

Översiktsstudie av Jämtlands län

(urbergsdelen)

Geologiska förutsättningar

Ildikó Antal, Stefan Bergman, Curt Fredén,
Jonas Gierup Lars Kristian Stølen, Bo Thunholm

Sammanställning och slutsatser

Michael Stephens och Rune Johansson

Sveriges Geologiska Undersökning (SGU)

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



ISSN 1402-3091
SKB Rapport R-99-25

Översiktsstudie av Jämtlands län (urbergsdelen)

Geologiska förutsättningar

Ildikó Antal, Stefan Bergman, Curt Fredén,
Jonas Gierup, Lars Kristian Stølen, Bo Thunholm

Sammanställning och slutsatser
Michael Stephens och Rune Johansson

Sveriges Geologiska Undersökning (SGU)

Juni 1999

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

INNEHÅLLSFÖRTECKNING i

1	Inledning	1
2	Viktiga geologiska faktorer vid lokaliseringen av ett djupförvar	1
3	Urbergsdelen av Jämtlands län i ett regionalt geologiskt perspektiv	5
	Berggrundsgeologi	5
	Jordartsgeologi och jordskalv	5
	Hydrogeologi	9
4	Bergarter och berggrundens homogenitet	9
	Ytbergarter	9
	Djupbergarter	12
	Gångbergarter	16
	Berggrundens homogenitet	16
5	Mineral- och bergartsresurser	17
	Översikt över mineral- och bergartsresurser	17
	Metalliska mineralresurser	17
	Icke-metalliska mineralresurser	18
	Nyttosten	18
	Pågående prospektering	18
	Potentiellt prospekteringsintressanta områden	18
6	Deformationszoner	20
	Definitioner och metodik	20
	Plastiska skjuvzoner	23
	Sprickzoner och förkastningar	23
	Berggrund påverkad av meteoritnedslag	23
	Deformationszoner i tid och rum	25
7	Nedisningar, jordarter, jorddjup samt sen- eller postglaciala rörelser i jordskorpan	25
	Nedisningar	25
	Isavsmältning	25
	Jordarter och jorddjup	26
	Sen- eller postglaciala rörelser i jordskorpan inkluderande jordskalv	29
8	Hydrogeologi	32
	Grundvattnets bildning och strömning	32
	Grundvattentillgångar	34
	Berggrundens genomsläpplighet	34
	Grundvattnets kemi	36
9	Geologiska förutsättningar för lokalisering av ett djupförvar	39
	Sammanfattande slutsatser	39
	Områden lämpliga för vidare undersökning	40
10	Referenser	44
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 urbergsdelen av Jämtlands 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 brunnsarkiv 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 över hälften av undersökningsområdet, se Figur 2. Moderna, detaljerade kartor i skala 1:50 000 eller 1:100 000 saknas i större delen av området, se Figur 2, men hela länet täcks av moderna länskartor för både berg och jord i skala 1:200 000. Omfattningen av länsöversikten har inte tillåtit hänsynstagande till detaljstudier i enskilda områden.

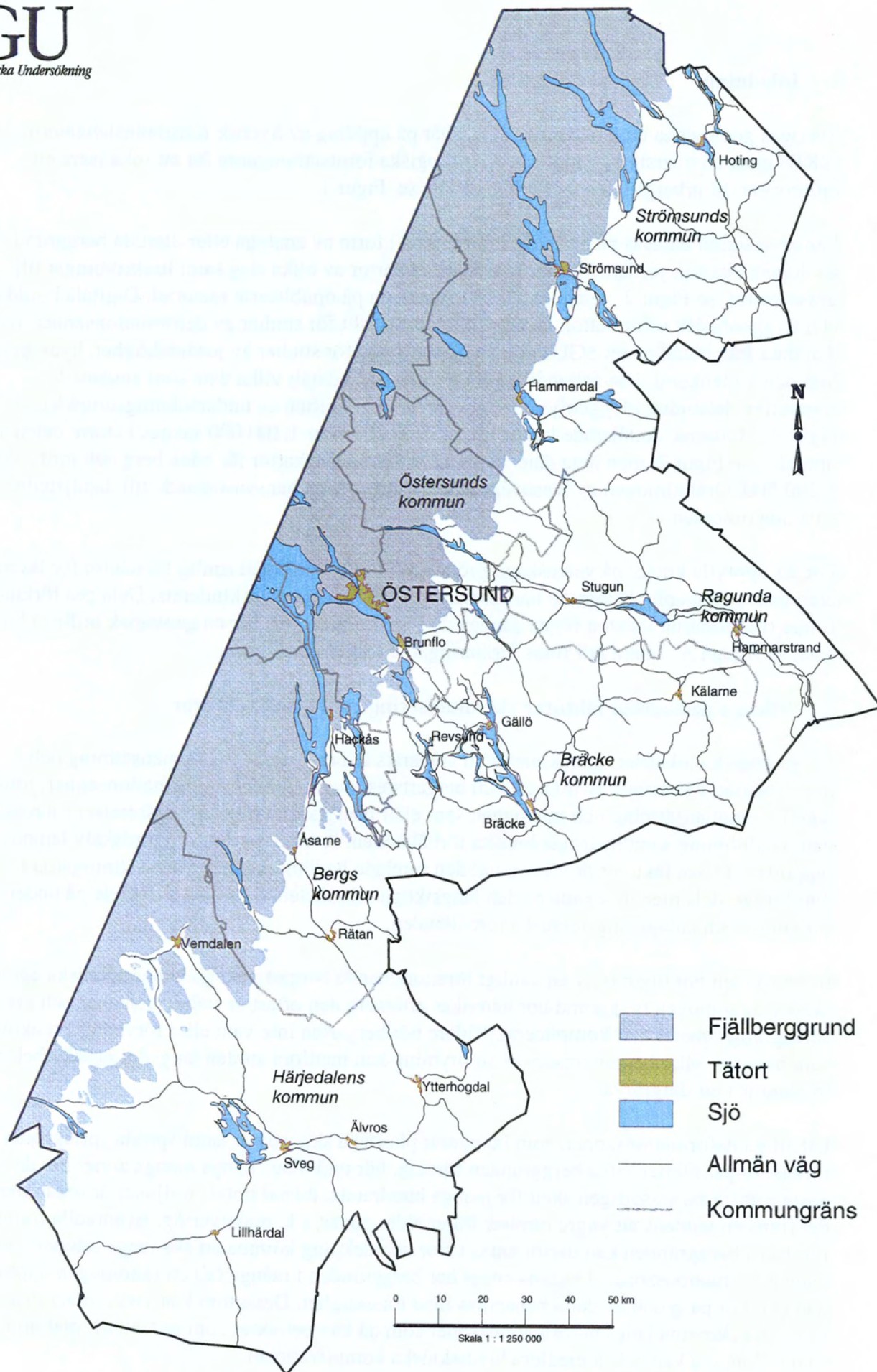
För att uppfylla kravet på vetenskaplig relevans kombinerad med rimlig förståelse för läsare utan geovetenskaplig bakgrund har förklaringar till facktermer inkluderats. Dels ges förklaringar till termerna i texten första gången de förekommer, dels har en geologisk ordlista bifogats, se Bilaga A. I flera 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 sådana zoner 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 malminresanta. Zonerna kan också medföra bergtekniska komplikationer.

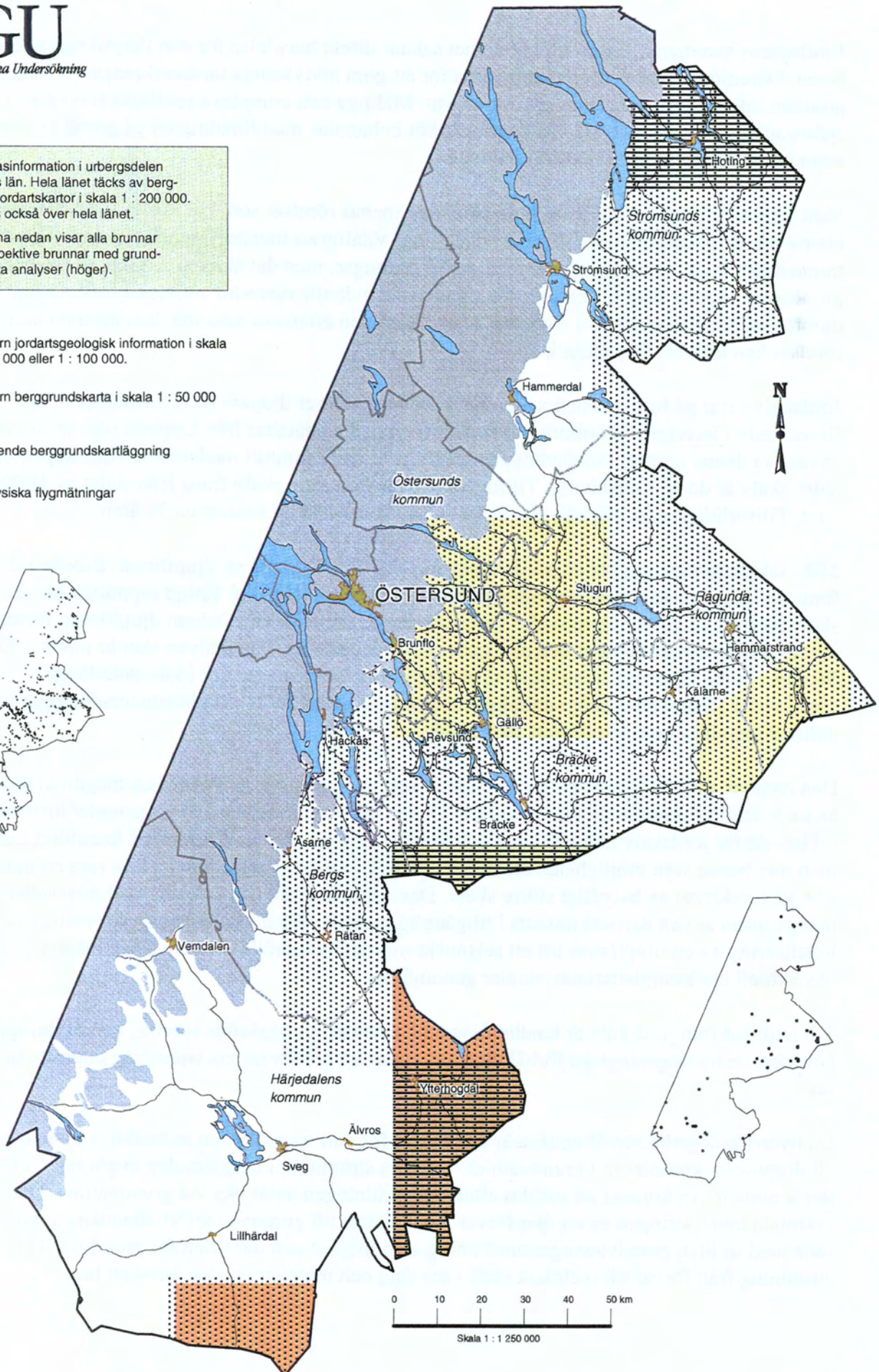


Figur 1. Urbergdelen av Jämtlands län, med kommuner, tätorter, sjöar och allmänna vägar

Karta över basinformation i urbergsdelen av Jämtlands län. Hela länet täcks av berggrunds- och jordartskartor i skala 1 : 200 000. Höjdata finns också över hela länet.

Insättskartorna nedan visar alla brunnar (vänster) respektive brunnar med grundvattenkemiska analyser (höger).

-  Modern jordartsgeologisk information i skala 1 : 50 000 eller 1 : 100 000.
-  Modern berggrundskarta i skala 1 : 50 000
-  Pågående berggrundskartläggning
-  Geofysiska flygmätningar



Figur 2. Karta över basinformation i urbergsdelen av Jämtlands län (sammanställning februari 1998). Grå färg indikerar fjällberggrund

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 bergrörelser 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. Försiktighet bör därför iakttas 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 Urbergsdelen av Jämtlands län i ett regionalt geologiskt perspektiv

Berggrundsgeologi

Huvuddelen av berggrunden i centrala Sveriges urberg bildades och omvandlades för ca 1900-1500 miljoner år sedan under och efter den s.k. svekokarelska orogenesisen (bergskedjebildningen), se Figur 3 /2/. Under denna period bildades magmatiska yt- och djupbergarter samt sedimentära bergarter. De bergarter som idag återfinns vid ytan är i växlande grad deformerade och omvandlade. Omvandling och deformation har skett på ca 10-15 km djup i jordskorpan och vid temperaturer i intervallet 400-800°C.

Berggrunden inom Jämtlands län utgörs av urberget i öster, som tillhör huvudsakligen den svekokarelska orogenen, och den yngre fjällberggrunden i väster, bildad under den s.k. kaledoniska bergskedjebildningen för ca 510-400 miljoner år sedan. Urbergsdelen kan indelas i en äldre nordlig del tillhörande den Bottniska bassängen, dominerad av metasedimentära bergarter och intruderad av olika djupbergarter, och en sydlig del med yngre, i huvudsak oomvandlade bergarter. Mellan dessa två områden finns ett komplext stråk med bl.a. metavulkaniska bergarter som har större utbredning i sydöstra Norrland och östra Svealand.

Bergarterna i urbergsdelen av länet utgörs till största delen av olika typer av granit som bildats under fyra skilda tidsperioder för mellan ca 1900 och 1500 miljoner år sedan. I underordnad omfattning förekommer basiska djupbergarter, metasedimentära bergarter (ca 1900 miljoner år), metavulkaniska bergarter (ca 1900 miljoner år) samt vulkaniska bergarter (ca 1700 miljoner år), sandsten, konglomerat och diabas. Prefixet "meta" betecknar att bergarten har genomgått omvandling (metamorfos).

Jämtlands län tillhör inte någon av Sveriges klassiska malmprovinser (som t.ex. Skelleftefältet). Ett antal fyndigheter av t.ex. zink, bly, silver, koppar, guld, uran, tenn, litium och volfram finns och vissa är föremål för prospektering. Ett fåtal undersökningstillstånd på guld, koppar och titan är beviljade inom länet.

Flera breda plastiska skjuvzoner i NV-lig riktning genomkorsar urbergsdelen av länet. De utgör en del av ett regionalt nätverk av plastiska skjuvzoner i centrala Sverige. Yngre, spröda deformationszoner (sprickzoner och förkastningar) följer i många fall de äldre plastiska zonerna, s.k. reaktivering, men bildar också egna system.

Jordartsgeologi och jordskalv

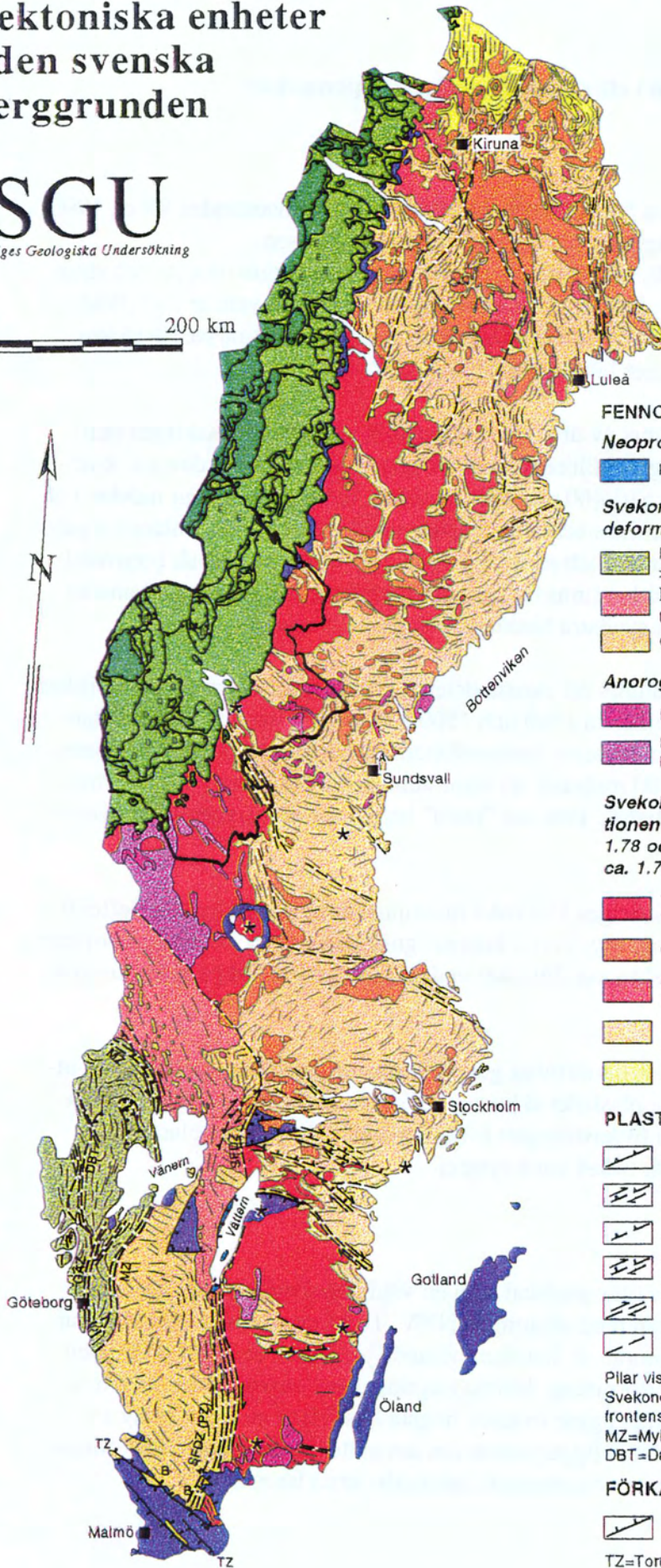
Urbergsdelen av Jämtlands län är i väster utbildad som en vågig bergkullterräng och i öster som ett storskaligt sprickdalslandskap med riktningen NNV. Tvärs dessa dalar skär älvdalar med i stort en O-V-lig sträckning. Morän är den dominerande jordarten, se Figur 4 /3/. Den har växlande sammansättning och utformning. Isälvsavlagringar och myrområden återfinns främst i den södra delen. Hela området ligger ovanför högsta kustlinjen med undantag av några dalgångar i östra delen. Hela länet ligger väster om det bälte där jordskalv förekommer mer frekvent, se Figur 5. Frekvensen av registrerade jordskalv inom länet är låg.

