

R-98-36

Översiktsstudie av Västernorrlands län

Geologiska förutsättningar

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

Sammanställning och slutsatser
Michael Stephens och Rune Johansson

Sveriges Geologiska Undersökning (SGU)

Augusti 1998

Svensk Kärnbränslehantering AB

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



Översiktsstudie av Västernorrlands län

Geologiska förutsättningar

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

Sammanställning och slutsatser
Michael Stephens och Rune Johansson

Sveriges Geologiska Undersökning (SGU)

Augusti 1998

INNEHÅLLSFÖRTECKNING

i

1	Inledning	1
2	Viktiga geologiska faktorer vid lokaliseringen av ett djupförvar	1
3	Västernorrlands län i ett regionalt geologiskt perspektiv	5
	Berggrundsgeologi	5
	Jordartsgeologi och jordskalv	5
	Hydrogeologi	5
4	Bergarter och berggrundens homogenitet	11
	Ytbergarter	11
	Djupbergarter	14
	Lagergång- och gångbergarter	15
	Berggrundens homogenitet	15
5	Mineral- och bergartsresurser	15
	Översikt över mineral- och bergartsresurser	16
	Mineralresurser	16
	Nyttosten	16
	Pågående prospektering	16
	Potentiellt prospekteringsintressanta områden	18
6	Deformationszoner	18
	Definitioner och metodik	18
	Plastiska skjuvzoner	19
	Sprickzoner och förkastningar	19
	Deformationszoner i tid och rum	23
7	Jordarter, jorddjup samt sen- och postglaciala rörelser i jordskorpan	23
	Isavsmältning och postglacial utveckling	23
	Jordarter och jorddjup	27
	Sen- och postglaciala rörelser i jordskorpan inkluderande jordskalv	31
8	Hydrogeologi	31
	Grundvattnets bildning och strömning	31
	Grundvattentillgångar	36
	Berggrundens genomsläpplighet	36
	Grundvattnets kemi	36
9	Geologiska förutsättningar för lokalisering av ett djupförvar	40
	Sammanfattande slutsatser	40
	Områden lämpliga för vidare undersökning	41
10	Referenser	45
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 Västernorrlands län, se Figur 1.

Länsöversikten baseras på befintlig, ibland ofullständig information i form av analoga eller digitala berggrundsgeologiska kartor, jordartskartor och tematiska kartor av olika slag samt beskrivningar till dessa kartor, se Figur 2. Digitala höjddata och flyggeofysisk information har använts framför allt för studier av deformationszoner, medan data från bland annat SGUs brunnarsarkiv nyttjats för studier av jordmättighet, hydrogeologi och vattenkemi. Moderna detaljerade kartor i skala 1:50 000 eller 1:100 000 saknas i stort sett över hela länet. Emellertid finns det moderna länskartor för både berg och jord i skala 1:200 000. En stor del av länet täcks av flyggeofysisk information men dessa data saknas i kustregionen. I de följande kapitlen redovisas i detalj vilka data som använts för respektive delstudie. Omfattningen av länsöversikten har inte medgivit införlivande av resultat från detaljstudier av enskilda områden, t.ex. SKBs typområde vid Gideå, se Figur 1.

