

Diorit. Intermediär djupbergart som domineras av plagioklas och mörka mineral.

Diopsid. Se pyroxen.

Diskordans. Avbrott i en lagerserie där lagren över och under avbrottet bildar vinkel mot varandra.

Dissemination. Spridd fördelning i bergart av ett eller flera mineral.

Djupbergart. Magmatisk bergart som kristalliserat (stelnat) i djupare delar av jordskorpan.

Dolomit. Bergart huvudsakligen bestående av mineralet dolomit (Kalcium-magnesiumkarbonat).

Drumlin. I inlandsisens eller glaciärs rörelseriktning utsträckt elliptisk rygg, huvudsakligen bestående av morän.

Eem. Värmeperioden före Weichsel-istiden.

Epicentrum. Punkt på jordytan belägen rakt ovanför en jordbävningens centrum.

Epidot. Ett mossgrönt vattenhaltigt silikat med kalcium, aluminium och järn. Mineralet är vanligt som sprickfyllnad

Erosion. Nednötning. Den process vid vilken material på jordytan lösgörs och förs bort av vatten, rörlig is, vind eller vågor.

Fanerozoikum. Geologisk tidsålder, yngre än 545 miljoner år.

Fennoskandiska skölden. Urbergsområde som omfattar Sverige med undantag av fjällkedjan och

sydvästra Skåne, större delen av Finland, nordvästra Ryssland och delar av Sydnorge.

Finmo. Jordart med kornstorleken 0.02-0.06 mm.

Flygsand. Sand avlagrad av vinden.

Flyttblock. Stora av inlandsisen transporterade block.

Formlinjer. Linjer som markerar en trend. Strukturella formlinjer visar trenden av planstrukturer i berggrunden. Magnetiska konnektioner länkar ihop magnetiska anomalier som bedöms representera strukturella trender.

Fossil. Förstenade lämningar efter djur och växter.

Fältspat. Sammanfattande namn för en grupp bergartsbildande mineral. De viktigaste är kalifältspat och plagioklas.

Förskiffring. Planstruktur i en bergart definierad av parallellorientering av mineralkorn. Bildad under högt tryck och temperatur.

Förkastning. En spricka eller sprickzon parallellt med vilken berggrunden har rört sig.

Gabbro. Basisk djupbergart som består av mineralen plagioklas, pyroxen, hornblände och i vissa fall även olivin.

Glacial. Istid. Betecknar även företeelser och bildningar relaterade till en inlandsis.

Glaciation. Nedisning.

Glimmer. Silikat som kristalliserar i bladiga eller fjälliga former. Vanligast är biotit och muskovit.

Gnejs. Högmetamorf bergart med mer eller mindre välutvecklad planstruktur, ofta också med bandning.

Gnejsgranit. Omvandlad (förgnejsad) granit.

Granat. Sammanfattande namn för en grupp av silikatmineral med kubisk kristallform och varierande sammansättning.

Granatådergnejs. Granatförande ådergnejs.

Granit. Djupbergart bestående av huvudsakligen mineralen kvarts, fältspat, glimmer och/eller hornblände.

Granitoid. Samlingsnamn för kvartsrika djupbergarter, dvs granit, granodiorit, tonalit.

Grus. Jordart med kornstorlek 2-20 mm.

Granodiorit. En sur djupbergart som domineras av kvarts och fältspat. Plagioklas dominerar över kalifältspat.

Gråvacka. Sandsten med varierande kornstorlek och 15 % eller mer lerigt material.

Gyttjelera. Jordart (lera) med 2-6 % organiskt material.

Gångbergart. En magmatisk bergart i form av en skiva. Utgör sprickfyllnader och har vanligen bildats i övre delen av jordskorpan.

Hematit. Järnoxidmineral.

HK = Högsta Kustlinjen

Hornblände. Se amfibol.

Hybridbergart. Blandbergart.

Hydraulisk konduktivitet. En jord- eller bergarts förmåga att släppa igenom vatten.

Hyperitdiabas. Svart diabas som vanligen innehåller två pyroxener och järnoxidpigmenterad plagioklas.

Högsta Kustlinjen. Den högsta nivå dit havet nådde i samband med den senaste isavsmältningen. Denna ligger olika högt i skilda delar av landet bl.a. beroende på hur stor landhöjningen varit.

Ignimbrit. Vulkanisk bergart avlagrad av ett pyroklastiskt flöde.