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=Eklorit, D=Diabas

FANEROZOISKA SEDIMENTÄRA OCH MAGMATISKA BERGARTER SAMT IMPAKTSTRUKTURER

- Fanerozoiska sedimentära bergarter och diabas
- B Jurassiska och kretaceiska basaltkupper
- A Underkambriskt alkalint magmatiskt komplex (Alnö)
- * 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 Protoginizonen, MZ=Mylonitizonen, GÄZ=Göta Älvzonen och DBT=Dalslandszonen

FÖRKASTNINGAR

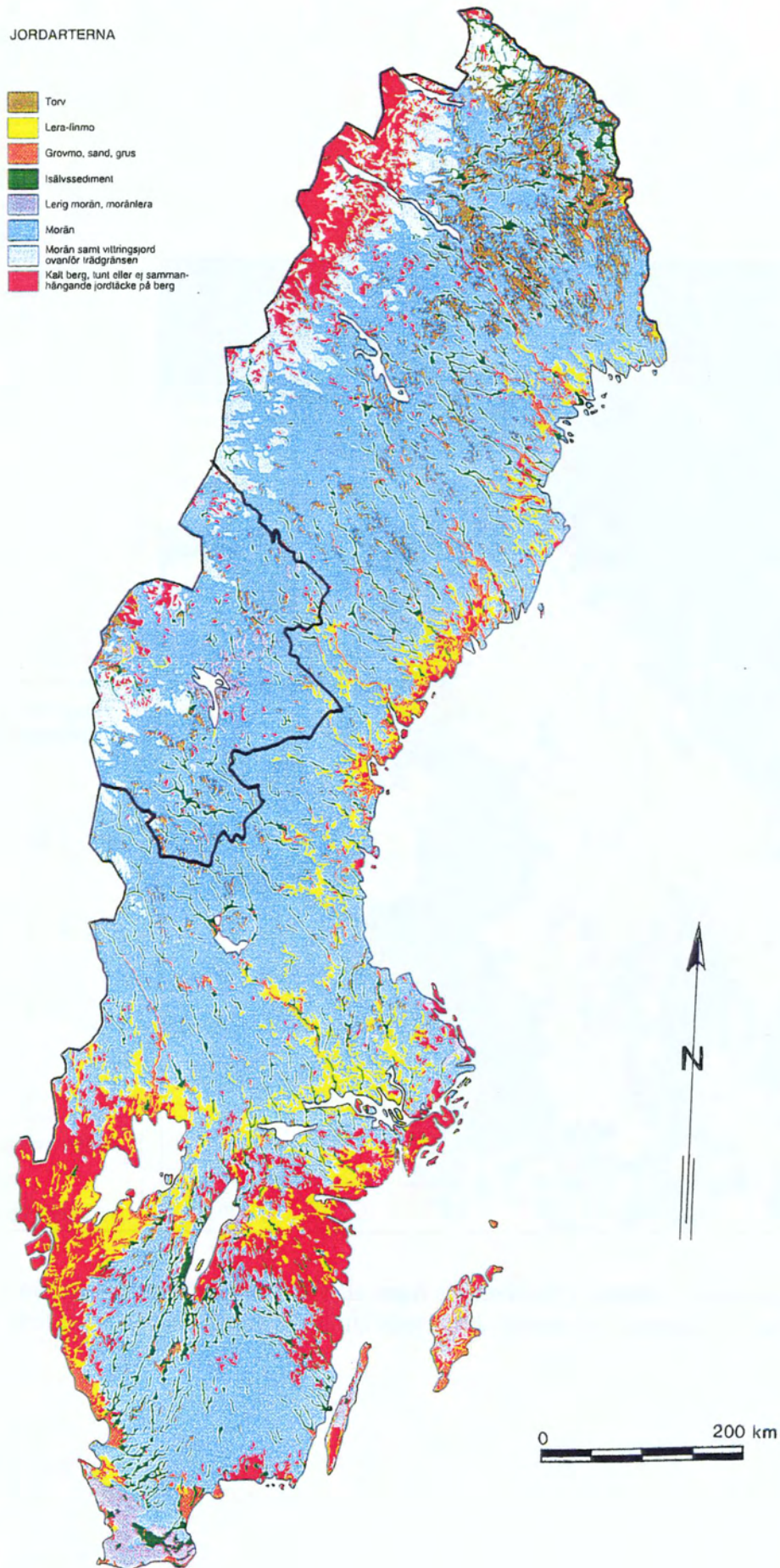
- Normalförkastning

TZ=Tornquistzonen

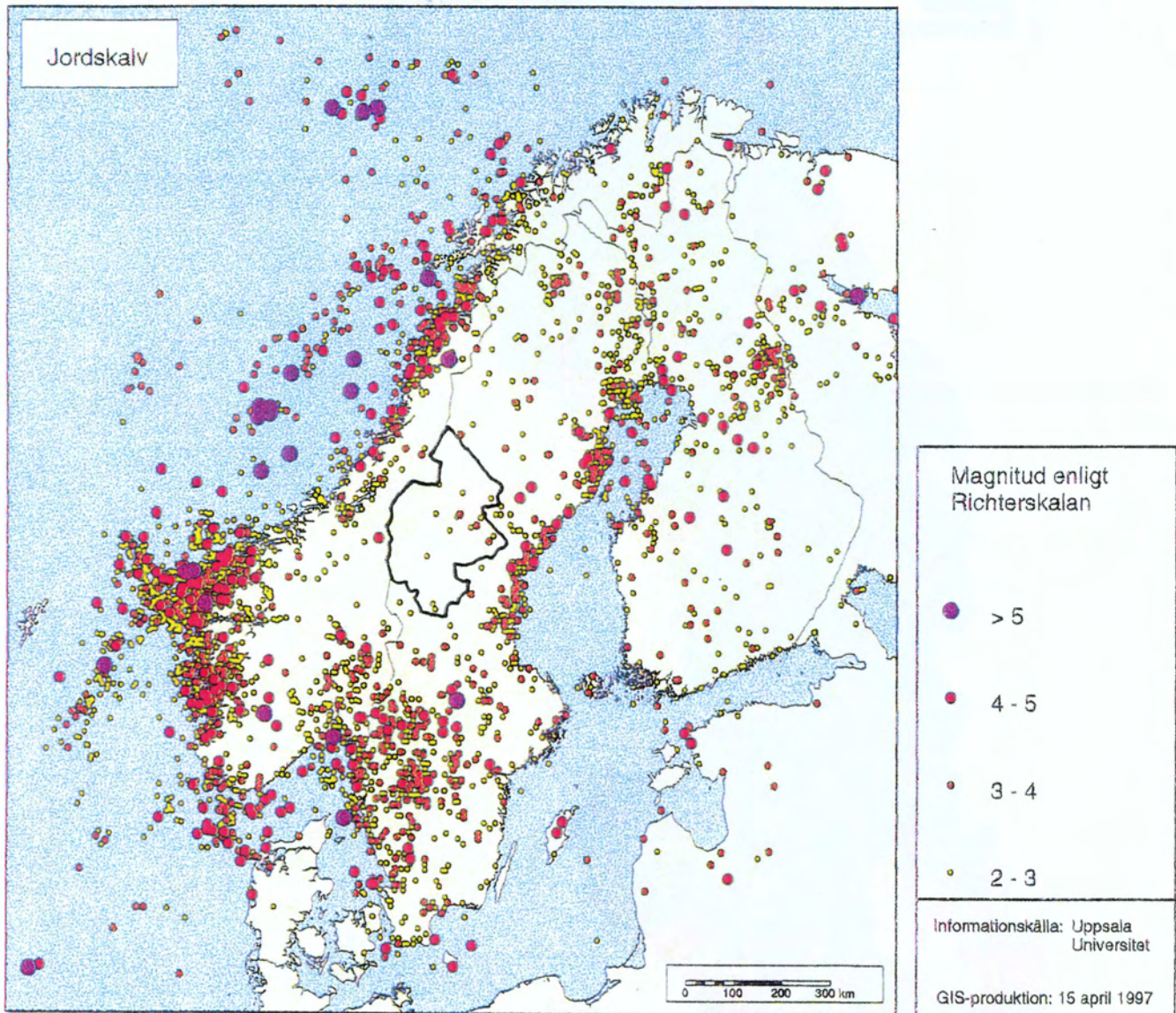
TMB*=Transskandinaviska magmatiska bältet
1 Ma=1 miljon år, 1 Ga=1000 miljoner år

Sammanställd av Michael B. Stephens, Carl-Henric Wahlgren och Pär Weihad, 1994

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



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

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. Urbergsdelen av Jämtlands län är förhållandevis högt belägen och har en kuperad terräng med morän som dominerande jordart. Stråken med sand- och grusavlagringar har oftast inte lika stora grundvattentillgångar som under högsta kustlinjen. Avlagringarna är dock tillräckligt betydande för att utgöra en resurs för den allmänna vattenförsörjningen. Berggrundsvattnet utgör en viktig tillgång för den enskilda vattenförsörjningen.

4 Bergarter och berggrundens homogenitet

Berggrunden inom urbergsdelen av Jämtlands län redovisas översiktligt i Figur 8, hämtad från Lundqvist m.fl /6/. Den första beskrivningen av länets berggrund gjordes av Högbom /7, 8/. Endast ett fåtal moderna berggrundskartor i skala 1: 50 000 finns att tillgå över delar av undersökningsområdet /9, 10, 11, 12/. Den följande beskrivningen av bergarter i urbergsdelen av länet grundar sig huvudsakligen på information hämtad från dessa kartor, den senaste länskartan över Jämtlands län /13/ med beskrivning /14/ och länskartan med beskrivning över Västernorrlands län /15/. Berggrundskartering pågår för närvarande i södra delen av Bräcke kommun (H. Delin och S. Aaro), i området Bräcke/Häggenås (L. Lundqvist, I. Antal och L. Karis) och i Ragunda kommun (L. Lundqvist och I. Antal). Fotografier på några av länets vanligaste bergarter visas i Figur 9. I ett område söder om Brunflo är berggrunden påverkad av ett meteoritnedslag.

Ytbergarter

Undersökningsområdets ytbergarter domineras av metasedimentära bergarter medan metavulkaniska bergarter är underordnade. Tillsammans med dessa förekommer också mindre inlagringar och sliror av skarn. Dessa ytbergarter bildades för ca 1900 miljoner år sedan och är i många områden starkt deformerade, omvandlade och genomsatta av kvarts-fältspatådror. I länets södra del finns vulkaniska bergarter (ca 1700 miljoner år) och sandsten (ca 1500-1250 miljoner år), s.k. Dalasandsten.

Metavulkaniska bergarter

De metavulkaniska bergarterna domineras av sura (kvartsrika) och skiktade bergarter som sällan utgör några arealmässigt större enheter (gul färg på kartan i Figur 8). De har sina största utbredningsområden längs länsgränsen öster om Rätan och Ytterhogdal. Strökorn av fältspat och kvarts förekommer på vissa ställen. Basiska metavulkaniska bergarter (metabasalt, ljusgrön färg på kartan i Figur 8) finns på ett par ställen öster om Ytterhogdal, söder om Hackås samt söder om Brunflo. De är i allmänhet utbildade som finkorniga amfiboliter.

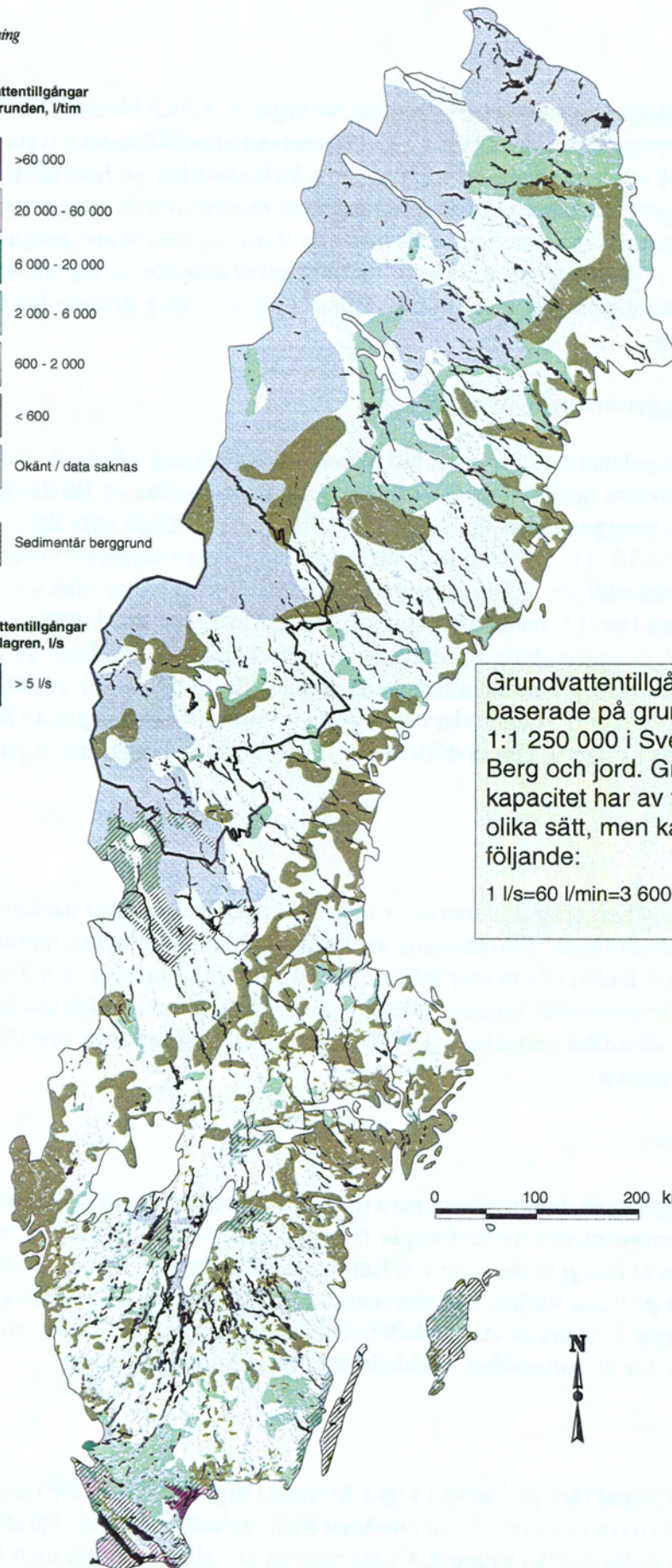
Vulkaniska bergarter

Vulkaniska bergarter (ljusgul färg på kartan i Figur 8) finns längst i sydväst. De utgörs huvudsakligen av fältspatporfyriska ryoliter, i vissa områden med ignimbritstruktur. Färgen är ofta röd men kan även vara rödbrun eller brungrå. Grundmassan är i allmänhet tät, men har på

Grundvattentillgångar
i berggrunden, l/tim



Grundvattentillgångar
i jordlagren, l/s

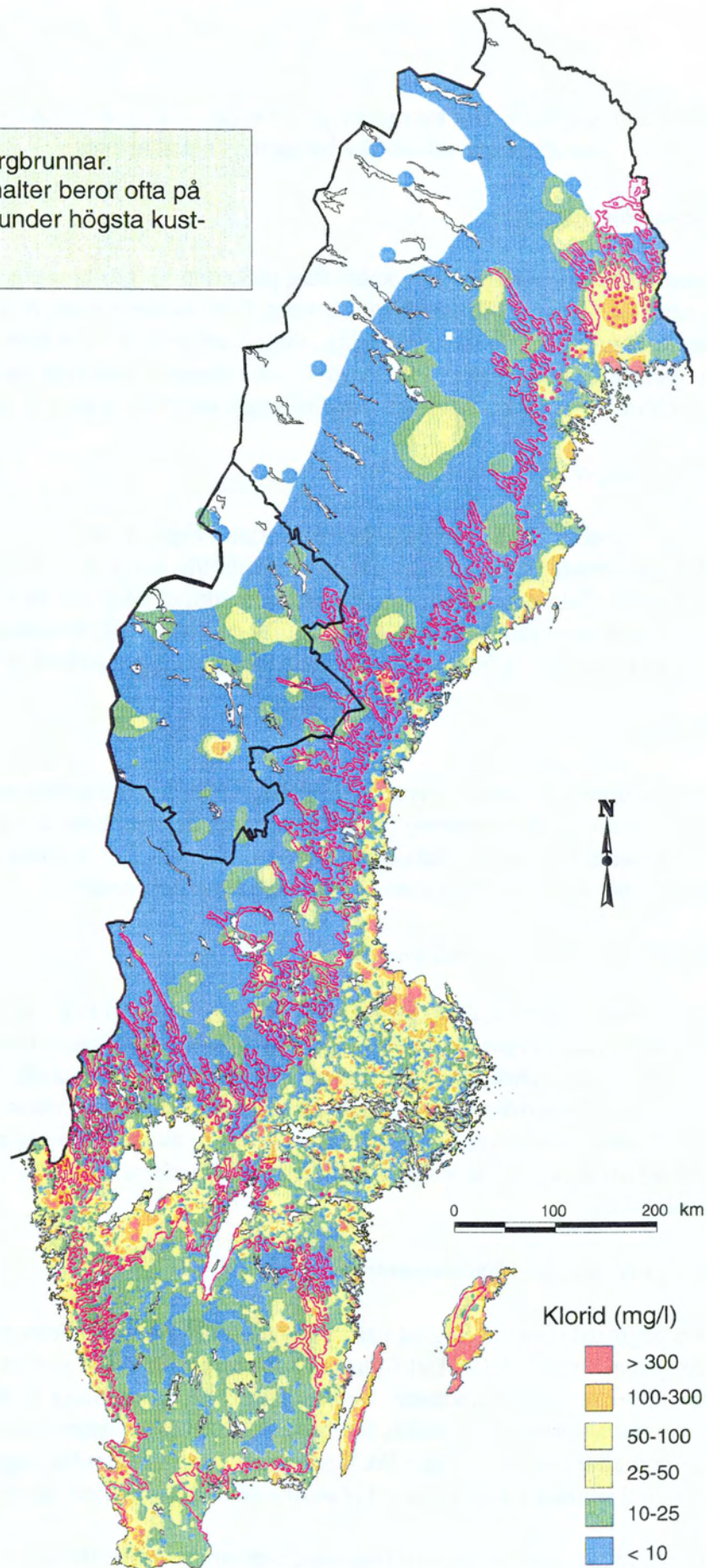


Grundvattentillgångar i jord och berg, baserade på grundvattenkartan i skala 1:1 250 000 i Sveriges Nationalatlas, Berg och jord. Grundvattentillgång och kapacitet har av tradition angivits på olika sätt, men kan lätt omräknas enligt följande:

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

Figur 6. Grundvattentillgångar i jord och berg i Sverige. Jämtlands 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. Jämtlands län är markerat med en svart linje och högsta kustlinjen med en röd linje

vissa håll makroskopiskt tydlig kornighet och övergår i s.k. granit- eller syenitporfyr. I mindre omfattning finns intermediära vulkaniska bergarter, främst andesit.