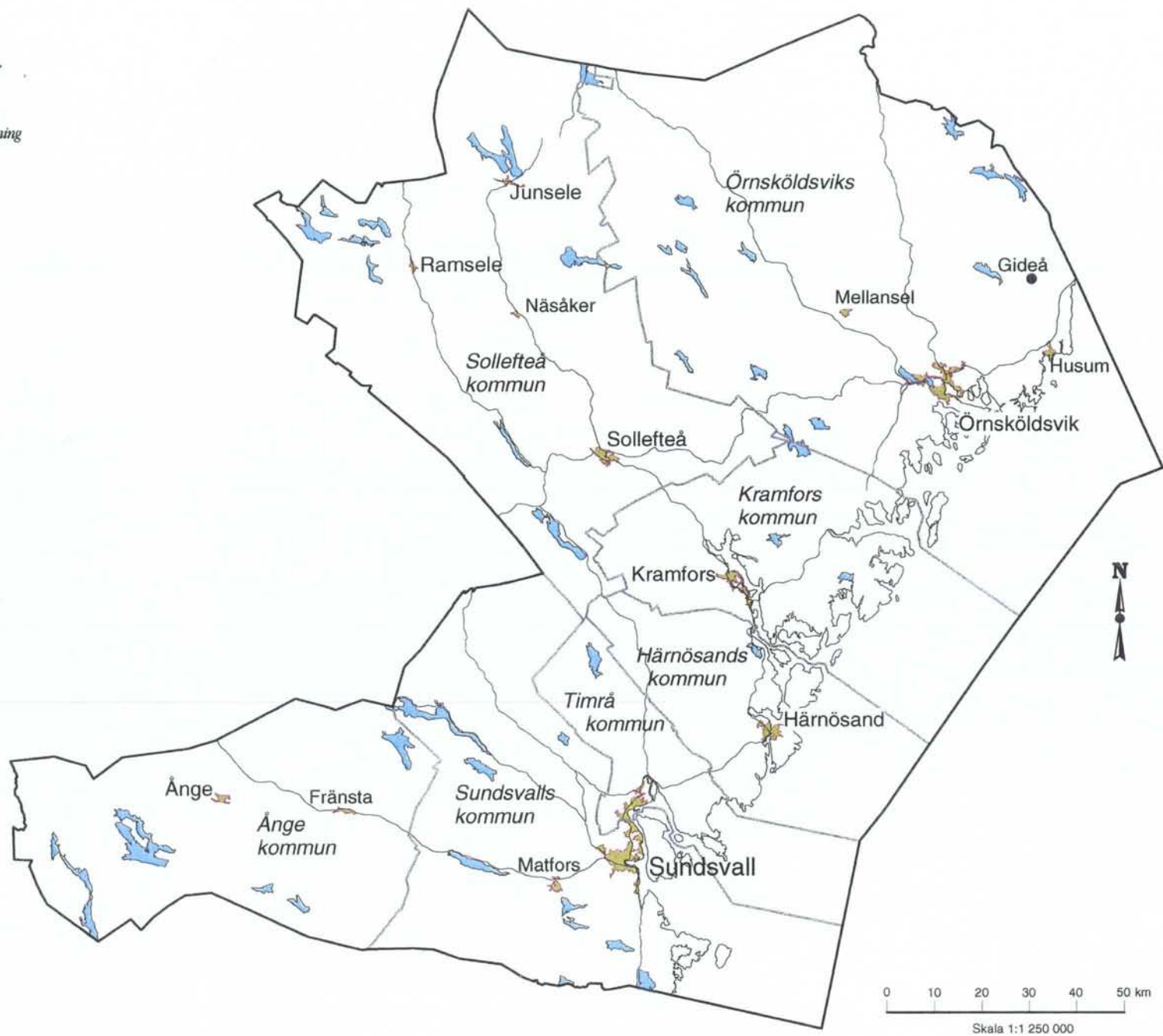
För att uppfylla kravet på vetenskaplig relevans kombinerad med rimlig förståelse för läsare utan geovetenskaplig bakgrund har förklaringar till facktermer inkluderats. Dels ges förklaringar till termerna i texten första gången de förekommer, dels har en geologisk ordlista bifogats, se Bilaga A. I flera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