Ignimbritstruktur. Struktur i ignimbrit vari pimpstens- och andra fragment kraftigt plattats ut.

Illit. Glimmerliknande lermineral.

Inlandsis. Ismassa som täcker stora delar av en kontinent.

Interglacial. Tiden mellan två istider.

Intermediär bergart. Bergart med 52-65 viktprocent SiO₂.

Interstadial. Tiden mellan två kallare perioder inom samma istid.

Intrusiv. Magmatisk bergart som trängt in i och stelnat i jordskorpan som massiv eller som gångar.

Isostasi. Jämviktstillstånd i jordskorpan.

Isräffla. Repa i fast berg orsakad av block eller sten som transporterats i undre delen av inlandsisen.

Isälvsavlagring. Se isälvsediment.

Isälvsediment. Sediment som transporterats av isälvar och smältvattenströmmar för att sedan avlagras vid isfronten i samband med avsmältningen.

Jordart. Lösa avlagringar på jordytan.

Jordskorpa. Den yttersta delen av jordklotet, ned till 5-10 km under oceanerna och till ca 35 km under kontinenterna.

Kalcit. Kalciumkarbonat. Huvudmineral i kalksten.

Kalifältspat. En kaliumrik fältspat.

Kalksten. Bergart bestående av i huvudsak kalcit.

Kame. Kulle med markanta sidor eller oregelbunden rygg, huvudsakligen uppbyggd av isälvsediment i kontakt med inlandsis.

Kaolinit. Ett lermineral. Se kaolin.

Kaolin. Grå eller vit lera huvudsakligen bestående av kaolinit.

Kaxborrning. Undersökningsborrning i berg utan att något prov i form av borrkärna erhålles (jfr diamantborrning). Det finkorniga material som bildas vid borrningen kallas borrkax. Kaxet kan studeras på olika sätt och ge information om berggrunden i borrhålet.

Klorit. Glimmerliknande, vanligen grönt, silikatmineral.

Koboltglans. Ett silvervitt kobolthaltigt sulfidmineral.

Konduktivitet. Elektrisk ledningsförmåga hos vatten.

Konglomerat. Sedimentär bergart som består av rundade stenar i en oftast sandig eller grusig mellanmassa.

Kopparkis. Ett kopparsulfidmineral. Det i Sverige viktigaste mineralet för utvinning av koppar.

Kraton. Konsoliderad och stabil del av den kontinentala jordskorpan.

Kratonisering. Konsolidering och stabilisering av jordskorpan.

Krossbreccia. Bergart bildad genom mycket kraftig spröd deformation. Består av kantiga fragment i en finkornig mellanmassa.

Kuddlavestruktur. Kuddliknande struktur i basisk bergart, bildad genom att lava flutit ut på havsbotten.

Kvarts. Kiseldioxid (SiO_2).

Kvartsit. Mycket hård, kvartsrik, sedimentär bergart.

Kvartärtid. Den senaste geologiska tidsperioden, vilken omfattar tiden från ca 2 milj år sedan till nutid.

Landhöjning. Höjning av landytan i förhållande till havsytan.

Laumontit. Silikatmineral bildat genom omvandling av fältspat.

Lava. Magma som trängt ut på jordytan.

Leptit. Äldre beteckning, särskilt i Bergslagen, på en omvandlad sur vulkanisk bergart (metavulkanit)

Lera. Jordart med kornstorlek < 0.002 mm.

Lermineral. Olika grupper av mineral som bygger upp leriga sediment.

Lervarvsmätningar. Studier av varvig lera. Ett varv motsvarar avsättningen under ett år.

Lineament. Rak eller svagt böjd långsträckt struktur.

Läsidesmorän. Moränrygg avsatt längs med isrörelseriktningen. I allmänhet sydost om en håll.

Magma. Smält berg.

Magmatisk bergart. Bergart bildad ur en bergarts-smälta (magma).

Magnetisk susceptibilitet (magnetiserbarhet). Parameter som beskriver ett geologiskt materials magnetiska egenskaper.

Magnetiska konnektioner. Se formlinjer.

Magnetiskt lineament. Rak eller svagt böjd långsträckt struktur som kan ses på en magnetisk karta.

Magnetit. Magnetiskt mineral (järnoxid). Viktigt mineral för utvinning av järn.

Magnitud. Mått på styrkan av en jordbävning.