Metasedimentära bergarter

De metasedimentära bergarterna (ljus blå färg på kartan i Figur 8) utgör en betydande komponent i centrala delen av Jämtlands läns urberg. Dominerande typer är argillitiska (glimmerrika) bergarter och metagråvackor, vilka vanligtvis är utbildade som ådergnejser, se Figur 9a. Ådringen definieras av ljusa kvarts- och fältspatdominerade lager omväxlande med mörkare, glimmerrika skikt. Kvartsrika sedimentgnejser finns främst norr om Ytterhogdal.

Sedimentära bergarter

Sedimentära bergarter (ljus brungrön färg på kartan i Figur 8) återfinns i sydvästra delen av undersökningsområdet och utgörs av sandsten (Figur 9b) och konglomerat. De tillhör en sekvens, den s.k. Dalasandstenen, som har stor utbredning längre söderut och är upp till 800 m mäktig. Sedimenten avsattes under jotnisk tid, för ca 1500-1250 miljoner år sedan. Nära Hammarstrand finns en ca 5 m bred gång av sandsten (troligen jotnisk) i Rapakivigranit /16/.

Djupbergarter

Djupbergarter utgörs av starkt omvandlade granitoid- och gabbrointrusioner (ca 1890-1870 miljoner år), granit av Revsundstyp (ca 1800 miljoner år), pegmatit och granit av Härnötyp (ca 800 miljoner år), granit av Dala-Rätantyp (ca 1700 miljoner år) samt granit av Rapakivityp (ca 1500 miljoner år) associerad med syenit, gabbro och anortosit.

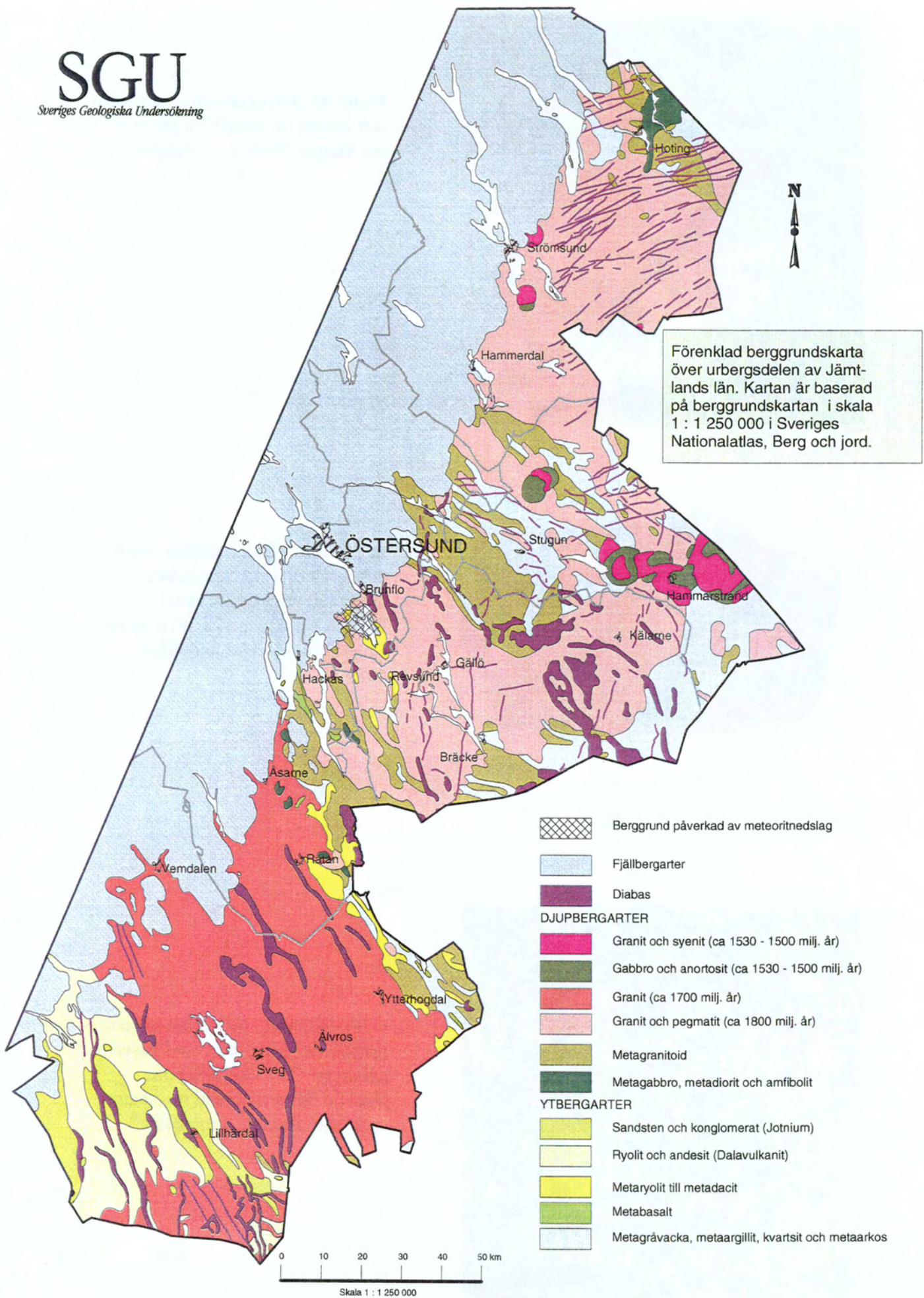
Djupbergarter ca 1890-1870 miljoner år

De äldsta djupbergarterna indelas i metagranitoider (brun färg i Figur 8) och metagabbro till metadiorit (grön färg i Figur 8). Granitoiderna karaktäriseras vanligtvis av betydande gnejsighet och varierar i sammansättning från granit och granodiorit till tonalit (Figur 9c). De förekommer allmänt i undersökningsområdets centrala och nordligaste delar. Granit och granodiorit med fältspatögon är vanliga. Den största kroppen av medelkornig metagabbro finns vid Hoting. Magmatisk lagring är vanlig i detta massiv. Huvudmineralen är plagioklas, pyroxen, amfibol och biotit.

Granit och pegmatit (ca 1800 miljoner år)

Granit och pegmatit (ljusröd färg på kartan i Figur 8) upptar stora delar av undersökningsområdets centrala och norra delar. Det finns två huvudtyper av i stort sett likåldriga intrusioner med olika utseende och uppträdande. Den som har störst utbredning är den s.k. Revsundsgniten som karaktäriseras av rikligt förekommande flera centimeter stora fältspatögon, i en medelkornig mellanmassa, se Figur 9d. Gniten är massformig eller uppvisar en planstruktur genom parallellordnade fältspatögon. I plastiska skjuvzoner är den starkt förskiffrad.

Den andra granittypen är medel- till finkornig och jämnkornig (Härnötyp) och är associerad med gångar av pegmatit som även bildar egna större massiv. Karakteristiskt är även ett betydande inslag av fragment av de omgivande bergarterna.



Figur 8. Förenklad berggrundskarta över urbergsdelen av Jämtlands län



Figur 9a. Metagråvacka med ådror och gångar av granit. 10 km norr om Stugun. Foto: L. Lundqvist.



b. Sandsten (Dalasandsten) med delvis sandfyllda vågmärken Grimsjöremmet, Lillhärdal. Bildens bredd motsvarar ca 22 cm. Copyright: Per H. Lundegårdh, 1982.



c. Medelkornig, delvis lätt gnejsig granodiorit till tonalit med basiska enklaver. Ca 13 km SSO om Brunflo. Bildens bredd motsvarar ca 25 cm. Foto: T. Lundqvist.



Figur 9d. Granit (Revsundsgranit) med upp till 4 cm stora strökorn av fältspat. Bildens bredd motsvarar ca 11 cm. Ca 5 km väster om Revsund. Foto: L. Lundqvist.



e. Granit av Rapakivityp. Mullnäset, ca 12 km sydost om Strömsund. Myntet är 2,5 cm i diameter. Foto: U.B. Andersson.



f. Diabas, Lövhussåsen, Lillhärdal. Bildens bredd motsvarar ca 11 cm. Copyright: Per H. Lundegårdh, 1982.

Granit (ca 1700 miljoner år)

Den södra delen av länet utgörs huvudsakligen av s.k. Rätanggranit med en ålder av ca 1700 miljoner år. Graniten är vanligen medelkornig och har, i likhet med Revsundsgraniten, flera centimeter stora fältspatögon. Massivet med Rätanggranit är homogent i stora drag. Underordnade bergarter som ingår är bl.a. jämnkornig granit och monzonit. Längst i söder finns granit av Dalatyp, som är jämnkornig eller porfyrisk och associerad med syenit och monzonit.

Djupbergarter ca 1530-1500 miljoner år

De yngsta djupbergarterna utgörs av ett flertal intrusioner av s.k. Rapakivgranit och besläktade bergarter i Hammarstrand- och Strömsundområdena samt norr om Stugun. Det största området finns kring Hammarstrand (Ragundamassivet) och består av en äldre svit med anortosit, gabbro och kvartsgabbro och en yngre svit med fayalitförande syenit, kvartssyenit, hornbländegranit, biotitgraniter, granitporfyr samt sura och basiska gångbergarter /16/. De övriga områdena består av granit (Figur 9e), syenit och gabbro i varierande proportioner /17/.

Gångbergarter

Basiska intrusioner i form av branta gångar och flacka lagergångar finns av flera generationer. De äldsta gångarna består i allmänhet av amfibolit. De har sällan någon större bredd och visas inte i Figur 8. Flackt liggande diabas (s.k. Turingediabas, ca 1800-1700 miljoner år, lila färg på kartan i Figur 8) finns vid länsgränsen öster om Rätan. Den yngsta diabasgenerationen (ca 1250 miljoner år), se Figur 9f, är den viktigaste och förekommer i ett flertal områden i urbergsdelen av länet (lila färg på kartan i Figur 8), både som gångar och lagergångar. Diabasen är karakteristiskt högmagnetisk och är lätt igenkännbar på flygmagnetiska kartan. I söder dominerar gångar i riktning NNV och lokalt finns monzonit associerad med dessa diabaser. I de centrala delarna av länet utgör lagergångar av diabas en viktig komponent i berggrunden, särskilt i östra delen av Bräcke kommun. En omfattande svärm av diabasgångar i riktning ONO genomsätter berggrunden längst i norr och en mindre svärm finns nordväst om Hammarstrand. Kring Stugun finns gångar i flera olika riktningar.

Gångar och mindre massiv av pegmatit finns på många ställen i länets äldre berggrund. Förutom pegmatit med enkel granitisk mineralogi finns typer med t.ex. flusspat, turmalin eller beryll. Lokalt förekommer anrikning av litium-tenn-tantalmineral och volframmineralet scheelit.

Berggrundens homogenitet

Berggrunden är sällan helt homogen över större områden och inhomogeniteter kan förekomma i form av t.ex. gångbergarter och inneslutningar. Generellt sett är områden med djupbergarter mer homogena jämfört med områden med ytbergarter.

De metasedimentära bergarterna är i hållskala vanligtvis mycket inhomogena till följd av sammansättningsvariationer och ådring. Den generellt uppträdande ådringen gör dock att bergarten i ett större perspektiv (100 m skala) ofta kan betraktas som relativt homogen. Starkt omvandlad äldre berggrund med särskilt stort inslag av pegmatit finns i norra delen av Ragunda kommun. Områden rika på pegmatitgångar uppträder annars relativt jämnt fördelade i länet och det finns få större områden utan gångar. Förekomst av bl.a. gångar och mindre

kroppar av amfibolit orsakar särskilt heterogen berggrund i ett NNV-ligt stråk mellan Brunflo och Ytterhogdal. Graniterna i länet framstår till övervägande del som homogena. Lokalt förekommer dock betydande inslag av pegmatitgångar eller fragment av sidoberget i anslutning till vissa graniter.

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, och så används begreppet också i denna rapport. 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 andra bergarter. Industriella mineral och nyttosten kan uppträda i alla berggrundsmiljöer. Krossberg av god kvalitet kan erhållas från såväl djup- som ytbergarter.

Information om gruvor och bergtäkter i urbergsdelen av Jämtlands län har huvudsakligen hämtats från beskrivningarna till länskartorna över Jämtlands och Västernorrlands län /14, 15/, en sammanställning av Statens Industriverk /18/, Nyttosten i Sverige /19/, en inventering av kvarts- och fältspatförekomster i Sverige /20/, samt SGUs register över bergtäkter som är baserat på uppgifter från länsstyrelsen. Uppgifter om pågående prospektering kommer från Bergmästarämbetet via SGUs Mineralkontor i Malå.

Översikt över mineral- och bergartsresurser

Det fåtal kända malmfyndigheter som finns i urbergsdelen av Jämtlands län utgörs huvudsakligen av sulfidmalmer knutna till omvandlade ytbergarter. För närvarande pågår ingen malmbrytning. I ett fåtal områden är dock tillstånd beviljade för prospektering efter guld, koppar och titan. Vidare finns ytterligare några områden där ansökan om undersökningstillstånd har inlämnats. Kvarts och fältspat har tidigare brutits i ett antal stenbrott, liksom granit som monumentsten. Den enda utvinning som sker idag är produktion av krossberg.

Metalliska mineralresurser

De metalliska mineralresurserna av betydelse i urbergsdelen av Jämtlands län förekommer huvudsakligen i anslutning till ytbergartsstråket mellan Hackås och öster om Ytterhogdal (Storsjön-Edsbynskjuzonen, se kapitel 6), samt i sydöstra delen av Ragunda kommun. Den största sulfidförekomsten är Tjärnberget, ca 11 km söder om Hackås. Malmen består av zinkblände med pyrit, magnetkis och blyglans. Både kompaktmalm och disseminerat finns och sidoberget består av olika metavulkaniska och metasedimentära bergarter. Öster och nordost om Tjärnberget finns några mindre sulfidförekomster. Andra mindre sulfidfyndigheter med bl.a. koppar och silver finns norr och öster om Ytterhogdal, samt med silver och bly sydost om Sveg.

Förekomster av guld i metagråvacka finns vid Nynäsberget, ca 25 km SSO om Hammarstrand. Dessa är för närvarande föremål för prospektering. I Hotinggabbron i norr har man funnit för-

höjda halter av platinagruppens element. Ett antal uranfyndigheter lokaliserades under prospekteringskampanjer under 1960- och 70-talen. Fyndigheterna ligger i länets centrala del. I mellersta Norrland var pegmatiter anrikade på bl.a. tenn, litium och volfram föremål för omfattande undersökning främst under 1980-talet. Många sådana pegmatiter med komplex mineralsammansättning finns i Räggenområdet, 15-20 km OSO om Bräcke.

Icke-metalliska mineralresurser

Produktion av kvarts och fältspat från pegmatiter har skett i flera brott i Bräcke kommun under 1950- och 60-talen. Det största brytningen skedde vid Aborrselet där 19 000 ton kvarts och 10 000 ton fältspat uttogs. Rosenkvarts har brutits vid Mossbodarna sydost om Rätan. Vid Bosundet söder om Hoting har en mindre mängd kvarts uttagits ur pegmatit. För närvarande sker ingen produktion inom länet. En grafitfyndighet finns ca 20 km sydost om Kälarne.

Nyttosten

Brytning av granit av Rapakivityp som monumentsten skedde kring sekelskiftet i Ragunda- och Strömsundsområdena. Uttag av krossberg sker idag på några ställen, främst av granit i centrala delen av Jämtlands läns urberg.

Pågående prospektering

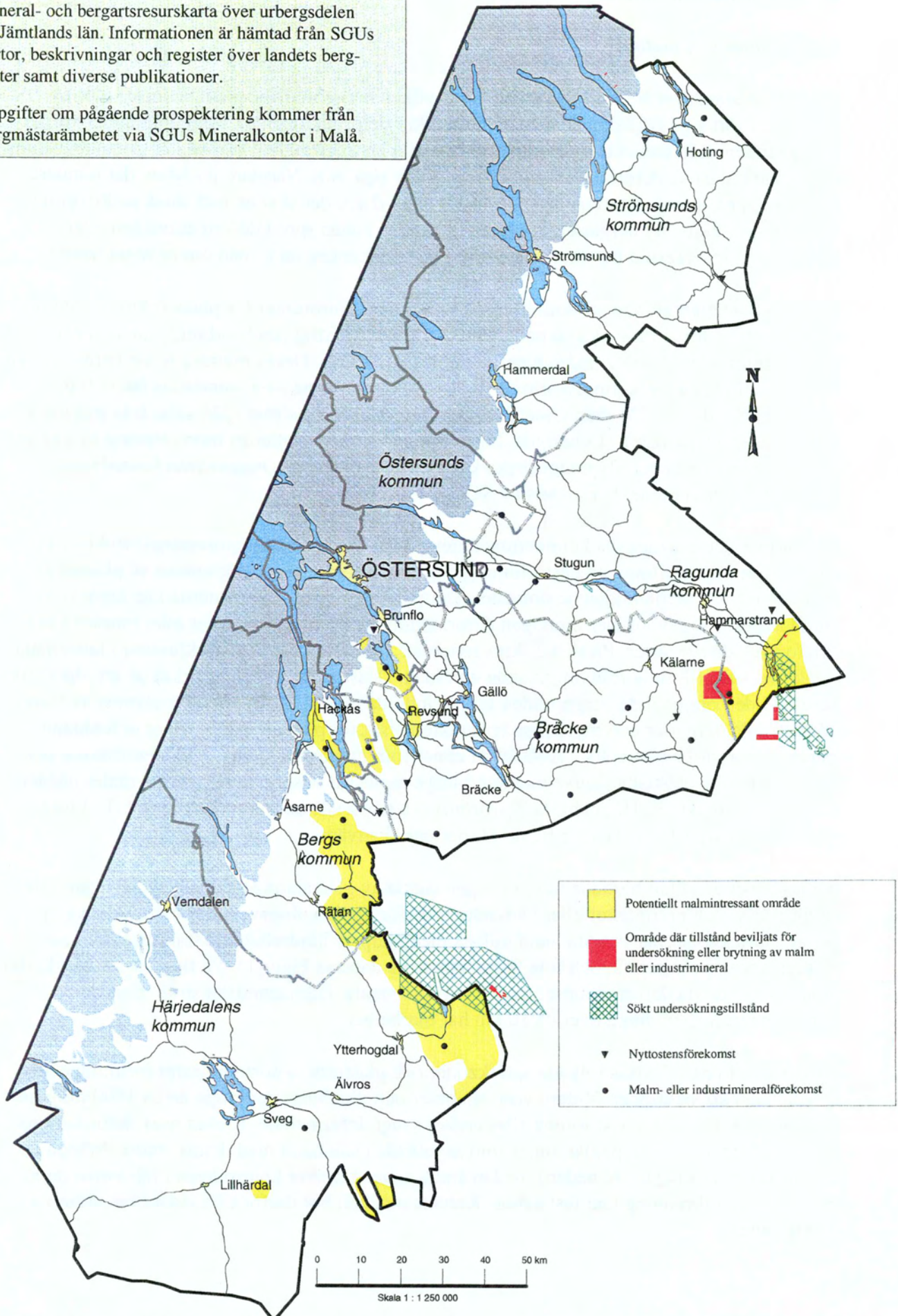
Jämtlands län tillhör inte de mest prospekteringsintressanta delarna av landet. Beviljade undersökningstillstånd (röd färg i Figur 10) för guld och koppar finns vid gränsen mellan Bräcke och Ragunda kommuner söder om Hammarstrand och 20 km OSO om Hammarstrand. Ett mindre område som gäller titan finns öster om Lillhärdal. Tillstånden är beviljade till Jämtlands Mineral AB, Scandinavian Gold Prospecting AB samt till enskilda personer. För närvarande finns ansökningar om undersökningstillstånd hos bergmästarämbetet som gäller områden i Härjedalens, Bergs och Ragunda kommuner (områden med grön färg i Figur 10).