2 Viktiga geologiska faktorer vid lokaliseringen av ett djupförvar

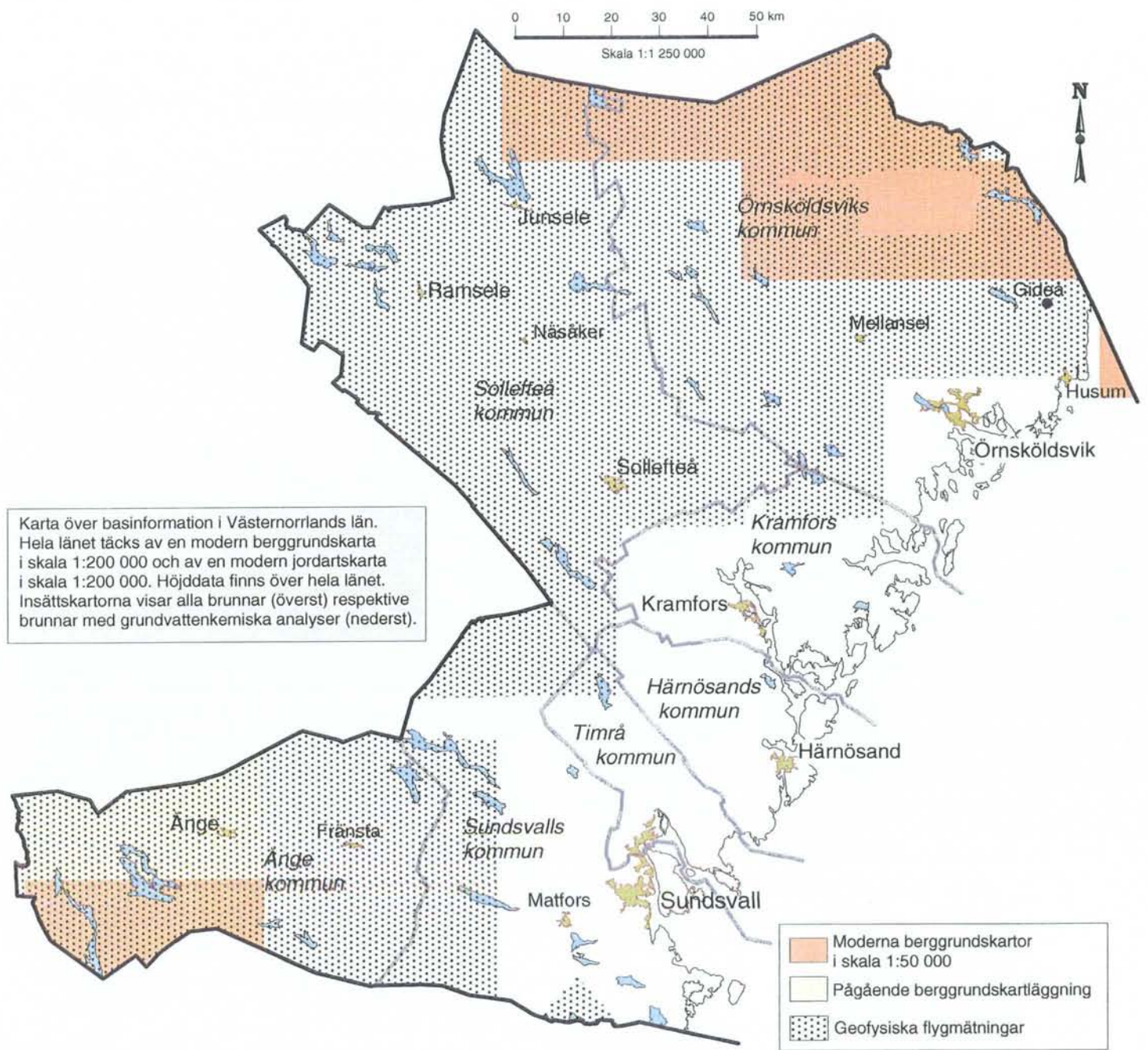
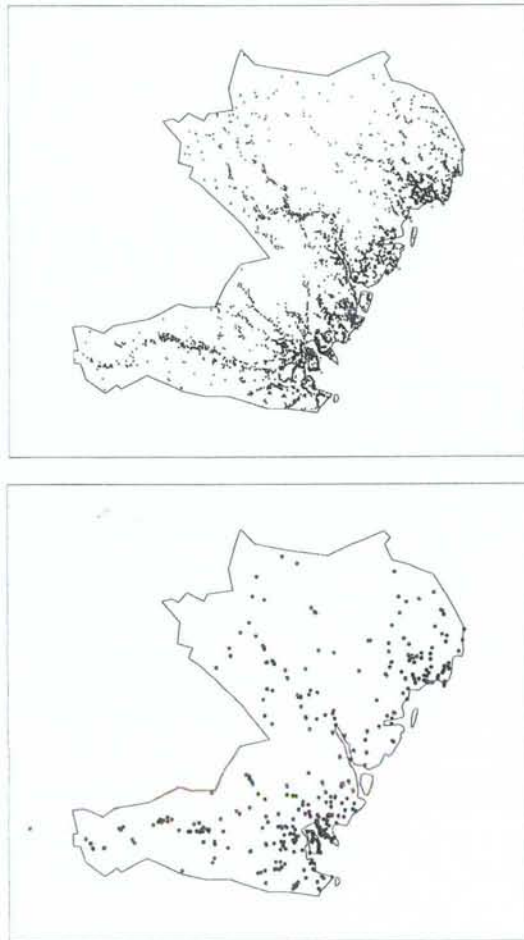
De geologiska lokaliseringsfaktorer som studerats är berggrundens sammansättning och homogenitet, förekomst av mineral och bergartsresurser, regionala deformationszoner, jordlagrens sammansättning och mäktighet, sen- och postglaciala rörelser i jordskorpan, landhöjning samt hydrogeologiska förhållanden. 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 vara 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 tiotals, ibland hundratals miljoner år sedan, men det finns en tendens att yngre rörelser följer äldre zoner, s.k. reaktivering. Eventuella framtida rörelser i berggrunden kan därför antas i stor utsträckning komma att ske längs tidigare utbildade deformationszoner. I deformationszoner har berggrunden i många fall en inhomogen uppbyggnad och bör på grund av detta behandlas med försiktighet. Dessutom kan vissa mineraliseringar förekomma längs deformationszoner som då kan betraktas som potentiellt malmintressanta. Zonerna kan också medföra bergtekniska komplikationer.