Malm. En mineralkoncentration som är ekonomiskt brytvärd.

Mantel. Den del av jordklotet som ligger under jordskorpan, ned till ca 2 900 m djup.

Marmor. Genom metamorfos omkristalliserad kalksten eller dolomit.

Massformig. Slumpmässig fördelning och orientering av mineralen i en bergart.

Meta- Prefix som används framför bergartsnamn för att indikera omvandlad karaktär (t.ex. metavulkanit). Jämför metamorfos.

Metabasit. Omvandlad basisk bergart.

Metamorf. Omvandlad.

Metamorfos. Den omvandling som en bergart genomgår när den utsätts för ändrat tryck och/eller ändrad temperatur.

Metasedimentär bergart. Omvandlad, ursprungligen sedimentär bergart.

Metavulkanisk bergart. Omvandlad, ursprungligen vulkanisk bergart.

Metavulkanit. Omvandlad, ursprungligen vulkanisk bergart.

Migmatit. Bergart bildad genom delvis uppsmältning och rekristallisation av äldre berggrund.

Migmatitgranit. Granit bildad genom uppsmältning av äldre berggrund.

Migration. Vandring. Exempelvis ett ämnes rörelse i ett medium.

Mikroklin. En varietet av kalifältspat. Ett av de vanligaste bergartsbildande mineralen.

Mineral. Fast, oorganisk substans som är definierad genom sin kemiska sammansättning och kristallsymmetri.

Mjåla. Jordart med kornstorlek 0.002-0.02 mm.

Mo. Jordart med kornstorlek 0.02-0.2 mm.

Monzodiorit. En intermediär djupbergart som innehåller fältspat och mörka mineral. Plagioklas dominerar över kalifältspat.

Monzonit. En intermediär djupbergart som innehåller huvudsakligen kalifältspat och plagioklas. Kvartsförande varianten kallas kvartsmonzonit.

Morän. Jordart som avlagrats av inlandsisen. Moränen har varierande sammansättning av block, sten, grus, sand, mo, mjåla och ler.

Moränbacklandskap. Kuperad terräng av morän.

Muskovit. Ljust glimmermineral.

Mylonit. Finkornig bergart bildad genom mycket stark plastisk deformation.

Mylonitzonen. En starkt mylonitiserad zon i Sydvästsveriges gnejsberggrund.

Nefelin. Ett fältspatliknande mineral rikt på natrium.

Nefelinsyenit. Intermediär alkalisk djupbergart som domineras av kalifältspat, nefelin och mörka mineral.

Neosom. Nybildat (rekristalliserat) material i en migmatit.

Neotektonik. Unga tektoniska rörelser i jordskorpan.

Norit. Basisk djupbergart.

Olivin. Järn-magnesiumsilikat som främs förekommer i basiska bergarter.

Ordovicisk. Från den tidsperiod ca 495-443 miljoner år sedan som benämns ordovicium.

Orogen. Se orogent bälte.

Orogen bälte. Vanligen långsmalt område av jordskorpan inom vilket bergskedjebildning sker eller har skett.

Orogenes. Bergskedjebildning.

Ortofoto. En bild av marken där hela bilden gjorts skalriktig.

Paleosom. Rester av moderbergarten i en migmatit.

Pechblände. Uranmineral.

Pegmatit. En grovkristallin granitisk bergart som vanligen bildar gångar eller mindre massiv.

Peneplan. En utbredd flack, relativt jämn berggrundsytta bildad genom långvarig erosion.

Permeabel. Genomsläpplig.

pH. Surhetsgrad hos vatten.

Pimpsten. Ljus, porös, pyroklastisk bergart.

Plagioklas. En fältspat rik i sodium och kalcium.

Plastisk deformation. Deformation vid vilken berggrunden reagerar plastiskt, dvs betar sig som en trögflytande massa. Vid denna deformation bildas t ex plastiska skjuvzoner med kraftig förskiffring och linjärstruktur.

Plastisk skjuvzon. Se plastisk deformation.

Plattekonik. Modell som beskriver jordskorpan uppdelning i plattor och hur plattorna rör sig.

Porfyr. Bergart som karaktäriseras av att enskilda större kristaller (strökorn) ligger spridda i en finkornig mellanmassa (matrix).

ppm. Parts per million. "en miljondel" Vanligt sätt att uttrycka låga halter. Jfr procent = "en hundraedel"

Postglacial. Efter istiden (post=efter)

Prehmit. Silikatmineral.