Potentiellt prospekteringsintressanta områden

Potentiellt prospekteringsintressanta områden har markerats med gul färg i Figur 10. Dessa områden följer huvudsakligen de stråk med omvandlade ytbergarter inom vilka mineraliseringar eller tidigare kända malmförekomster uppträder. De täcker även in områden som för närvarande är föremål för prospektering eller där ansökningar om undersökningstillstånd finns. De flesta av fyndigheterna är små och har hittills varit utan större ekonomisk betydelse. Fyndigheterna visar dock att malmbildande processer har varit aktiva och det är därför naturligt att anta att även framtida prospektering i regionen i första hand kommer att förläggas till dessa områden. På senare tid har man funnit att vissa typer av malm, t.ex. guld i kvartsgångar och kvartsådror, är knutna till deformationszoner. Man kan således även betrakta deformationszoner som potentiellt prospekteringsintressanta. Pegmatit anrikad på t.ex. tenn och litium är också en potentiell metallisk mineralresurs. En möjlig framtida icke-metallisk mineralresurs är diabas, som förekommer rikligt i länet.

Mineral- och bergartsresurskarta över urbergsdelen av Jämtlands län. Informationen är hämtad från SGUs kartor, beskrivningar och register över landets bergtäkter samt diverse publikationer.

Uppgifter om pågående prospektering kommer från Bergmästarämbetet via SGUs Mineralkontor i Malå.



Figur 10. Mineral- och bergartsresurskarta över urbergsdelen av Jämtlands län (sammanställning januari 1998). Grå färg indikerar fjällberggrund

6 Deformationszoner

Definitioner och metodik

En *deformationszon* är en svaghetszon längs vilken berggrundsblocken på ömse sidor av zonen har rört sig i förhållande till varandra. Sker deformationen på stora djup under varma förhållanden deformeras bergarterna plastiskt, likt 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 spröd deformationszon eller *sprickzon*. Om rörelsen har skett parallellt med sprickzonen talar man om en *förkastning*.

En *formlinje* markerar en strukturell trend i terrängen. Formlinjer för planstrukturer som bildades under varma, plastiska förhållanden, d.v.s. förskifring och bandning, har sammanställts genom interpolation av fältmätningar av sådana strukturer. Dessa mätningar har hämtats ifrån SGUs publicerade berggrundskartor /10, 11, 12/ länskartorna över Jämtlands län /13/ och Västernorrlands län /15/, från Ginet /21/ och Bergman & Sjöström /22/, samt från pågående arbete av H. Delin och L. Lundqvist. Formlinjerna har kompletterats med tolkning av bandade anomalimönster på den flygmagnetiska kartan, se Figur 11, s.k. *magnetiska konnektioner*. Flygmätningarna i länet har utförts av SGU och LKAB.

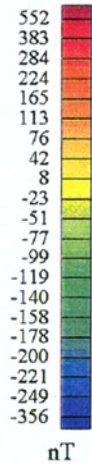
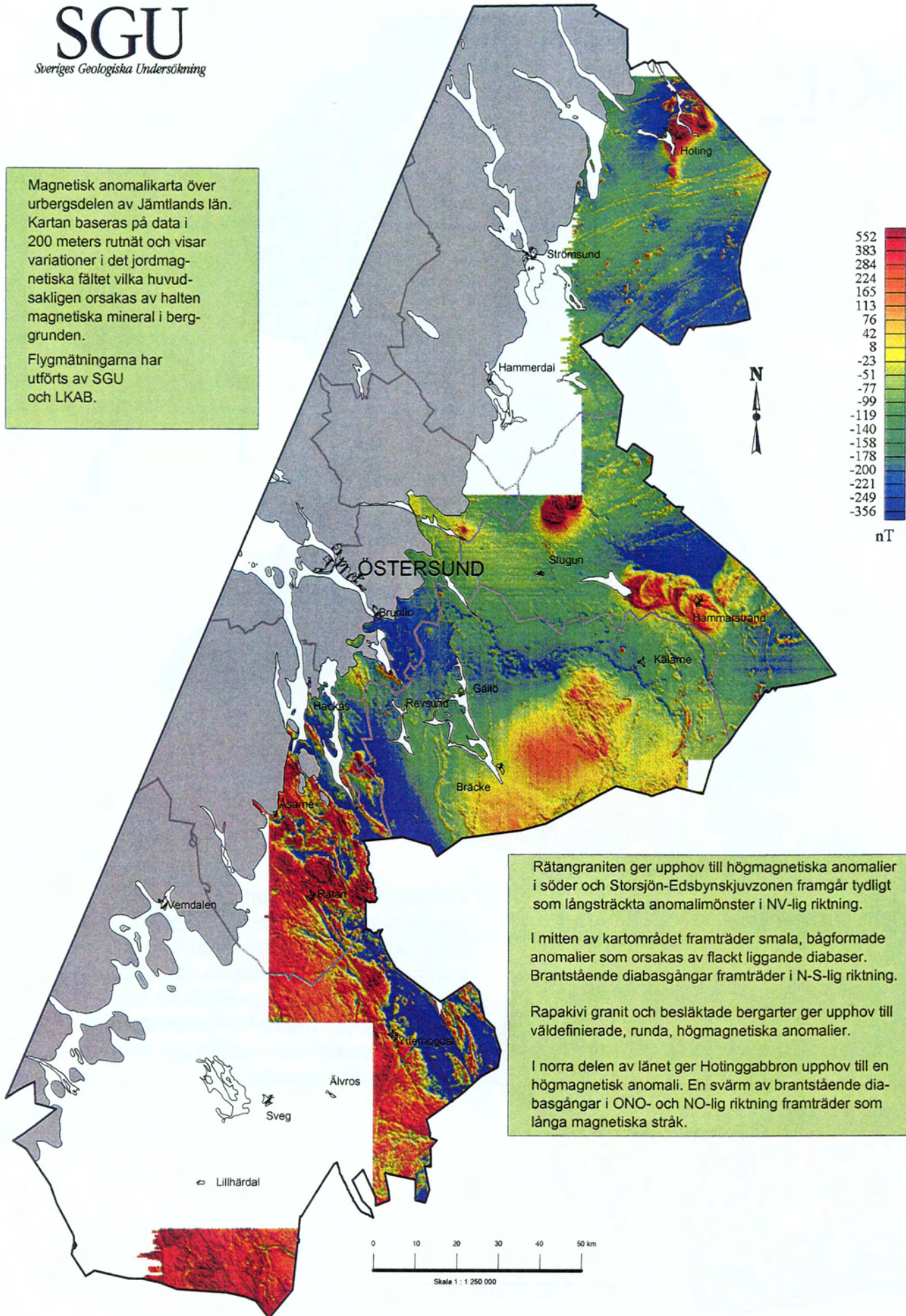
Formlinjer och magnetiska konnektioner återspeglar berggrundens storskaliga strukturriktningar. Sammanställning av dessa linjer ger ofta en antydning om förekomsten av plastiska skjuvzoner och mellanliggande domäner. Domänerna mellan skjuvzonerna kan utgöras av områden med regionalt mer homogen deformation, egna strukturmönster eller områden med odeformerade bergarter. Plastiska skjuvzoner har markerats där planstrukturerna i långsmala stråk avviker i riktning från omgivande områden. Dessa zoner utmärks också av att planstrukturerna i den omgivande berggrunden ofta är inböjda mot skjuvzonerna. Förekomst av starkt förskiffrade bergarter och myloniter är karakteristiskt för plastiska skjuvzoner och sådana bergarter har dokumenterats i vissa av de zoner som markerats i länet. Vid identifiering och begränsning av plastiska skjuvzoner har hänsyn tagits till observationer gjorda under pågående forskningsprojekt (K. Högdahl, H. Sjöström) och pågående berggrundskartering (L. Lundqvist). Flygmagnetiska data, se Figur 11, har också använts.

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

På kartan i Figur 13 visas tolkade sprickzoner och plastiska skjuvzoner samt formlinjer och magnetiska konnektioner. Vidare visas diabaser och djupbergarter yngre än ca 1800 miljoner år, som vanligtvis är massformiga eller endast svagt deformerade. Kartan över deformationszoner, se Figur 13, återspeglar zoner som är tolkade i samband med denna studie. Många av dessa zoner är belagda (se nedan) medan andra zoner behöver kontrolleras i fält innan deras existens och utbredning kan fastställas. Kartans innehåll bör därför tills vidare betraktas med försiktighet.

Magnetisk anomalikarta över urbergsdelen av Jämtlands län. Kartan baseras på data i 200 meters rutnät och visar variationer i det jordmagnetiska fältet vilka huvudsakligen orsakas av halten magnetiska mineral i berggrunden.

Flygmätningarna har utförts av SGU och LKAB.



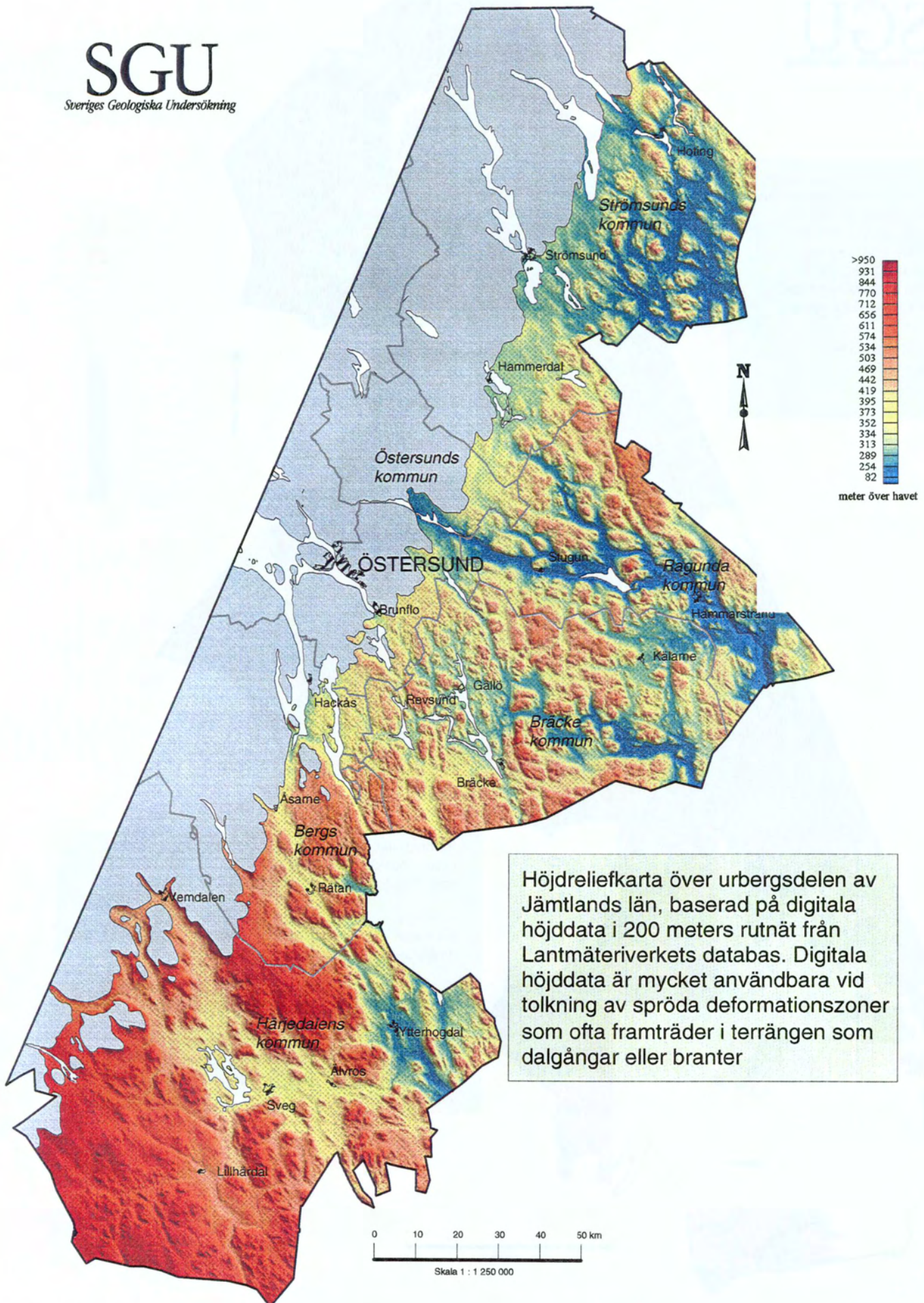
Rätangraniten ger upphov till högmagnetiska anomalier i söder och Storsjön-Edsbynskjuvzonen framgår tydligt som långsträckta anomalimönster i NV-lig riktning.

I mitten av kartområdet framträder smala, bågformade anomalier som orsakas av flackt liggande diabaser. Brantstående diabasgångar framträder i N-S-lig riktning.

Rapakivi granit och besläktade bergarter ger upphov till väldefinierade, runda, högmagnetiska anomalier.

I norra delen av länet ger Hotinggabbron upphov till en högmagnetisk anomali. En svärm av brantstående diabasgångar i ONO- och NO-lig riktning framträder som långa magnetiska stråk.

Figur 11. Magnetisk anomalikarta över urbergsdelen av Jämtlands län. Grå färg indikerar fjällberggrund.



Höjdreliëfkarta över urbergsdelen av Jämtlands län, baserad på digitala höjddata i 200 meters rutnät från Lantmäteriverkets databas. Digitala höjddata är mycket användbara vid tolkning av spröda deformationszoner som ofta framträder i terrängen som dalgångar eller branter

Figur 12. Höjdreliëfkarta över urbergsdelen av Jämtlands län. Grå färg indikerar fjällberggrund

Plastiska skjuvzoner

Berggrundens strukturriktningar i urbergsdelen av Jämtlands län domineras generellt av NV-liga riktningar. I många fall orsakas detta av plastiska skjuvzoner i denna riktning. Det kan både vara frågan om rotation av äldre strukturer och nybildning av foliation i samband med skjuvningen. I länets centrala del finns områden där ONO-liga respektive ungefär N-S-liga strukturriktningar förhärskar. Områden med massformiga bergarter finns främst i Härjedalens och Strömsunds kommuner, men förekommer även på andra håll.

Som framgår av Figur 13 har ett antal plastiska skjuvzoner framtolkats. Dessa zoner är upp till flera kilometer breda och tillhör ett regionalt betydelsefullt system av plastiska deformationszoner i centrala Sverige. Den norra delen av den regionala Storsjön-Edsbynskjuvzonen /22/ utbreder sig i östra delen av Härjedalens och Bergs kommuner i NNV-lig riktning. Även de skjuvzoner som markerats inom Bräcke kommun och i sydöstra delen av Ragunda kommun är belagda i fält. Vissa av dem kan vara åtskilligt längre än vad som markerats. Deras bildning tolkas vara relaterad till intrusionen av Revsundsgraniten /23/. De markerade plastiska skjuvzonerna mellan Stugun och Hammerdal och kring Hoting är inte kända tidigare.

Sprickzoner och förkastningar

Spröda deformationszoner utgörs vanligen av krossat berg vilket gör dem lättroderade. De uppträder vanligen som långsmala sänkor eller branter i terrängen. Bredden kan vara upp till flera hundra meter. Sprickzoner kan vara öppna och oläkta eller läkta och cementerade av olika mineral. Stupningen av sprickzonerna är i regel svår att avgöra, men antas i de flesta fall vara brant till vertikal. Flacka sprickzoner är generellt sett svåra att upptäcka med hjälp av höjdreliëfdata och flygmagnetiska data. I håll kan dock små, flacka sprickzoner påträffas. Även inom de berggrundsblock som definieras av ett särskilt sprickzonsmönster förekommer sannolikt ännu mindre sprickzoner och sprickor, vilkas utbredning måste klarläggas vid mer detaljerade studier.

Sprickzonernas orientering inom urbergsdelen av Jämtlands län varierar men domineras av tre olika riktningar, nämligen ONO till OSO, NV och NNV till N-S, se Figur 13. Blockstorleken (avståndet mellan sprickzonerna) är relativt jämn över länet, med en tendens till större berggrundsblock i delar av Härjedalens kommun och kring Hammerdal. Pseudotachylit (lokal uppsmältning p.g.a. friktionsvärme) och kataklasit (starkt uppsprucken bergart) har observerats i vissa spröda deformationszoner. Andra sprickfyllnader som noterats är kvarts, kalcit, epidot, flusspat och bergbeck.