Figur 1. Västernorrlands län med kommuner, tätorter och övriga geografiska namn som används i texten



Karta över basinformation i Västernorrlands län. Hela länet täcks av en modern berggrundskarta i skala 1:200 000 och av en modern jordartskarta i skala 1:200 000. Höjddata finns över hela länet. Insättskartorna visar alla brunnar (överst) respektive brunnar med grundvattenkemiska analyser (nederst).

- Moderna berggrundskartor i skala 1:50 000
- Pågående berggrundskartläggning
- Geofysiska flygmätningar

Figur 2. Basgeologisk och geofysisk information i Västernorrlands län (sammanställning maj 1997)

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- och postglaciala rörelser 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 beskriver 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 förhöjd frekvens av betydligt större skalv än vad som inträffat under historisk tid. Dessa större skalv kan ha skett med intervaller av många tusen år och därmed missats i statistiken. En viss 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 Västernorrlands län i ett regionalt geologiskt perspektiv

Berggrundsgeologi

Huvuddelen av berggrunden i centrala Sverige, inklusive den södra delen av Norrland, bildades och omvandlades för ca 1950-1500 miljoner år sedan under och efter den s.k. svekokarelska orogenesen (bergskedjebildningen), se Figur 3 /2/. Under denna period bildades magmatiska yt- och djupbergarter samt sedimentära bergarter. De bergarter som idag återfinns vid ytan är vanligen mer eller mindre deformerade och omvandlade. Omvandling och deformation har skett när bergarterna låg på 10-15 km djup i jordskorpan och vid en temperatur i intervallet 400-800°C.

Berggrunden i Västernorrlands län är välblottad i kustområdet och inom vissa begränsade områden i inlandet. Länet ligger inom den svekokarelska orogenen och berggrunden utgörs huvudsakligen av metasedimentära bergarter vilka är vanliga i Sverige. Prefixet "meta" betecknar att en bergart genomgått omvandling (metamorfos). I länets sydligaste och nordligaste delar finns större områden med djupbergarter, huvudsakligen granitoider. Lagergång- och gångbergarter utgör ett betydande inslag i berggrunden i länets sydvästra och norra delar, samt i kustregionen.

Västernorrlands län ligger geografiskt mellan de malmrika provinserna i Bergslagen och Skelleftefältet. Mineral- och bergartsresurser är av underordnad betydelse i länet.

Plastiska skjuvzoner uppträder längs kusten samt genomtvärs länet huvudsakligen i NV-lig riktning, i söder dock även i mer O-V-lig riktning. Viktiga 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

Kustområdet i Västernorrlands län, upp till ca 25 km in i landet, tillhör "Mellersta Norrlands berg och sedimentområde". Blottningsgraden är mycket hög vilket innebär att kallt berg dominerar, se Figur 4 /3/. Längre in i landet, inom "Södra och mellersta Norrlands morän- och myrområde", är blottningsgraden i stället vanligen låg. Morän och torv är de dominerande jordarterna med undantag av de större dalgångarna där isälvsediment och postglaciala sediment dominerar, se Figur 4 /3/.