Prekambrium. Geologisk tidsålder, äldre än 545 miljoner år.

Primorogen. Se tidigorogen.

Protoginjonen. En ungefär nord-sydlig zon från Skåne till norra Värmland. Den östra begränsningen av den svekonorvegiska orogenen.

Pyroklastisk bergart. Bergart bestående av brottstycken och andra partiklar bildade som ett direkt resultat av vulkanism.

Pyroklastiskt flöde. En kraftigt upphettad blandning av vulkaniska gaser och utbrottsprodukter. Flyter som laviner nedför vulkansidorna.

Pyroklastiskt fall. Nedfall av vulkaniska utbrottsprodukter från luften.

Pyroxen. Mineralgrupp med prismatisk kristallform.

Radioaktivitet. Spontan sönderfall av ett radioaktivt ämne, ofta via en sönderfallskedja, till ett stabilt ämne. Vid sönderfallet utsänds olika typer av strålning

Radon. En färg- och luktlös radioaktiv ädelgas som bildas genom sönderfall av radium.

Randzon. Område där isfronten tidvis har stått stilla eller ryckt fram.

Rapakivigranit. Lättvitträd granit karakteriserad av större korn av kalifältspat klädda med tunna skal av plagioklas.

Refraktionsseismik. Geofysisk metod som utnyttjar seismiska vågors brytning (refraktion) i kontakten mellan olika media som t ex jord-berg i marken.

Regression. När havet successivt drar sig tillbaka med resulterande ökning av ett landområde. Motsats till transgression.

Resistivitet. (Elektriskt) motstånd.

Ryolit. Sur vulkanisk bergart (ytbergart) med granitisk sammansättning.

Rörelsebelopp. Mått på storleken av t ex en förkastning.

Sand. Jordart med kornstorlek 0,06-2.0 mm.

Sandsten. Se arenit.

Sandur. Sand- och grusavlagring bildad av smältvattenflöden från glaciär eller inlandsis.

Satellitdata. Mätningar, vanligen av elektromagnetisk strålning, gjorda från satelliter som cirklar runt jorden.

Sediment. Från luft, vatten eller is avlagrat fast material samt material som ackumulerats genom kemisk utfällning.

Sedimentgnejs. Gnejsomvandlad sedimentär bergart.

Sedimentär bergart. Till en bergart hopläkt sediment.

Seismicitet. Stöt vågor (jordskalv) i berg orsakade av elastiska vågor alstrade genom rörelser på relativt stort djup i jordskorpan.

Sen-glacial förkastning. Se neotektonik.

Serpentin. Grupp av vanligen gröna och vid beröring tvåaktigt glatta mineral. Vanligen bildade genom omvandling av t ex olivin och pyroxen.

Siljansringen. Rund struktur vid Siljan bildad vid meteoritnedslag.

Silikat. Kemisk förening mellan kisel (Si) och syre (O). Se även silikatmineral.

Silikatmineral. Den typ sv silikat som förekommer i naturen. Över 90 % av jordskorpan består av bergartsbildande silikatmineral, främst amfiboler, pyroxener, oliviner och kvarts.

Sillimanit. Aluminiumsilikat.

Silt, -ig. Jordart med kornstorlek 0,002-0,06 mm.

Skarn. Äldre svensk benämning på mineral som hör ihop med med järn- och sulfidmalmer. Det ofyndiga berget inom en malmförekomst.

Skjuvdeformation. Deformation vid vilken rörelser har skett inom och mellan berggrundsblocken.

Skjuvzon. Ett linjärt berggrundsområde som kännetecknas av intensiv deformation.

Skolla, skollkomplex. Ett bergartspaket som skjutits fram över den underliggande berggrunden längs en flack yta.

Sköl. Zon med svagare berg än omgivningen.

Slira. Ett oregelbundet slingrande parti i en bergart.

Smektit. Ett lermineral. Viktig beståndsdel i bentonit.

Susceptibilitet. En bergarts förmåga att magnetiseras.

Spektralmätning. Strålningsmätning som till skillnad från totalmätning mäter strålningen fördelad på olika våglängder.

Sprickzon. Se spröd deformation.