Berggrund påverkad av meteoritnedslag

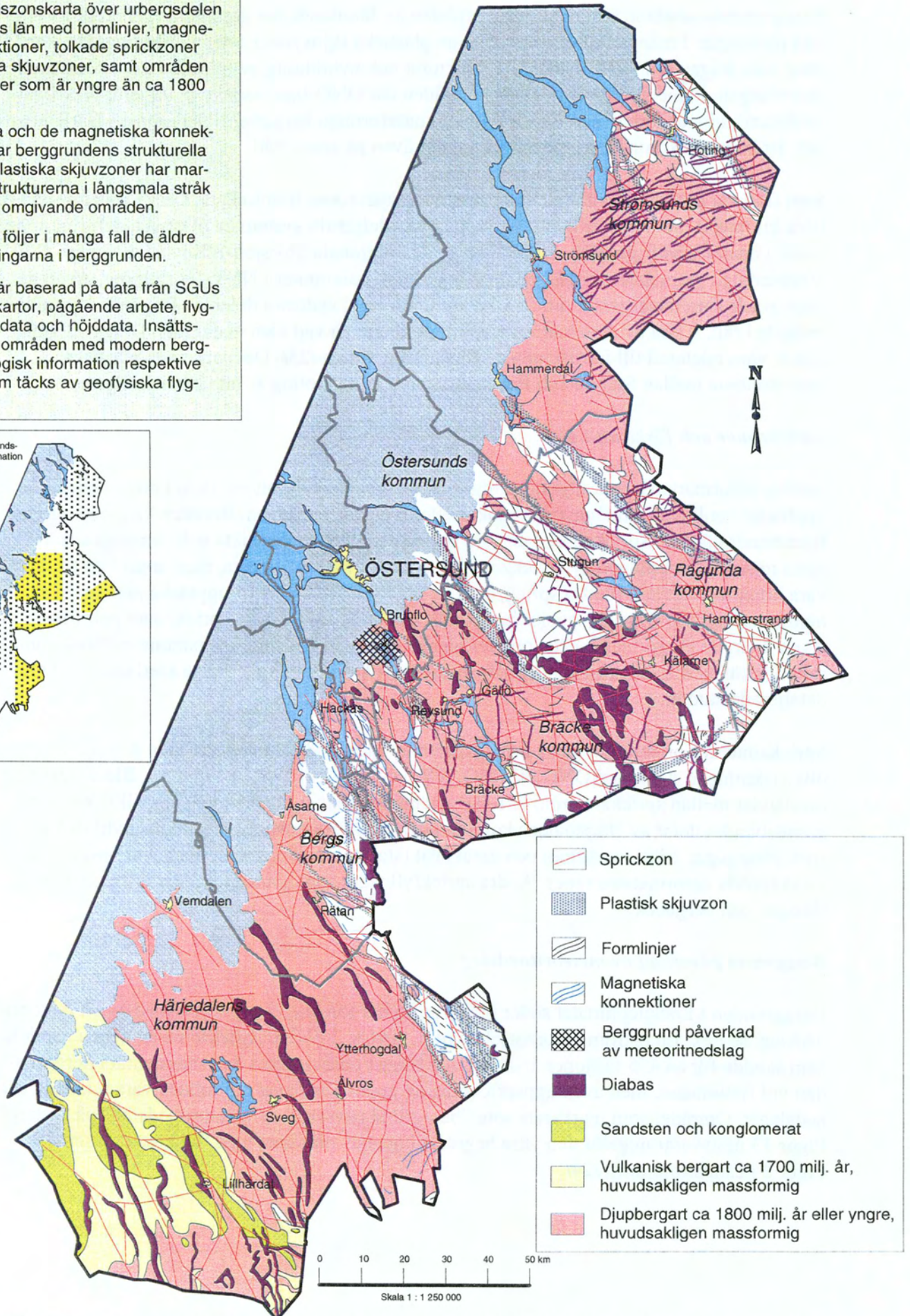
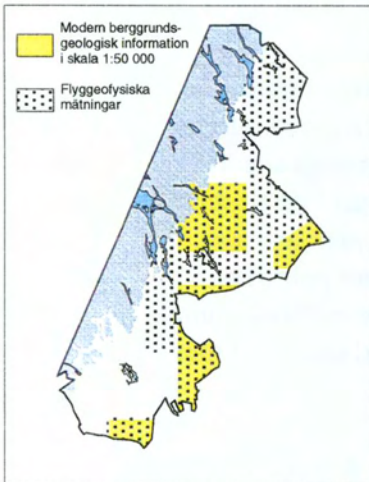
Berggrunden i Lockneområdet söder om Brunflo har föreslagits vara påverkad av ett meteoritnedslag, se t.ex. Lindström i Gorbatshev m.fl. /14/, s. 249-250. Effekterna av denna händelse, som skedde för ca 455 miljoner år sedan, har främst observerats i den sedimentära berggrunden vid fjällranden, men även uppsprickning av granit i urberget har tolkats vara relaterad till nedslaget. Området som markerats som "berggrund påverkad av meteoritnedslag" på kartan i Figur 13 motsvarar ungefär den yttre begränsningen av områden med "shattered basement" i Figur 2 i Lindström m.fl. /24/.

Deformationszonskarta över urbergsdelen av Jämtlands län med formlinjer, magnetiska konnektioner, tolkade sprickzoner och plastiska skjuvzoner, samt områden med bergarter som är yngre än ca 1800 miljoner år.

Formlinjerna och de magnetiska konnektionerna visar berggrundens strukturella riktningar. Plastiska skjuvzoner har markerats där strukturerna i långsmala stråk avviker från omgivande områden.

Sprickzoner följer i många fall de äldre strukturriktningarna i berggrunden.

Tolkningen är baserad på data från SGUs berggrundskartor, pågående arbete, flygmagnetiska data och höjddata. Insättskartan visar områden med modern berggrundsgeologisk information respektive områden som täcks av geofysiska flygmätningar.



Figur 13. Deformationszonskarta över urbergsdelen av Jämtlands län. Grå färg indikerar fjällberggrund

Deformationszoner i tid och rum

De äldsta deformationszonerna i urbergsdelen av Jämtlands län är de plastiska skjuvzonerna i vilka deformationen kan begränsas till tidsintervallet ca 1850-1600 miljoner år. Dessa zoner bildades på mer än 10-15 kilometers djup. Som framgår av Figur 13 förekommer sprickzoner utmed flera av de NV-liga plastiska skjuvzonerna, vilket tyder på att dessa reaktiverats vid senare spänningsutlösningar när bergarterna låg högre upp i jordskorpan. Det är dock uppenbart att i Härjedalens kommun har alla tre sprickzonsriktningar som beskrivits ovan kunnat bildas även i områden utan plastiska skjuvzoner.

Den exakta åldern av sprickzonerna i länet är svårbestämd. De bildades under den långa tidsrymden från ca 1600 miljoner år och framåt i tiden, och rörelser har förmodligen skett åtskilliga gånger längs vissa förkastningar. Den nuvarande berggrundsytan i länet motsvarar i grova drag den s.k. Muddusytan /25/, en erosionsyta som troligen utbildades under tertiär tid, d.v.s. för mellan 65 och 2 miljoner år sedan. Stora nivåskillnader i denna berggrundsytan över korta avstånd beror på förkastningsrörelser som är yngre än ca 65 miljoner år. Detta gör det möjligt att avgöra de relativa rörelserna åtminstone efter denna tid för några av de större förkastningarna. I Figur 12 syns t.ex. att det relativt höglänta området inom Härjedalens och Bergs kommuner begränsas av en NNV-lig förkastning där västra blocket rört sig uppåt. Södra sidan har rört sig uppåt längs ett par ungefär O-V-liga förkastningar i södra delen av Bräcke kommun.

I nästföljande kapitel behandlas sen- eller postglaciala rörelser i jordskorpan, inklusive jordskalv.

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

Kännedomen om jordartsgeologin inom Jämtlands län grundar sig på den kartläggning som SGU genomfört i området under 1960-talet /26/ och inom förutvarande Fjällsjö kommun under 1970-talet /27/. Jordartskartan över urbergsdelen av länet, se Figur 14, är ett utsnitt från en jordartskarta i skala 1:1,25 miljon /28/.

Nedisningar

Under kvartärtiden, d.v.s. under tiden från ca 2 miljoner år sedan till nutid, har flera istider och mellanistider ägt rum. Under mellanistiderna – interglacialerna – rådde ett klimat liknande det som råder idag. Under istiderna förekom perioder med mildare klimat – interstadialer – då landisarna minskade avsevärt i storlek och nästan helt smälte bort. Hur många landisar som helt eller delvis berört Jämtland är inte känt. Huvuddragen av den senaste istiden, Weichselistiden, är relativt väl kända medan tillfredsställande kännedom om äldre nedisningsskeden saknas. Under Weichselnedisningen berördes Jämtland av två interstadialer. Den ena för ca 100 000 år sedan (Jämtlandsinterstadialen) och den andra för ca 80 000 år sedan /29/.

Isavsmältning

Den senaste inlandsisens avsmältning skedde från väster, söder och öster. Härjedalen blev isfritt för ca 9 500 år sedan och de sista isresterna inom länet smälte bort ca 500 år senare i området mellan Östersund och Strömsund /30/. Under nedisningens huvudskede beräknas istäckets mäktighet ha varit mellan 2000 och 2500 m /31/.

I samband med inlandsisens avsmältning bildades isdämda sjöar, som huvudsakligen utgjorts av dödis och mer eller mindre öppna vattenytor. När inlandsisen avsmälte, började den av ismassan nedtryckta jordskorpan att höja sig, först snabbt och sedan i allt långsammare takt. Under isavsmältningsskedet intogs delar av den nedpressade jordskorpan av havet. I Jämtland utgjorde de östra delarna av Indalsälvens, Fjällsjöälvens och Gimåns dalgångar vikar av Ancylussjön, ett sötvattenstadium i Östersjöbäckens utvecklingshistoria. De högst belägna strandmärkena kallas högsta kustlinjen, HK. Nivåerna är högst i öster, ca 260 m.ö.h. i Indalsälvens dalgång vid länsgränsen, och avtar mot väster till ca 220 m.ö.h. vid Stugun och söder om Hoting. Det bör påpekas att den totala landhöjningen är väsentligt högre än vad HK-nivåerna visar eftersom landet började höja sig innan inlandsisen smält bort helt. Nuvarande landhöjning är störst i den nordöstra delen av länet, ca 0,7 m/100 år, medan den i västligaste delen av Härjedalen är ca 0,4 m/100 år.

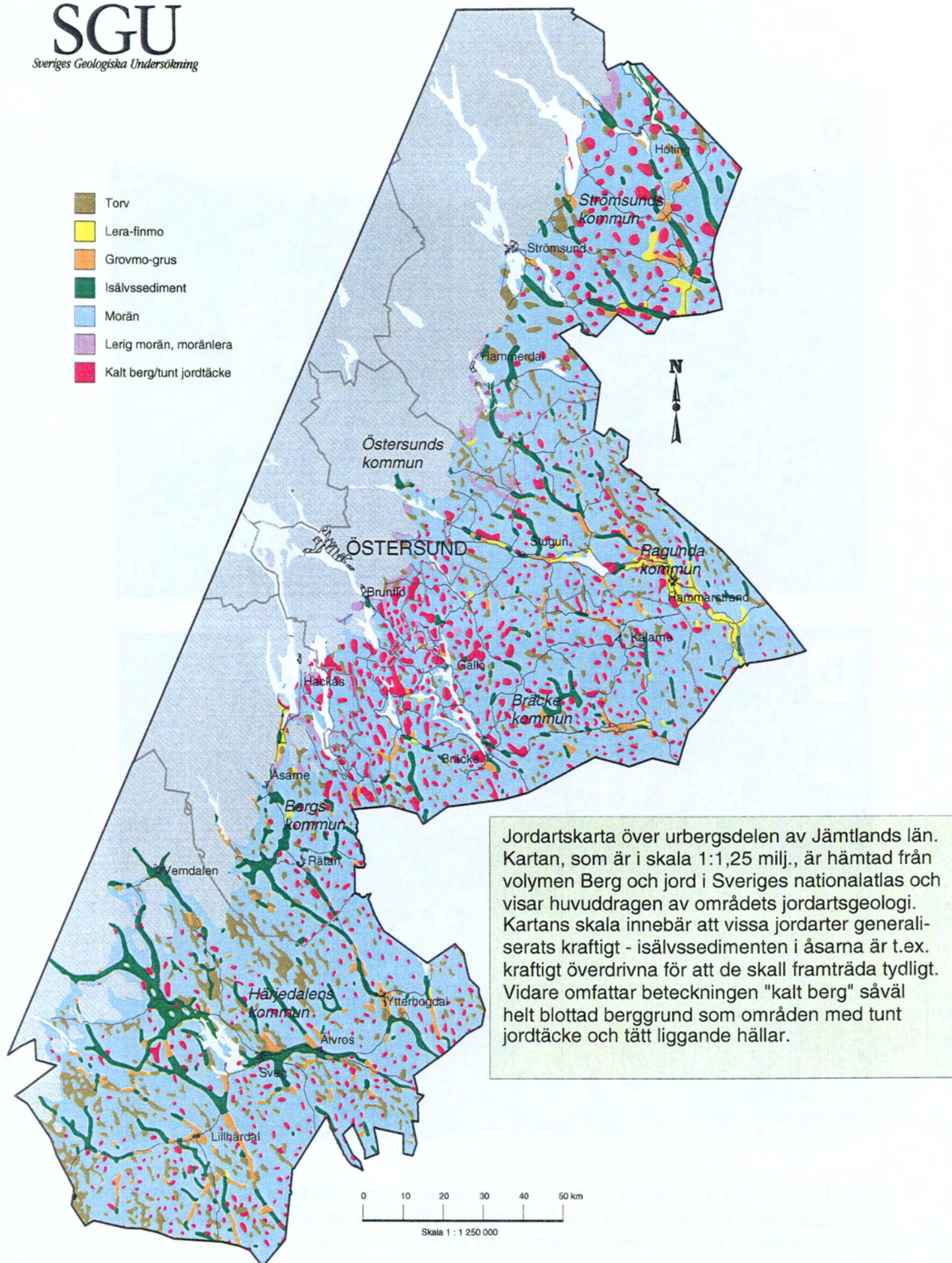
Jordarter och jorddjup

Länets jordarter har till största delen bildats i samband med den senaste landisens avsmältning, glaciala jordarter, och tiden därefter, postglaciala jordarter. Äldre jordarter har dock konstaterats på flera ställen. Under den normala moränen har en mörk lerig morän observerats i en zon från trakten av Sveg i söder till Hotingområdet i norr. Denna undre morän anses vara av interstadial ålder liksom jordlager med organiskt innehåll (växt- och djurrester) som påträffats främst i östra Storsjöområdet, t.ex. vid Vålbacken och Pilgrimstad /29/. Avlagringar från Eeminterglacialen, 130 000–115 000 år sedan, är kända från Hotingområdet /29/.

Jordartsfördelningen och bergblottningsgraden framgår av översiktskartan, se Figur 14. I Bräcke kommun är blottningsgraden jämförelsevis hög, i sydvästra Härjedalen låg och i övriga delar måttlig. Moränen har stor utbredning och förekommer i ett flertal avlagringsformer. Isälvs sedimenten, främst grus och sand, bildar åsar, deltan och sanduravlagringar, som avsatts i isälvsstråk med NV-lig riktning. De finkorniga sedimenten, lera-finmo, påträffas främst i Indalsälvens och Fjällsjöälvens dalar under HK. Myrarna har störst utbredning inom de flacka moränområden i Härjedalens kommun samt i den högt belägna moränterrängen i Strömsunds kommun.

Glaciala jordarter

Moränen är den jordart som avlagrats direkt av inlandsisen. Den utbreder sig som ett täcke över berggrunden inom i princip hela urbergsdelen av länet. De övriga jordarterna underlagras ofta av morän. I allmänhet är moränen tunn på höjderna och saknas ofta helt på topparna. Sandig-moig morän dominerar. I norra delen av urbergsområdet förekommer moränlera och lerig morän, främst i Bräcke kommun. Moränens blockighet varierar med berggrundens sammansättning. Grova graniter ger ofta en storblockig morän, medan finkornigare graniter ger en blockrik morän. Stor- och rikblockiga områden är vanligt förekommande i östra delen av Härjedalens kommun, se Figur 15a, samt i södra delen av Bräcke kommun. Mestadels är moränen utbildad som ett jämnt täcke men på flera håll i Härjedalen och i norra delen av urbergsområdet finns stora områden med moränkullar och moränryggar.



Jordartskarta över urbergsdelen av Jämtlands län. Kartan, som är i skala 1:1,25 milj., är hämtad från volymen Berg och jord i Sveriges nationalatlas och visar huvuddragen av områdets jordartsgeologi. Kartans skala innebär att vissa jordarter generaliserats kraftigt - isälvs sedimenten i åsarna är t.ex. kraftigt överdrivna för att de skall framträda tydligt. Vidare omfattar beteckningen "kalt berg" såväl helt blottad berggrund som områden med tunt jordtäckte och tätt liggande hållar.

Figur 14. Översiktsskarta över hållmarker och jordarter inom urbergsdelen av Jämtlands län. Grå färg indikerar fjällberggrund



Figur 15. Exempel av jordarter i Jämtlands län. a) Stor- och rikblockig morän nordväst om Ytterhogdal. Foto C. Fredén 1991. b) En markant isälvsfåra i ett stort sandurfält vid Röjan, väster om Rätan. Isälvsavlagringen domineras av grus och sten. Foto C. Fredén 1991

Isälvsedimenten har transporterats och sorterats i isälvar i och under landisen och avlagrats vid isfronten under isavsmältningen. Isälvarna har vanligen följt dalgångarna. I en isälvsavlagring kan kornstorlekssammansättningen växla starkt. Grus och sand är de vanligaste kornstorlekarna, lokalt kan silt dominera. Inom urbergsdelen av länet finns ett flertal avlagringsformer. Åsar är vanligt förekommande. I södra urbergsdelen är sandurfält ett karaktäristiskt inslag i landskapsbilden. Väster om Rätan i Bergs kommun finns Sveriges största isälvsandur, se Figur 15b. Åsar och sandurfält återfinns i de stora dalgångarna.

Glacial lera, mjäla och finmo har avsatts under HK och i isdämda sjöar av smältvatten från den avsmältande landisen och på ett visst avstånd till iskanten. Dessa finkorniga sediment återfinns främst i de breda partierna av Indalsälvens dalgång.