De kustnära delarna av länet ligger inom ett bälte med förhöjd frekvens av registrerade jordskalv längs Norrlandskusten, se Figur 5. I övrigt har, vid SGUs jordartskartering av länet, inte gjorts några observationer som tolkats som resultat av sen- eller postglaciala rörelser.

Hydrogeologi

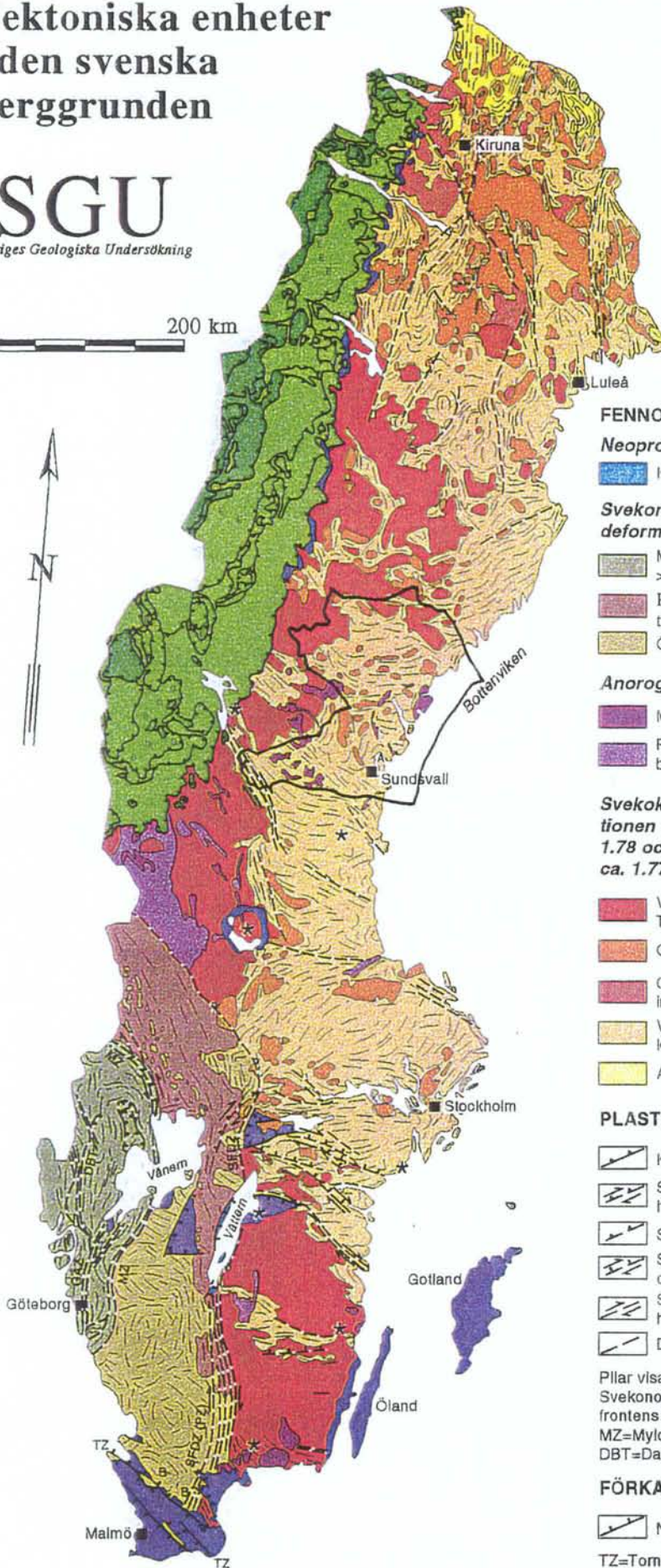
Landets grundvattentillgångar i jord och berg framgår av Figur 6 /4/ och kloridhalten i berggrundsvatten för hela Sverige redovisas i Figur 7 /5/. Grundvattenförhållandena styrs av de hydrologiska, topografiska och geologiska förhållandena. Västernorrlands län kännetecknas av en varierande topografi. De låglänta områdena nära kusten och i älvdalarna har en förhållandevis utslätad topografi och domineras av postglaciala jordarter och tunna jordlager eller kallt berg. De andra delarna av länet har en mer kuperad landskapsbild med morän och torv som