Spröd deformation. Deformation vid vilken berggrunden reagerar genom uppsprickning. Vid denna deformation bildas enskilda sprickor och ansamlingar av sprickor till sk sprickzoner.

Stadial. Kallare period under en istid, när inlandsisen tillväxer.

Stratigrafiska (undersökningar).

Undersökningar som syftar till att utreda bergarternas inbördes åldersförhållanden.

Stromatoliter. Skiktade kupolformade strukturer i kristallin kalksten troligtvis bildade av alger.

Strukturella formlinjer. Se formlinjer.

Strykning. Riktning av en planstruktur (t.ex. förskiffring, sprickzon, bergartskontakt).

Stupning. Vinkel som en planstruktur (t.ex. förskiffring, sprickzon, bergartskontakt) bildar med horisontalplanet.

Subkambriska peneplanet. Ett peneplan (jämn berggrundsytta) som hade bildats innan för 545 miljoner år sedan.

Subvulkanisk intrusion. En vulkanitliknande bergart som dock visar klart intrusivt uppträdande mot omgivande bergarter.

Sur bergart. Bergart med > 65 viktprocent SiO_2 .

Svallning. Vågornas eroderande verkan på en strand.

Svallsediment. Genom svallning frigjort material som sedan avsatts.

Syenit. Intermediär djupbergart som domineras av kalifältspat och mörka mineral. Kvartsförande varianten kallas kvartssyenit.

Synform. En trågformad sänka i jordskorpan. Motsats till antiform.

Tektonik. Den storskaliga uppbyggnaden av jordskorpan. Termen omfattar geologiska processer och strukturer relaterade till rörelser i berggrunden.

Tidigorogen. Beteckning på de äldsta djupbergarterna i en orogenes.

Tonalit. En sur djupbergart som domineras av kvarts och plagioklas.

Topografiskt lineament. Rak eller svagt böjd långsträckt struktur i naturen.

Torkspricka. Spricka uppkommen genom uttorkning av en finkornig sediment.

Tornquistzonen. En zon av förkastningar i nordväst-sydost mellan Svarta Havet och Nordsjön. Zonen går genom Skåne och markerar där sydvästra randen av den Baltiska skölden.

Torv. Organisk jordart som bildas genom nedbrytning av döda växt- och djurdelar.

Totalhårdhet. Sammanlagda halten av kalcium och magnesium i vatten.

Transgression. När havet successivt tränger in över ett landområde. Motsats till regression.

Tremolit. Se amfibol.

Tuff. Bergart bestående av bl a vulkanisk aska.

Tuffit. Bergart bestående av vulkanisk aska blandad med sediment.

Täljsten. Mjuk bergart som består av klorit och talk (ett magnesiumsilikat)

Ultrabasisisk bergart. Djupbergart med extremt låg (< 45 viktprocent) SiO_2 .

Units of radiation (ur). 1 ur motsvarar strålningen från 1 ppm uran i en bergart.

Ur. Se units of radiation.

Urbergssköld. Se kraton.

Urgranit. Äldre benämning på tidigorogena sura djupbergarter.

Veckaxelplan. Det plan som sammanbinder veckaxlarna för varje lager i en veckad bergartsserie.

Veckaxel. Omböjningslinjen för ett veck.

Veck. Böjd planstruktur i berg.

Vittring. Sönderdelning och omvandling av berg och jord genom mekaniska och kemiska processer.

VLF (Very Low Frequency) -mätning.

Elektromagnetisk mätmetod som kan användas för påvisning av brantstående kroppar eller strukturer med hög elektrisk ledningsförmåga.

Vulkanisk aska. Finkornig produkt vid vulkanutbrott.

Vulkanisk bergart. Bergart bildad genom vulkaniska processer.

Vulkanisk breccia. Vulkanisk bergart bestående av kantiga brottstycken större än 64 mm.

Vulkanisk process. Utströmning vid jordytan av magma, fragment, aska, gaser etc.

Vulkanit. Se vulkanisk bergart.

Weichsel-Istiden. Den senaste istiden i Sverige.

Ytbergart. Bergart bildad på eller nära jordens yta genom sedimentära eller vulkaniska processer.

Zinkblände. Ett gult, brunt eller svart diamantglänsande sulfidmineral (zinksulfid).

Ådergnejs. En form av migmatit med ådrig struktur.

Överskjutning. Den process vid vilken berggrundsskivor (skollor) skjuts upp över ursprungligen högre belägna lager.