Postglaciala jordarter

Postglaciala sediment utgör omlagringsprodukter av glaciala jordarter och har bildats efter det att inlandsisen lämnat området. De postglaciala jordarterna utgörs av grus, sand och mo och har avsatts av vattendrag i dalgångar med isälvsediment. Vindomlagrade sediment, dyner, förekommer på flera platser sydöst om Lillhärdal. De organiska jordarterna domineras av torv. Torvmarkerna utgörs till största delen av myrkomplex innefattande partier med mossar och kärr. Bleke, d.v.s. kemiskt utfällt kalciumkarbonat, är en i Sverige ovanlig jordart. Den förekommer främst i ett stråk mellan Hammerdal och Hackås, d.v.s. i den västligaste urbergsdelen av länet.

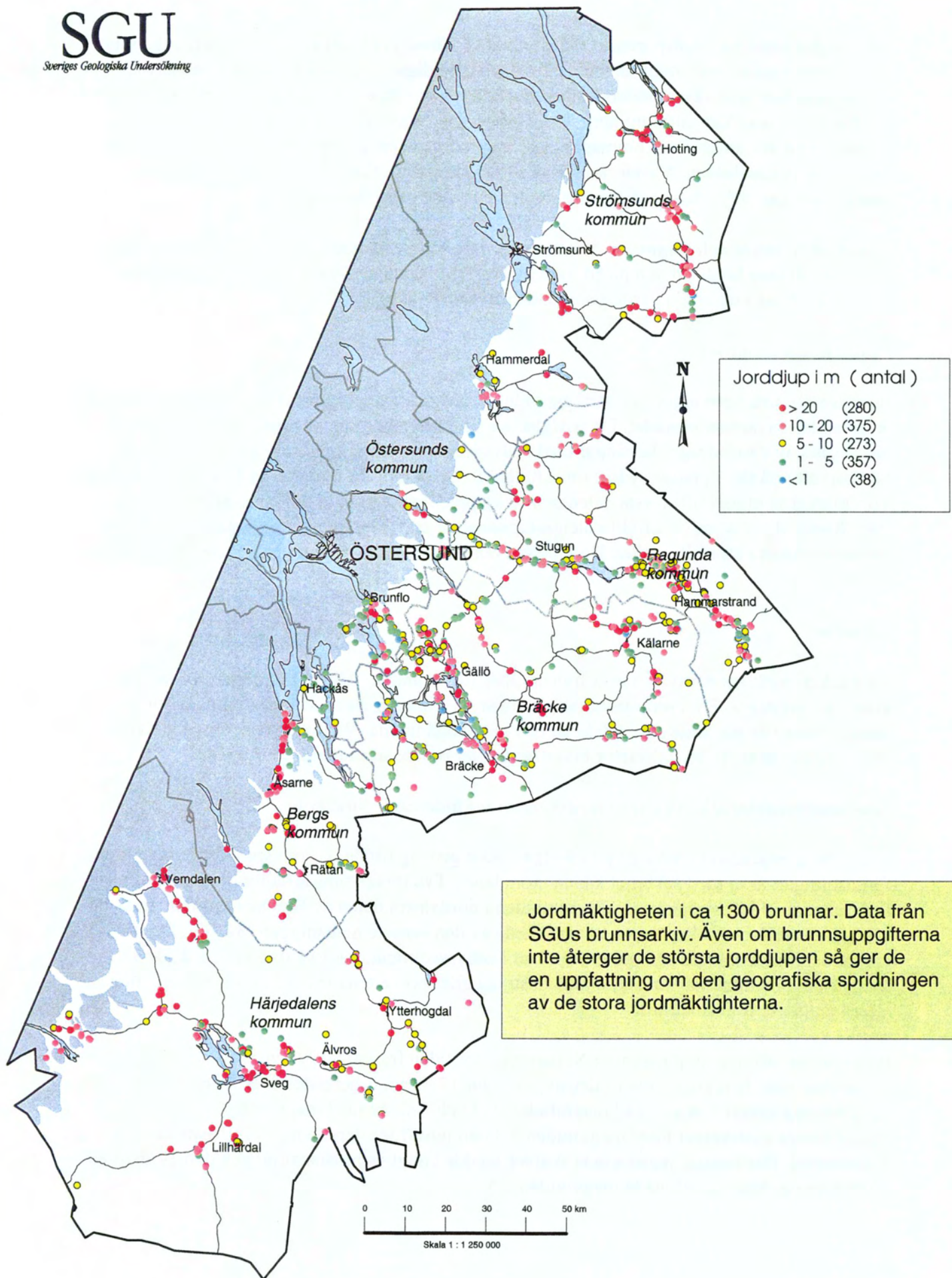
Jorrdjup

Jordtäcket mäktighet växlar starkt från en plats till en annan. Allmänt gäller att jorrdjupet avtar mot höjderna. På jorrdjupskartan, se Figur 16, framgår att de största uppmätta jorrdjupen finns i de nordliga sprickdalarna och i älvdalgångarna. Vanligen ligger inga gårdar i den centrala delen av en dal varför brunnsuppgifter om de stora jorrdjupen saknas.

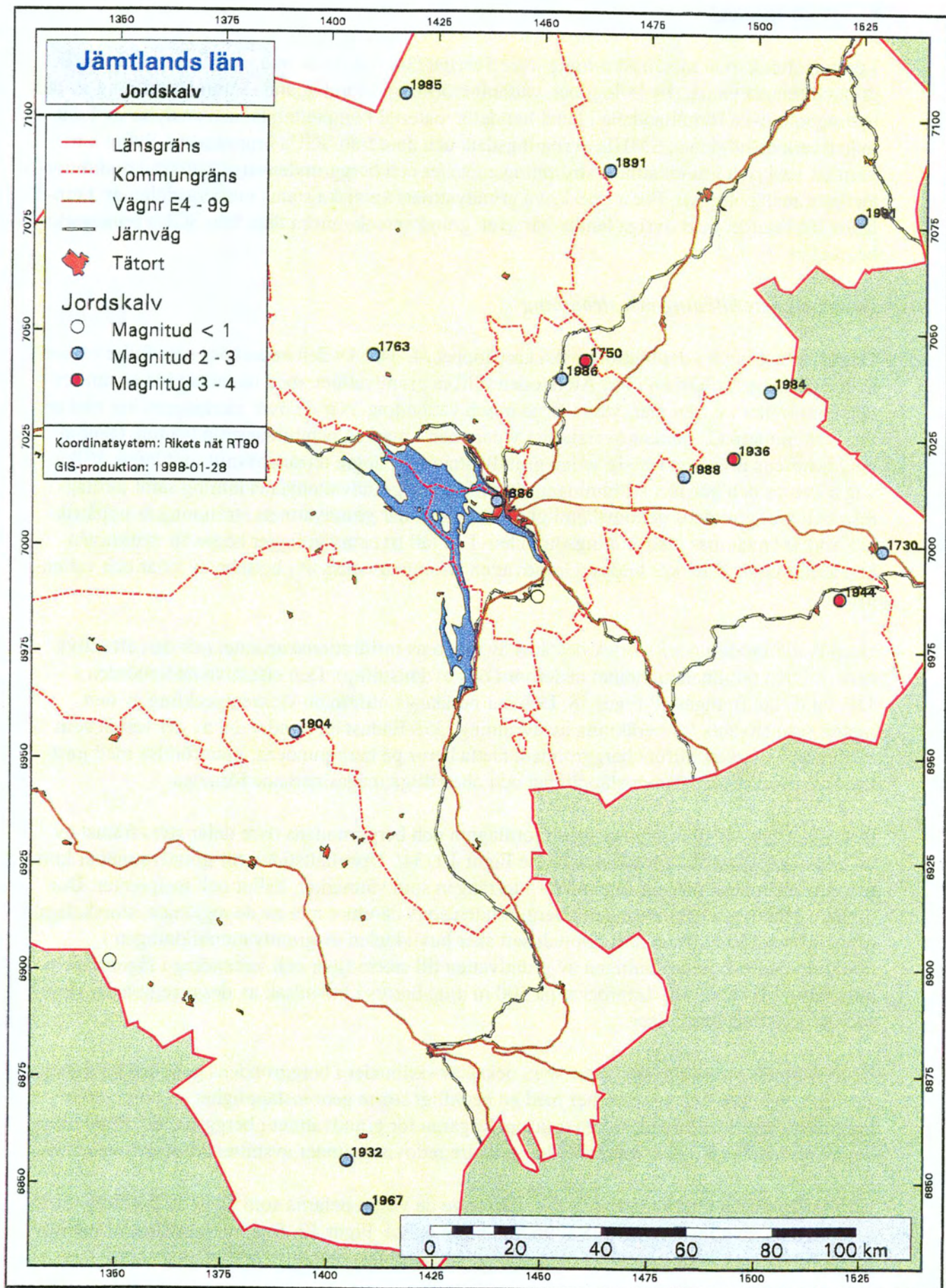
Sen- eller postglaciala rörelser i jordskorpan inkluderande jordskalv

Sen- eller postglaciala rörelser i jordskorpan, som gett sig tillkänna som sprickbildningar och förkastningar, är ej med säkerhet kända inom länet. Två förkastningsbranter med en sammanlagd längd av 4 km sydväst om sjön Ismunden i nordvästra delen av Bräcke kommun antas ha utbildats postglacialt eller under ett sent skede av den senaste nedisningen /32, 33/. De störningar och förkastningar som noterats lokalt i isälvsediment, har tolkats som orsakade av avsmältning av infrusna isblock, tryckavlastning eller porvattenavgång i samband med eller efter inlandsisens avsmältning.

En sammanställning av jordskalv i Nordeuropa för tiden fram till 1993 visar att länet ligger i ett område med få registrerade jordskalv, se Figur 17. Inom urbergsdelen av länet finns under perioden registrerat 8 skalv med magnituden 2–3 och 3 skalv med magnituden 3–4. Det kraftigaste kända jordskalvet hade magnituden 3,4 och inträffade den 26 maj 1750 sydväst om Hammerdal. Det senaste registrerade skalvet skedde enligt sammanställningen den 14 oktober 1988 norr om Stugun och hade magnituden 2,5.



Figur 16. Jordmäktighet i urbergsdelen av Jämtlands län (sammanställning februari 1998). Grå färg indikerar fjällberggrund



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

8 Hydrogeologi

I grundvattenkartan med beskrivning över Sverige /34/ redovisas bl.a. grundvattentillgångar, grundvattnets kvalitet, hydrologi och vattenförsörjning. I föreliggande sammanställning av de hydrogeologiska förhållandena i länet har detta material kompletterats med analyser av Lantmäteriverkets höjddata, SMHIs avrinningsdata och data från SGUs brunnsarkiv. Syftet har varit att beskriva grundvattnets strömningsmönster och berggrundens hydrauliska konduktivitet (genomsläpplighet). För att beskriva grundvattnets kemiska status i urbergsdelen av Jämtlands län jämfört med övriga landet har även grundvattenkemiska data från SGUs brunnsarkiv bearbetats

Grundvattnets bildning och strömning

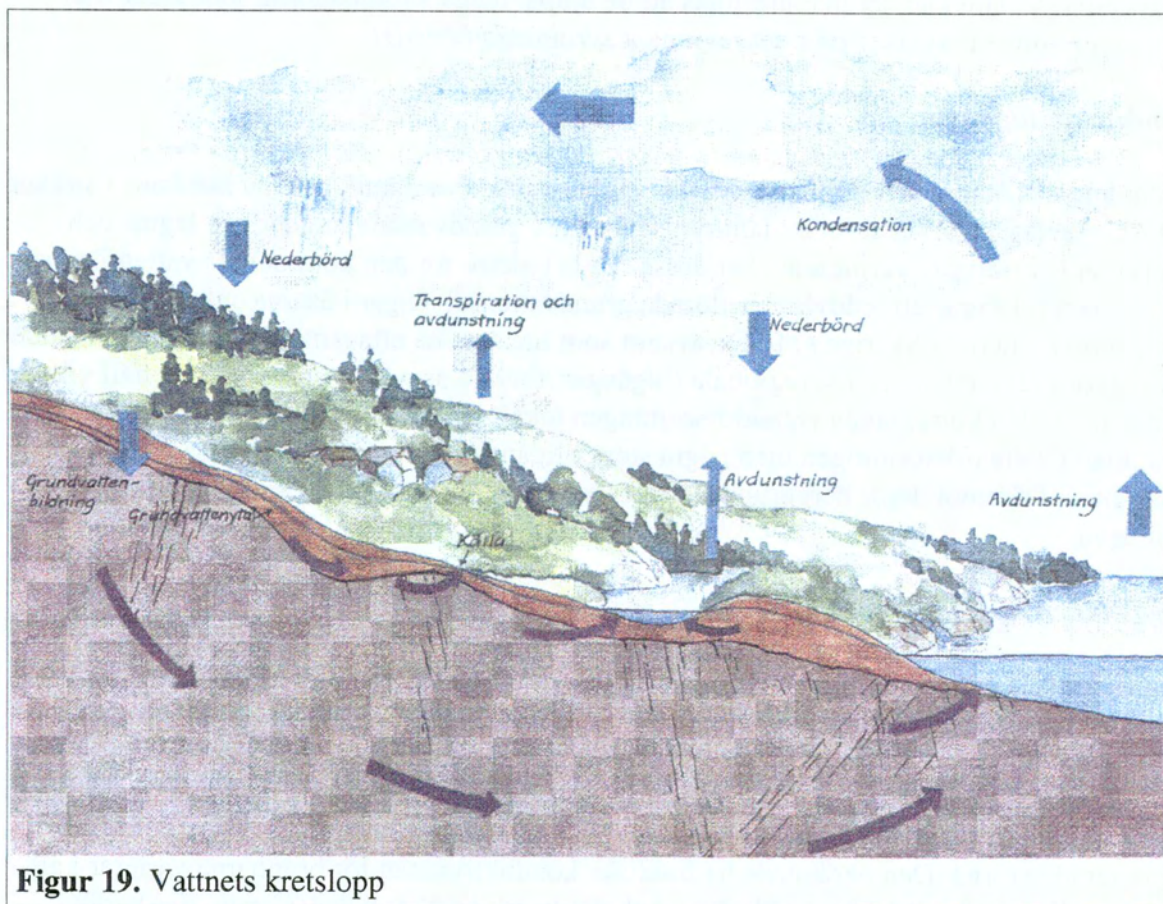
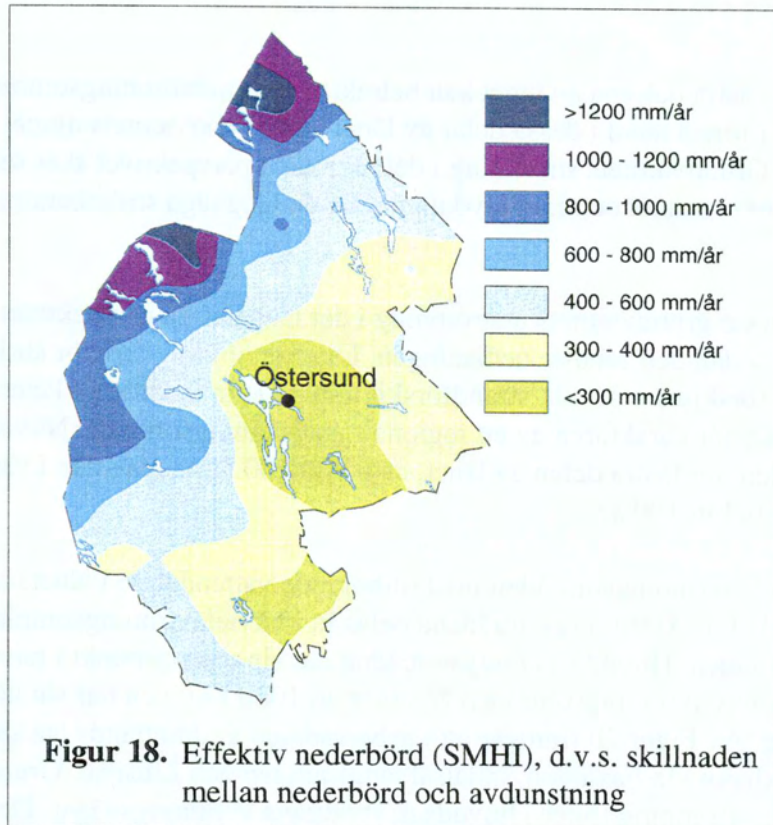
Grundvattnet ingår i det hydrologiska kretsloppet /4, 34/. Av den nederbörd som faller i länet avdunstar ungefär hälften /34/. Återstoden tillförs grundvattnet, med undantag för en mindre del, som rinner av från markytan till sjöar och vattendrag. När de övre marklagren har nått en viss vattenmättnad, sjunker överskottet vidare ned i marken och bildar grundvatten. Genom tyngdkraftens inverkan rör sig sedan grundvattnet från högre terrängavsnitt 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 brukar benämnas 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 Jämtlands län framgår av Figur 18. Den har beräknats utifrån en vidareutveckling av den metod som använts för beräkning av avrinning /35/. 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 magasinering förmåga.

Den ytliga grundvattenströmningen i jordlagren och berggrundens övre delar styrs främst av de lokala topografiska förhållandena, se Figur 19 /34/. 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 Jämtlands län (inklusive de västra delarna som täcks av fjällbergarter) är stora med en högsta marknivå 1796 m.ö.h., se också Figur 12. Stora höjdskillnader medför att grundvattnets flödes hastighet ökar och att omsättningstiden blir jämförelsevis kort.



Höjdområdena i de västra 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 öster om länet och mot älvdalarna där de långväga strömbanorna i stället blir uppåtriktade.

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. Detta medför att länet i ett långt tidsperspektiv alltmer får karaktären av ett regionalt inströmningsområde. Nuvarande landhöjning är störst i den nordöstra delen av länet, ca 0,7 m/100 år, medan den i västligaste delen av Härjedalen är ca 0,4 m/100 år.