Tektoniska enheter i den svenska berggrunden

SGU

Sveriges Geologiska Undersökning

0 200 km



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

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

FANEROZOISKA SEDIMENTÄRA OCH MAGMATISKA BERGARTER SAMT IMPAKTSTRUKTURER

- Fanerozoiska sedimentära bergarter och diabas
- B Jurassiska och kretaceiska basaltkupper
- A Underkambriskt alkalint magmatiskt komplex (Alnöen)
- * 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 basall

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

Pllar 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=Tomquistzonen

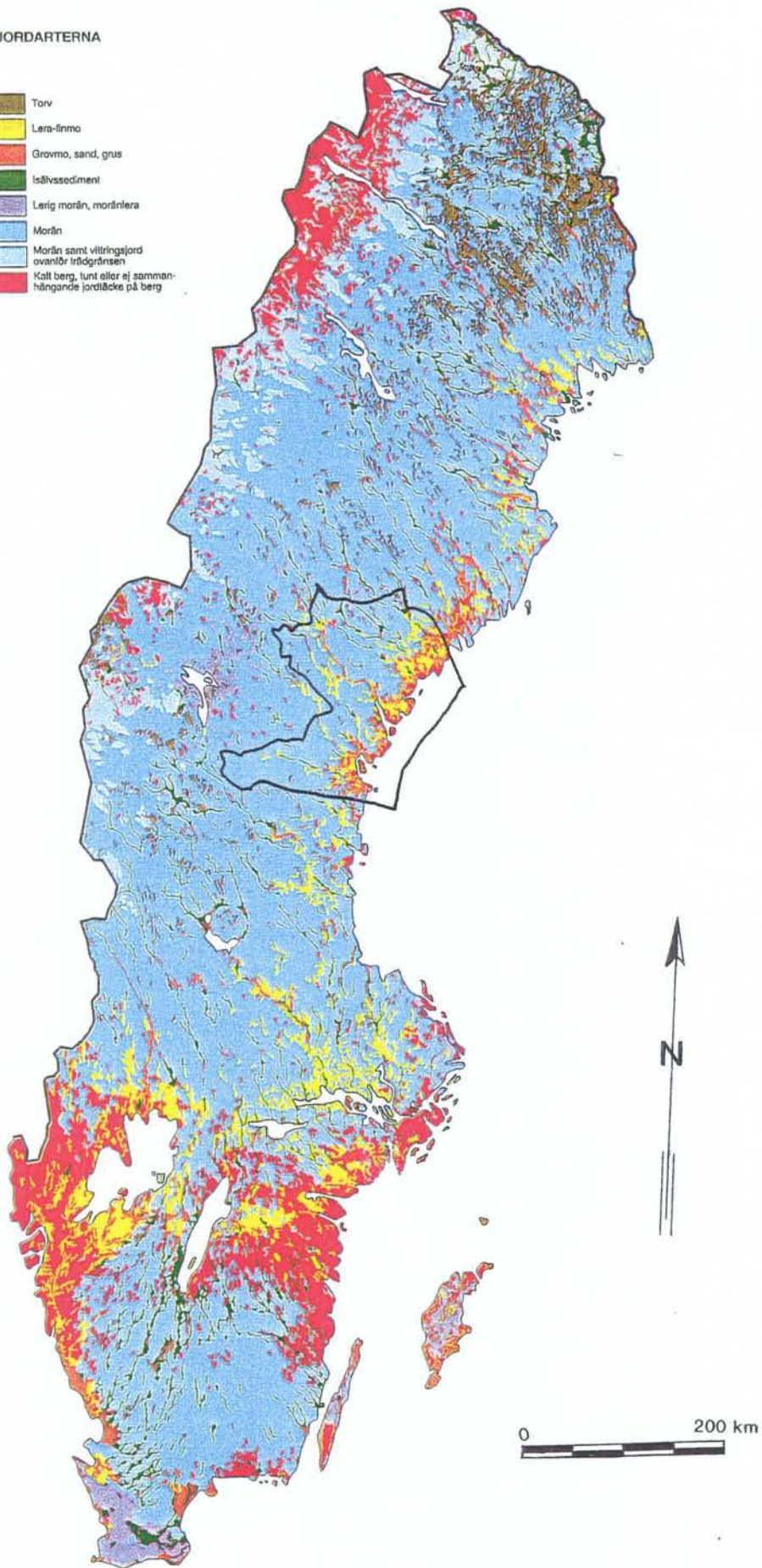
TMB*=Transskandinaviska magmatiska bältet
1 Ma=1 miljon år, 1 Ga=1000 miljoner år