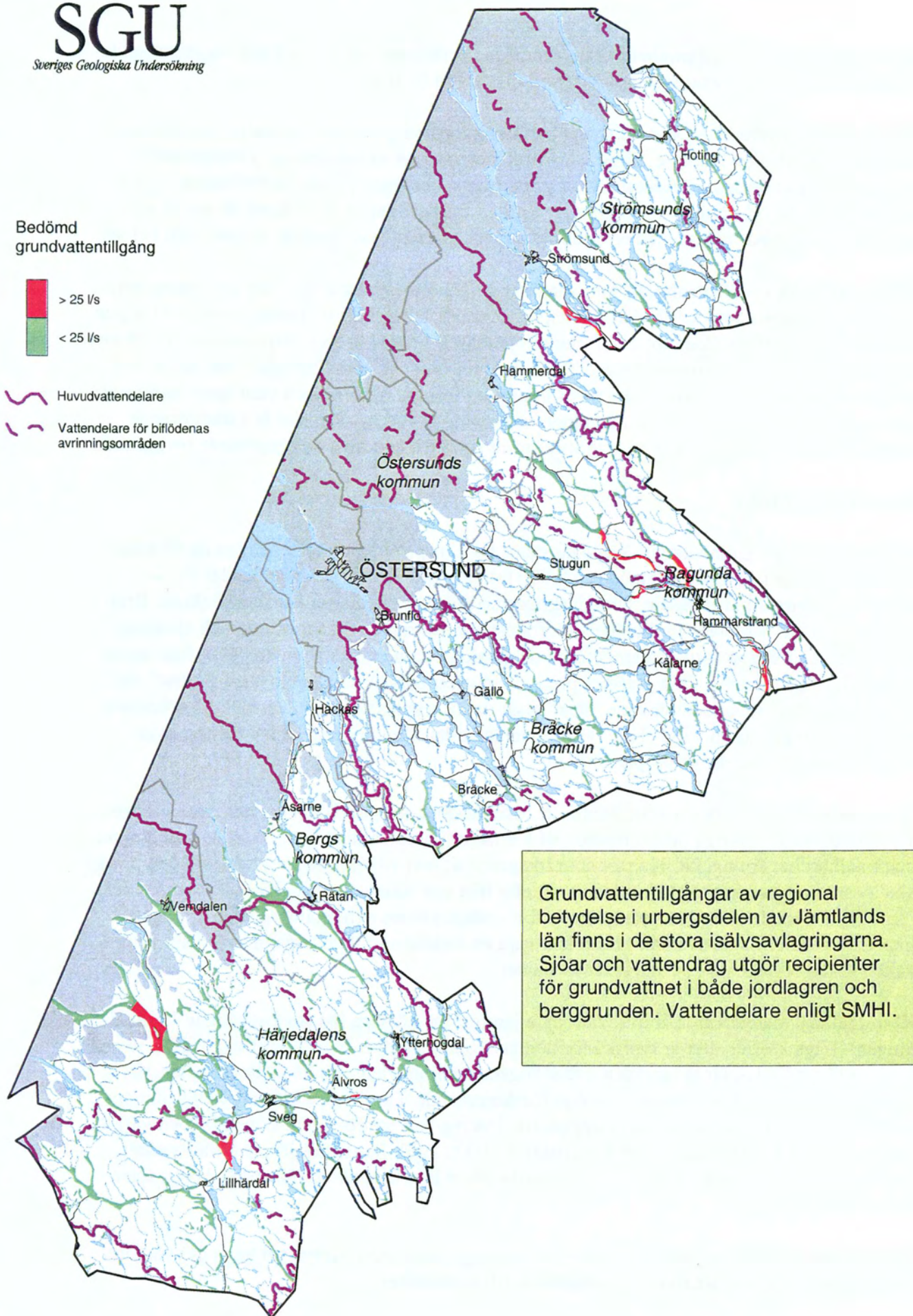
Sjöar, vattendrag och avrinningsområden med tillhörande vattendelare i länets urbergsdel framgår av Figur 20 /35/. Avrinningsområdena delas in i huvudavrinningsområden och biflödenas avrinningsområden. Huvudavrinningsområden har sin utloppspunkt i havet och är större än 200 km². Biflödenas avrinningsområden är större än 1000 km² och har sin utloppspunkt i ett större vattendrag. Av Figur 20 framgår att i urbergsdelen av Jämtlands län sker ytvattnets avrinning huvudsakligen via Faxälven, Indalsälven, Ljungan och Ljusnan. Grundvattnets lokala och regionala strömning följer i huvudsak ytvattnets avrinningsvägar. Det bör dock noteras att länet är relativt högt beläget och att avrinningsområdena fortsätter österut, utanför länsgränsen. Vidare kan det inte uteslutas att de djupa, långa strömbanorna som utgår från länets höjdområden avviker från det regionala avrinningsmönstret.

Grundvattentillgångar

Grundvattentillgångar av regional betydelse i urbergsdelen av Jämtlands län återfinns i stråken med isälvsavlagringar. Genom att jämförelsevis stora grundvattenmängder kan lagras och transporteras i isälvsavlagringarna, har dessa fått betydelse för den kommunala vattenförsörjningen i länet. I Figur 20 redovisas bedömda grundvattentillgångar i åsarna enligt SGUs grundvattenkarta över Sverige /34/. 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 urbergsdelen av Jämtlands län har beräknats /36/ med hjälp av uppgifter om brunnsdjup, avsänkning och uttagskapacitet från ca 1000 brunnar i SGUs brunnarkiv. Data från sedimentära bergarter har inte tagits med. Brunnarna är ojämnt fördelade inom länet med flertalet brunnar belägna i anslutning till samhällen och längs älvdalarna. Områden med låg brunnstäthet har sämre noggrannhet hos de interpolerade ytorna. Den beräknade hydrauliska konduktiviteten för brunnarna varierar i allmänhet mellan 10⁻⁶ och 10⁻⁸ m/s. Medianvärde för beräknat K är 9,0x10⁻⁸ 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



Figur 20. Grundvattentillgångar och vattendelare i urbergsdelen av Jämtlands län. Grå färg indikerar fjällberggrund

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 urbergsdelen av länet, se Figur 21. Resultatet visar att variationerna är förhållandevis små. 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 (41 st).

Erfarenheter från borrhålsundersökningar visar att genomsläppligheten i den kristallina berggrunden avtar med djupet /37/. 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.

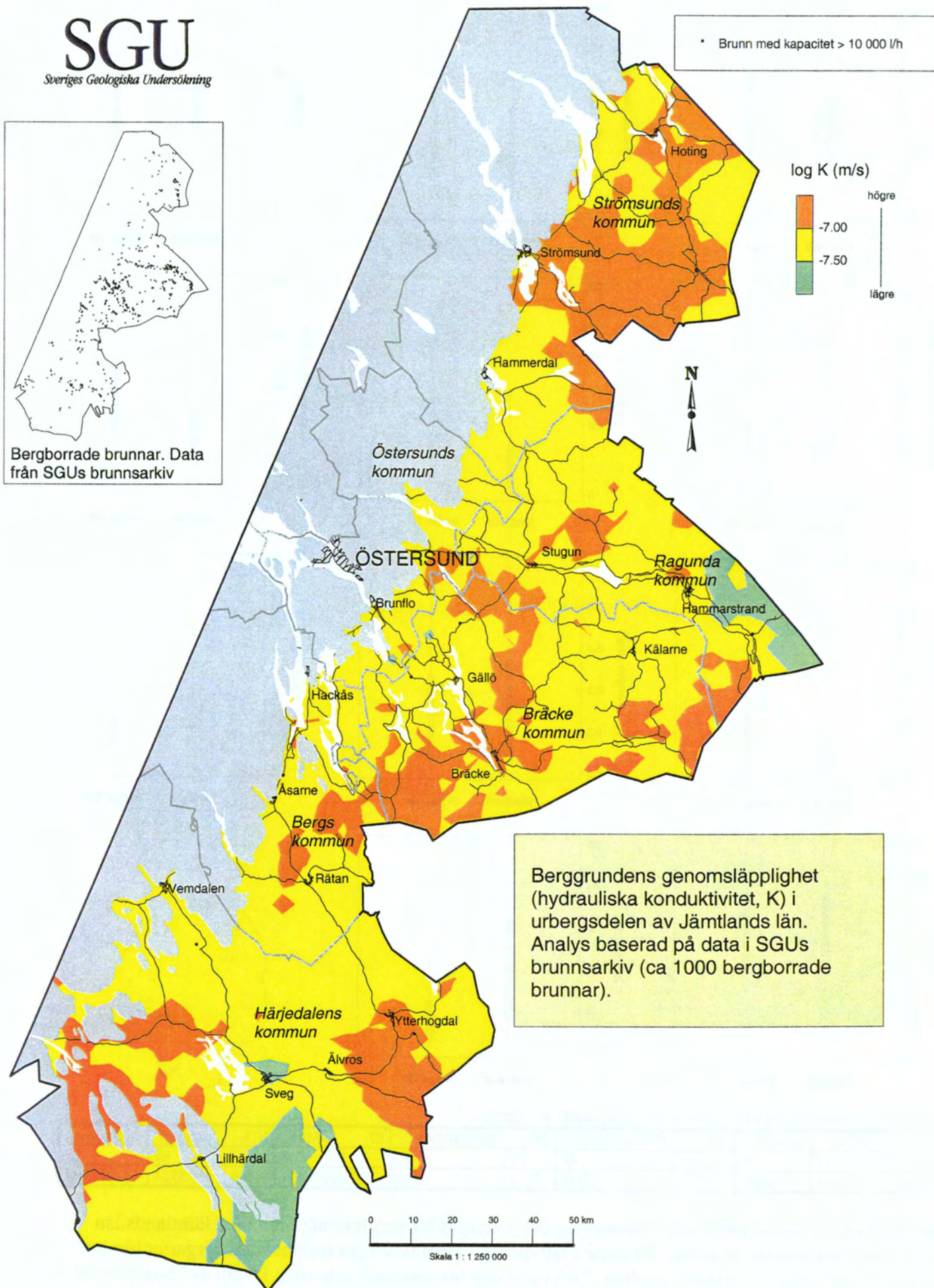
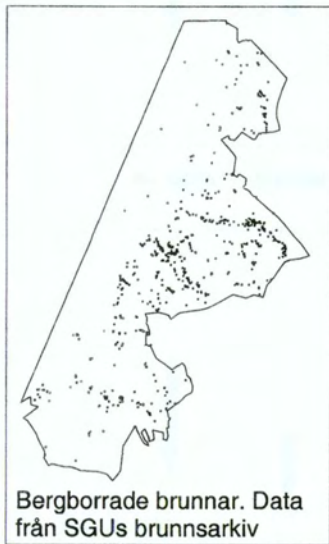
Grundvattnets kemi

Beskrivningen av grundvattnets kemiska status baseras på en jämförelse mellan ca 90 bergborrade brunnar i Jämtlands län och ca 9 000 brunnar från övriga delen av landet /5/, se Figur 22. Brunnar i lättvittrade, huvudsakligen sedimentära bergarter har inte beaktats. Brunnarna är ojämnt fördelade inom länet och främst koncentrerade till samhällen och älvdarna. Detta kan medföra att grundvattenkemin i de utvalda brunnarna kan avvika något från länets genomsnittliga tillstånd. 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.

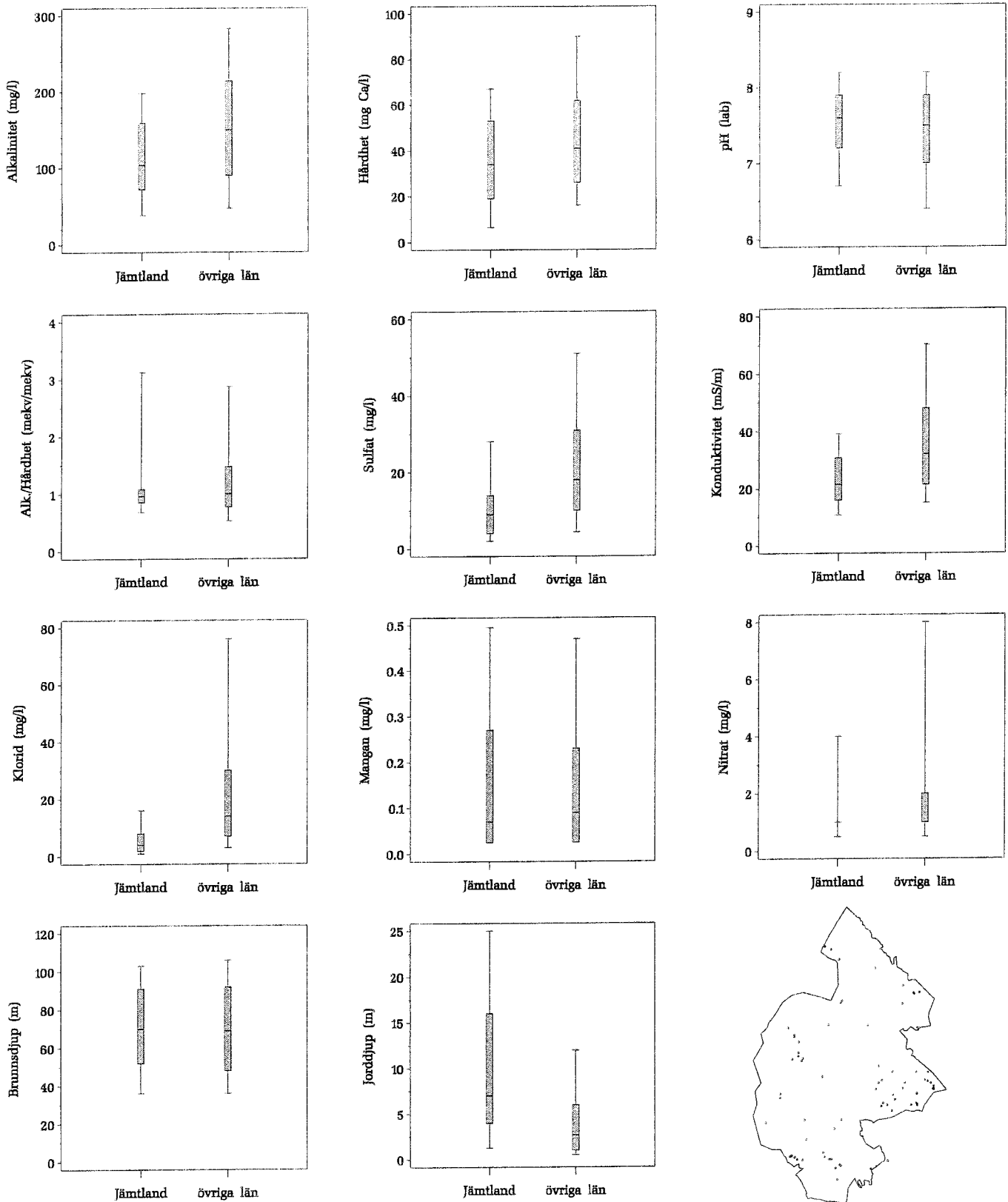
Vittringsberoende variabler som alkalinitet, totalhårdhet och konduktivitet har lägre värden i Jämtlands län än i övriga landet medan pH har något högre värden. Kvoten mellan alkalinitet och totalhårdhet är ungefär lika stor som riksgenomsnittet vilket innebär att antropogen påverkan av starka syror från nederbörden är ungefär lika stor som i övriga delar av landet. Under "naturliga" förhållanden är kvoten nära 1, d.v.s. alkaliniteten och totalhårdheten är ungefär lika. Liten försurningspåverkan i länet kan vara en förklaring till de höga pH-värdena. Nitrathalten är något lägre än i övriga delar av landet.

Kloridhaltens medianvärde är avsevärt lägre jämfört med övriga län (se även Figur 7 i inledningen). Låga kloridhalter är typiska för höglänta områden över högsta kustlinjen (HK, se röd linje på Figur 7). Låglänta områden under högsta kustlinjen har ofta höga kloridhalter, vilket kan bero på att relict saltvatten är vanligt förekommande. Den högsta kloridhalten som uppmätts i bergborrade brunnar i länet uppgår till 356 mg/l att jämföra med Östersjön och världshaven som har halter omkring 4000 respektive 20000 mg/l. Jämtlands län är förhållandevis högt beläget, i allmänhet ovanför högsta kustlinjen, vilket innebär att risken för höga kloridhalter är mycket liten.

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



Figur 21. Berggrundens genomsläpplighet i urbergsdelen av Jämtlands län (sammanställning februari 1998). Grå färg indikerar fjällberggrund och sedimentär berggrund



Antal analyser i Jämtlands län och övriga delen av landet:

	HCO ₃	Hårdhet	pH	HCO ₃ /Hårdhet	SO ₄	Konduktivitet	Cl	Mn	NO ₃	Jorddjup	Brunnsdjup
Jämtland	93	84	93	84	75	56	72	80	67	60	93
Övriga län	11654	10984	11977	10965	7115	9210	10728	9338	8688	8334	11992

Figur 22. Grundvattnets kemi samt brunnsdjup och jorddjup för bergborrade brunnar i Jämtlands 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 brunnsarkivets kemiarkiv och visas i insättskarta. Sammanställningen gjordes i februari 1998.

Brunnsdjupen är ungefär lika stora som i övriga län medan jorddjupen är större än i övriga län vilket kan bidra till höga pH-värden. Stora jorddjup borde också resultera i höga värden hos alkalinitet, totalhårdhet och konduktivitet vilket inte är fallet. Norra delen av Sverige har allmänt jonsvagt grundvatten vilket bl.a. kan vara ett resultat av kort omsättningstid hos grundvattnet och stor grundvattenbildning. Större delen av länet befinner sig också över högsta kustlinjen vilket kan bidra till lägre jonstyrka hos grundvattnet.

9 Geologiska förutsättningar för lokalisering av ett djupförvar

Sammanfattande slutsatser

Berggrunden inom urbergsdelen av Jämtlands län kan indelas i en äldre, nordlig del som domineras av metasedimentära bergarter och olika djupbergarter samt en yngre, sydlig del med i huvudsak oomvandlad berggrund. De bägge områdena skiljs åt av ett komplext stråk med bl.a. metavulkaniska bergarter. Bergartsmässigt dominerar olika typer av granit medan basiska djupbergarter, metasedimentära bergarter, metavulkaniska och vulkaniska bergarter förekommer i mer begränsad omfattning. Basiska intrusioner i form av branta gångar och flackt stupande lagergångar förekommer rikligt på flera håll. Även pegmatitgångar och mindre pegmatitmassv är vanliga. Graniter är generellt sett gynnsamma ur säkerhets- och byggnadsteknisk synpunkt. Även metasedimentära bergarter kan i vissa fall vara gynnsamma medan metavulkaniter och gångbergarter är generellt sett olämpliga i detta sammanhang.