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

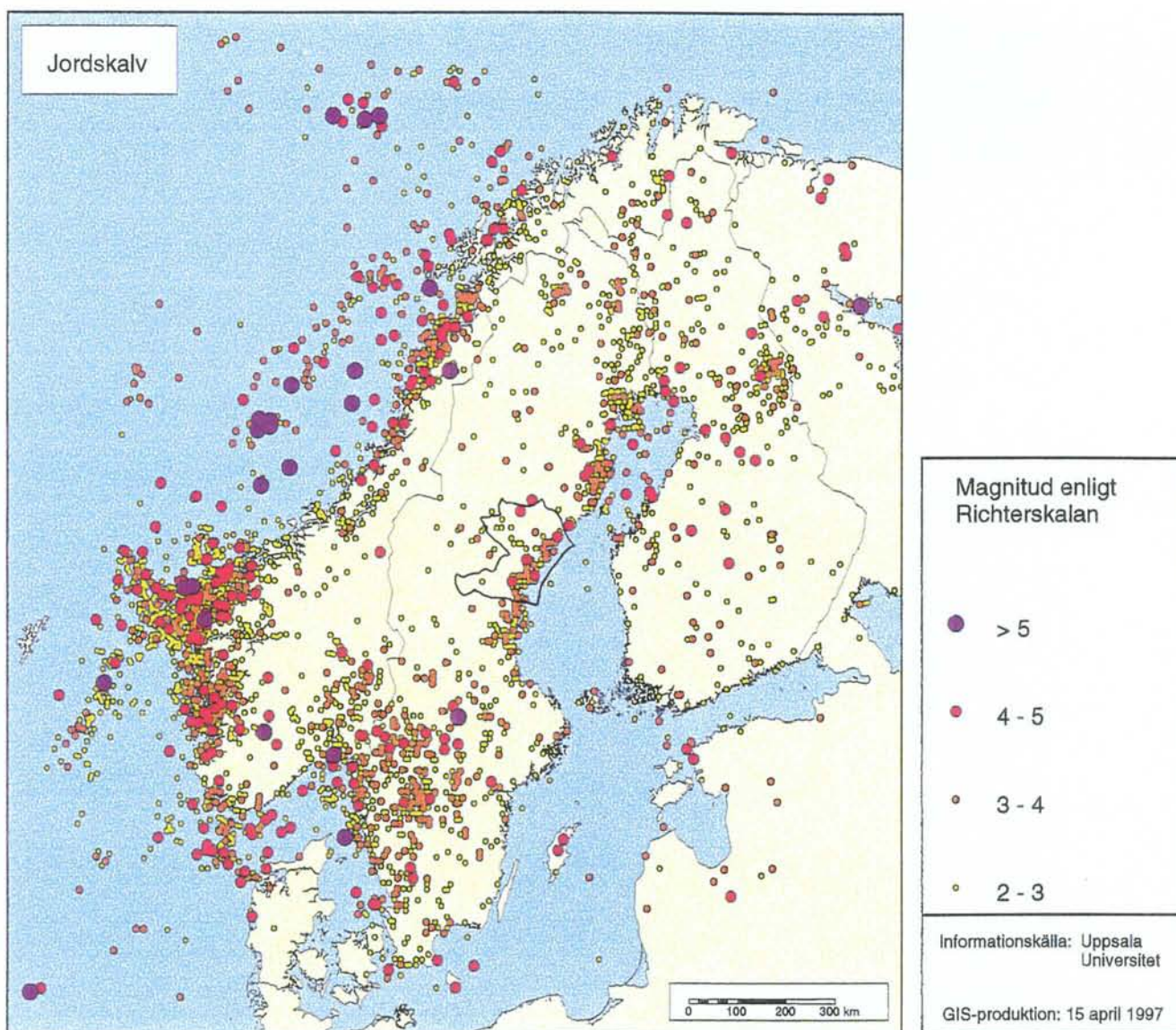
Figur 3. Huvudgeologiska enheter i den svenska berggrunden. Västernorrlands län är markerat med en svart linje