Bedömningen av *berggrundens homogenitet* försvåras av att blottningsgraden i allmänhet är låg. Dock kan konstateras att berggrunden sällan är helt homogen över större områden. Inhomogeniteter förekommer i form av t.ex. gångbergarter och inneslutningar. Djupbergarterna är genomgående mer homogena än ytbergarterna. Graniterna i länet framstår till övervägande del som homogena även om det lokalt kan uppträda betydande inslag av pegmatitgångar eller fragment av sidoberget. De sedimentära bergarterna är i allmänhet mycket inhomogena i hållskala men den generellt uppträdande ådringen gör att bergarten i ett större perspektiv ofta kan betraktas som homogen.

Jämtlands län kan inte sägas vara rikt på *mineral- och bergartsresurser*. Ett antal fyndigheter av bl. a. zink, koppar och guld finns dock och inom några områden pågår prospekteringsarbeten. De viktigaste kända mineralresurserna inom urbergsdelen av länet återfinns i ett stråk mellan Hackås och öster om Ytterhogdal samt i sydöstra delen av Ragunda kommun. Brytning av kvarts, inklusive rosenkvarts, och fältspat från pegmatiter har skett under 50- och 60-talen men idag pågår ingen produktion. Granit har tidigare brutits som monumentsten. Uttag, främst av granit, till krossberg görs idag på några ställen.

Ett antal *plastiska skjuvzoner* uppträder i länet. Zonerna är upp till flera kilometer breda och tillhör ett betydelsefullt regionalt system av plastiska deformationszoner i centrala Sverige. Den klart dominerande strykningsriktningen är NV till NNV. *Sprickzoner* uppträder inom urbergsdelen av Jämtlands län med varierande orientering men tre riktningar, ONO till OSO, NV och NNV till N-S dominerar. Bredden på de spröda zonerna kan vara upp till flera hundra meter och stupningen antas i de flesta fall vara brant till vertikal. Berggrunden i Lockneområdet söder om Brunflo har tolkats som påverkad, delvis uppsprucken, av ett meteoritnedslag som skett för ca 455 miljoner år sedan.

Undersökningsområdet är i väster utbildat som en bergkulleterräng och i öster som ett sprickdalslandskap med riktningen NNV. Tvärs över sprickdalarna skär älvdalarna med O-V-lig riktning. Morän med varierande sammansättning och utformning dominerar bland *jordarterna*. Jorddjupen är starkt varierande. De största djupen har konstaterats i de nordliga sprickdalarna och i älvdalarna. Hela länet, så när som på några dalgångar längst i öster, ligger över högsta kustlinjen. Vidare ligger länet väster om det bälte längs norrlandskusten där frekvensen av *jordskalv* är förhöjd. *Sen- eller postglaciala förkastningar* är ej med säkerhet konstaterade i länet. Två förkastningsbranter i nordvästra delen av Bräcke kommun antas dock kunna ha utbildats efter eller i ett sent skede under den senaste istiden. Nuvarande *landhöjning* är störst i den nordöstra delen av länet, ca 0,7 m/100 år, medan den i västligaste delen av Härjedalen är ca 0,4 m/100 år.

Ur *hydrogeologisk synvinkel* kan konstateras att variationerna i berggrundens genomsläpplighet i länsskalan är förhållandevis små även om stora lokala variationer finns. De lokala variationerna beror främst på om vattenförande sprickzoner påträffats vid brunnborrningen. Grundvattnets djupa, långa strömbanor utbildas i höjdområdena i väster och utströmning sker till större sjöar och vattendrag, alternativt till havet öster om länet. Stora höjdskillnader i länet medför att grundvattnets flödes hastighet ökar och att omsättningstiden blir jämförelsevis kort. Grundvattentillgångar av regional betydelse i urbergsdelen av Jämtlands län återfinns i stråken med isälvsavlagringar. Grundvattnets kemiska sammansättning visar att påverkan av syror från nederbörden är ungefär lika stor som genomsnittet i riket. Högre pH-värden än genomsnittet tyder på liten allmän försurningspåverkan. Kloridhalterna är låga vilket kan förklaras av att länet är förhållandevis högt beläget.

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 iakttagas vid en lokalisering av ett djupförvar till ett seismiskt mer aktivt område.

Områden som uppfyller sådana villkor återfinns inom stora domäner mellan plastiska skjuvzoner. Dessa domäner 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.

Urbergsdelen av Jämtlands 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 san-

nolikt lämpligt har gjorts saknas såväl modern berggrundsgeologisk information i skala 1:50 000 som flyggeofysisk information. Även modern jordartsgeologisk information i skala 1:50 000 eller 1:100 000 saknas. Bedömningen i dessa områden baseras 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. I gränsområdena mot Västernorrlands och Gävleborgs län har resultaten av motsvarande undersökningar av dessa län beaktats.

Bedömningen i urbergsdelen av länet baseras på undersökningsområdets förutsättningar med avseende på berggrundens sammansättning, framtida prospekteringsintresse och tolkade deformationszoner. Generellt kan konstateras att frekvensen jordskalv är låg inom hela länet. Två förkastningsbranter i länets centrala del antas ha utbildats postglacialt eller under ett sent skede av den senaste nedisningen. Andra sen- eller postglaciala rörelser har inte indikerats vid SGUs undersökningar. 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:

- Ett stort område i centrala delen av undersökningsområdet där det finns plastiska skjuvzoner av regional betydelse, inkluderande Storsjön-Edsbynsskjuvzonen. Området är också av intresse för mineralprospektering. Vidare har berggrunden söder om Brunflo påverkats av ett meteoritnedslag för ca 455 miljoner år sedan.
- Ett område söder om Hammarstrand i sydöstra delarna av Ragunda and Bräcke kommuner som för närvarande är föremål för mineralprospektering och där det dessutom förekommer några relativt smala plastiska skjuvzoner.
- Flera långa och relativt smala områden längs med plastiska skjuvzoner inom den norra delen av undersökningsområdet.
- Ett par små områden i söder som bedöms vara potentiellt malmintressanta.
- Områden i den södra delen av länet bestående av sandsten och konglomerat. Dessa bergarter tillhör en sekvens, den s.k. Dalasandstenen, som är upp till ca 800 m mäktig. De överlagrar äldre prekambrisk bergarter och visar en tendens till förhöjd vattengenomsläpplighet jämfört med andra prekambrisk bergarter.

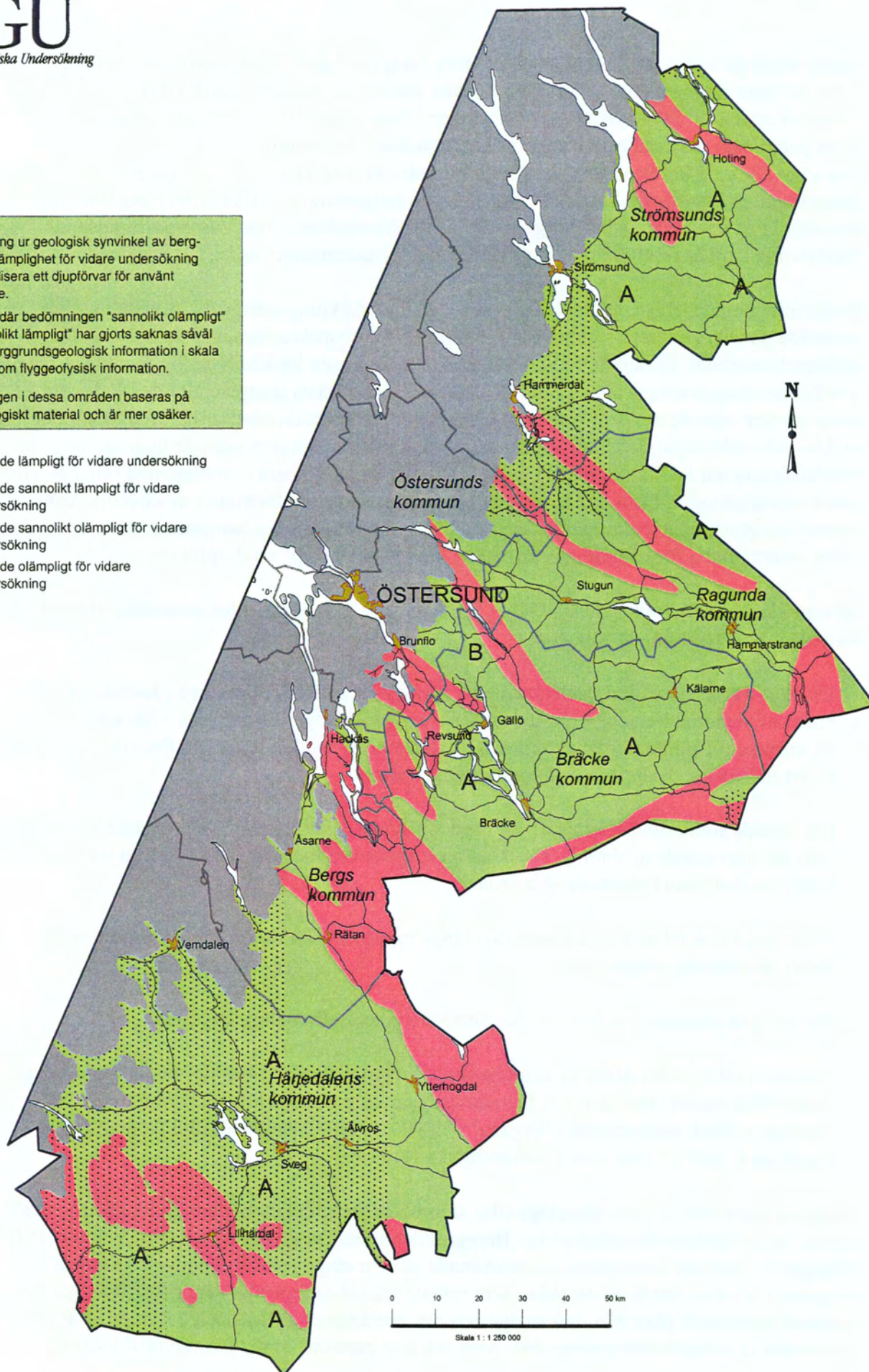
Områden vilka tolkats som **lämpliga** eller **sannolikt lämpliga** för vidare undersökning utgör en stor del av undersökningsområdet. Berggrunden inom dessa områden består av granit och ytbergarter i sydväst samt granit, underordnade äldre metagranitoider och metasedimentära bergarter i nordost. Inom de områden som tolkats som lämpliga eller sannolikt lämpliga har regionalt betydande plastiska deformationszoner inte kunnat påvisas och bergarterna är inte intressanta ur prospekteringssynpunkt. Som tidigare påpekats är det berggrundsblocken

Klassificering ur geologisk synvinkel av berggrundens lämplighet för vidare undersökning för att lokalisera ett djupförvar för använt kärnbränsle.

I områden där bedömningen "sannolikt olämpligt" och "sannolikt lämpligt" har gjorts saknas såväl modern berggrundsgelogisk information i skala 1:50 000 som flyggeofysisk information.

Bedömningen i dessa områden baseras på äldre geologiskt material och är mer osäker.

- Område lämpligt för vidare undersökning
- Område sannolikt lämpligt för vidare undersökning
- Område sannolikt olämpligt för vidare undersökning
- Område olämpligt för vidare undersökning



Figur 23. Översiktlig bedömning ur geologisk synvinkel av berggrundens lämplighet för vidare undersökning i urbergsdelen av Jämtlands län. Områdena A och B refereras till i texten. Grå färg indikerar fjällberggrund.

mellan de uthålliga sprickzonerna och stråken av isälvsavlagringar i dessa områden som kan bli aktuella för lokalisering av ett djupförvar.

Om mer detaljerade undersökningar av de potentiellt gynnsamma områdena inom urbergsdelen av Jämtlands län skulle bli aktuella bör några faktorer särskilt beaktas:

- Den höga frekvensen av diabasgångar och -lagergångar inom undersökningsområdet (A i Figur 23) och de problem som detta kan medföra i form av inhomogen berggrund och ökad vattengenomsläpplighet längs kontakterna till dessa gångar.
- Förekomsten av möjliga sen- eller postglaciala förkastningszoner i den nordvästra delen av Bräcke kommun (B i Figur 23). Kompletterande arbeten för att bekräfta förekomsten av och klarlägga betydelsen av dessa zoner bör utföras.
- De stora höjdskillnaderna i länet i sin helhet som medför att grundvattnets flödes hastighet ökar och att omsättningstiden blir jämförelsevis kort.

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 **Högbom, A.G., 1894:** Geologisk beskrifning öfver Jemtlands län. Sveriges geologiska undersökning, C 140, 1-107.
- 8 **Högbom, A.G., 1920:** Geologisk beskrifning över Jämtlands län. Med 2 kartor. Sveriges geologiska undersökning, C 140, 1-139.
- 9 **Sjöblom, B., Lundqvist, T. & Aaro, S., 1987:** Berggrundskartorna 15 E Älvho, 1:50 000. Sveriges geologiska undersökning, Ai 19-22.
- 10 **Delin, H. & Aaro, S., 1992:** Berggrundskartorna 16F Kårböle, 1:50 000. Sveriges geologiska undersökning, Ai 56-59.
- 11 **Delin, H. & Aaro, S., 1994:** Berggrundskartan 17F Ånge SO, 1:50 000. Sveriges geologiska undersökning, Ai 83.
- 12 **Delin, H. & Aaro, S., 1994:** Berggrundskartan 17F Ånge SV, 1:50 000. Sveriges geologiska undersökning, Ai 82.
- 13 **Lundegårdh, P.H., Gorbatshev, R., Kornfält, K.-A., Strömberg, A., Karis, L., Zachrisson, E., Sjöstrand, T. & Skoglund, R., 1984:** Karta över berggrunden i Jämtlands län. Sveriges geologiska undersökning, Ca 53.
- 14 **Gorbatshev, R., Kornfält, K.-A. & Lundegårdh, P.H., 1997:** Beskrifning till berggrundskartan över Jämtlands län. Del 1: Urberget. Sveriges geologiska undersökning, Ca 53:1, 1-250.

- 15 **Lundqvist, T., 1987:** Karta över berggrunden i Västernorrlands län. Sveriges geologiska undersökning, Ba 31.
- 16 **Kornfält, K.-A., 1976:** Petrology of the Ragunda rapakivi massif, central Sweden. Sveriges geologiska undersökning, C 725, 1-111.
- 17 **Andersson, U.B., 1997:** Petrogenesis of some Proterozoic granitoid suites and associated basic rocks in Sweden (geochemistry and isotope geology). Sveriges geologiska undersökning, Rapporter och meddelanden 91, 1-216.
- 18 **Ekström, B. & Neyman, T., 1980:** Berg och malm i Jämtlands län. Statens Industriverk PM 1980:4, 1-183.
- 19 **Lundegårdh, P.H., 1971:** Nyttosten i Sverige. Almqvist & Wiksell, 271 s.
- 20 **Sundius, N., 1952:** Kvarts, fältspat och glimmer samt förekomster därav i Sverige. Sveriges geologiska undersökning, C 520, 1-231.
- 21 **Ginet, C.B., 1980:** Geological evolution of the Bodsjö area, central Sweden. Opublicerad doktorsavhandling, Genève, 164 s.
- 22 **Bergman, S. & Sjöström, H., 1994:** The Storsjön-Edsbyn deformation zone, central Sweden. Opublicerad FoU-rapport (SGU), 1-46.
- 23 **Högdahl, K., Lundqvist, L. & Sjöström, H., 1998:** Major shear deformation in the post-orogenic Revsund granite in Jämtland, central Sweden. Nordiske Vintermøde, Abstract volume, Århus 1998, 125.
- 24 **Lindström, M., Sturkell, E.F.F., Törnberg, R. & Ormö, J., 1996:** The marine impact crater at Lockne, central Sweden. GFF 118, 193-206.
- 25 **Lidmar-Bergström, K., 1994:** Berggrundens ytformer. I: C. Fredén (red.), *Berg och jord*. — Sveriges Nationalatlas, 44-54.
- 26 **Lundqvist, J., 1969:** Beskrivning till jordartskarta över Jämtlands län. Sveriges geologiska undersökning, Ca 45, 1-418.
- 27 **Lundqvist, J., 1987:** Beskrivning till jordartskarta över Västernorrlands län och förutvarande Fjällsjö k:n. Sveriges geologiska undersökning, Ca 55, 1-270.
- 28 **Fredén, C., 1994:** Jordarterna. I: C. Fredén (red.), *Berg och jord*. — Sveriges Nationalatlas, 104-119.
- 29 **Lundqvist, J. & Robertsson, A.-M., 1994:** Äldre istider och mellanistider. I: C. Fredén (red.), *Berg och jord*. — Sveriges Nationalatlas, 120-124.
- 30 **Lundqvist, J., 1994:** Inlandsisens avsmältning. I: C. Fredén (red.), *Berg och jord*. — Sveriges Nationalatlas, 124-135.

- 31 **Boulton, G.S., Smith, G.D., Jones, A.S. & Newsome, J., 1985:** Glacial geology and glaciology of the last mid-latitude ice sheets. *Journal of the Geological Society of London* 142(3), 447-474.
- 32 **Lagerbäck, R., 1988:** Förkastningsbranter sydväst om sjön Ismunden. Sveriges geologiska undersökning, dokumentationsrapport, 1-2.
- 33 **Lagerbäck, R., 1994:** Evidence of early Holocene earthquakes in northern Fennoscandia. Proceedings of the workshop on paleoseismology 18-22 September 1994, Marshall, California. U.S. Department of the Interior, U.S. Geological Survey, 105-107.
- 34 **SGU, 1994:** Grundvattnet i Sverige. Sveriges geologiska undersökning, Ah 17 (karta, 1:1 miljon).
- 35 **SMHI, 1995:** Sveriges Vattensystem. I: B. Raab & H. Vedin (red.), *Klimat, sjöar och vattendrag*. — Sveriges Nationalatlas, 116-123.
- 36 **Carlsson, L. & Carlstedt, A., 1977:** Estimation of transmissivity and permeability in Swedish bedrock. *Nordic Hydrology* 8, 103-116.
- 37 **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.
- Charnockit.** 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.

Förskifring. 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 isälvs sediment.

Isälvs sediment. 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 ryg, huvudsakligen uppbyggd av isälvs sediment 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.

Lervarvmätningar. 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.

Orogent 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 beter sig som en trögflytande massa. Vid denna deformation bildas t ex plastiska skjuvzoner med kraftig förskiffring och linjärstruktur.

Plastisk skjuvzon. Se plastisk deformation.

Plattekttonik. 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. Stötvågor (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 tvålaktigt 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 SiO₂.

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) SiO₂.

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.