JORDARTERNA

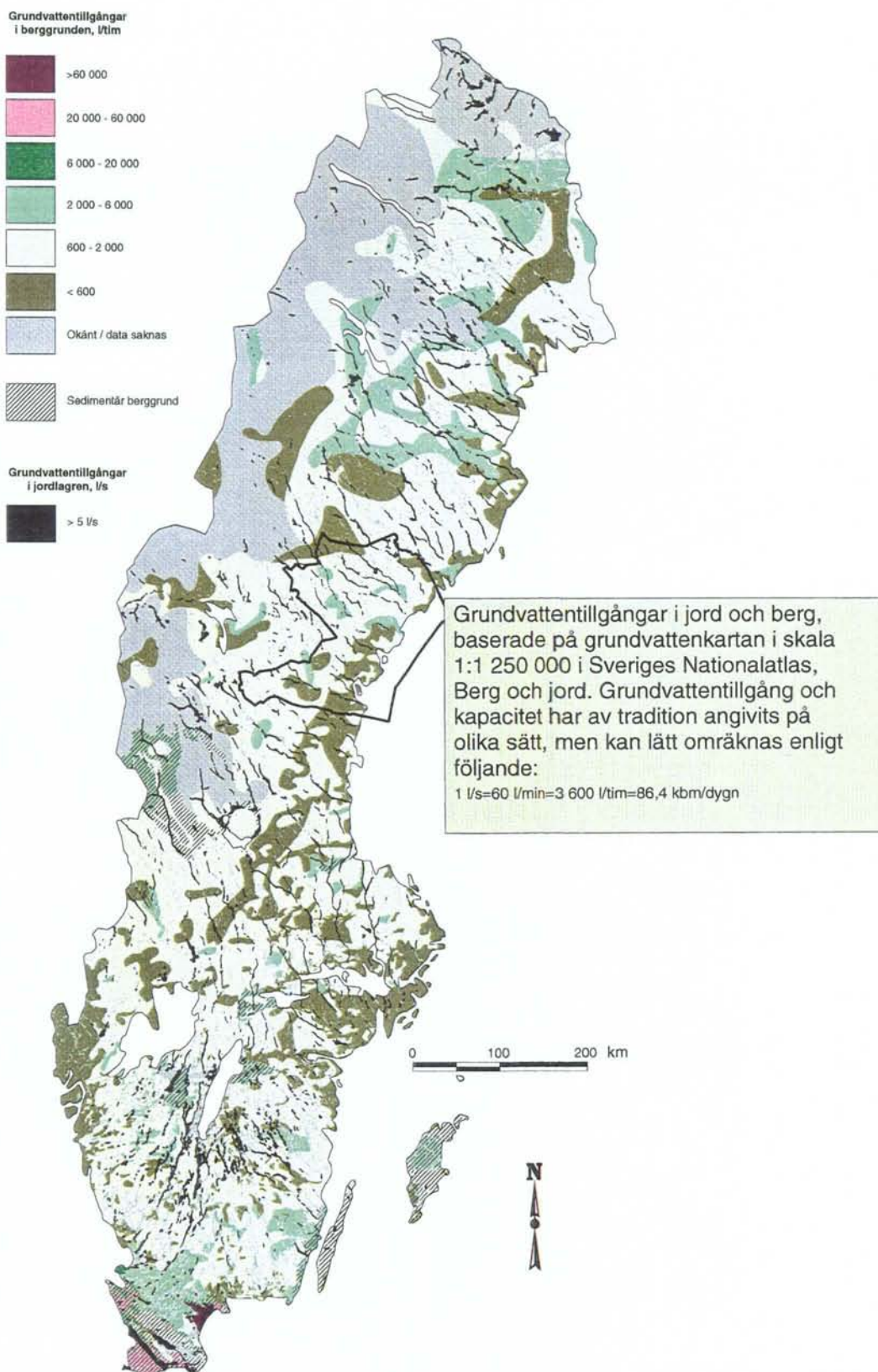
- Torv
- Lera-limmo
- Grovmo, sand, gus
- Isåvsediment
- Lårig morän, moränlera
- Morän
- Morän samt vittringsjord ovanför irlidgränsen
- Kall berg, lunt eller ej sammanhängande jordtäckte på berg



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

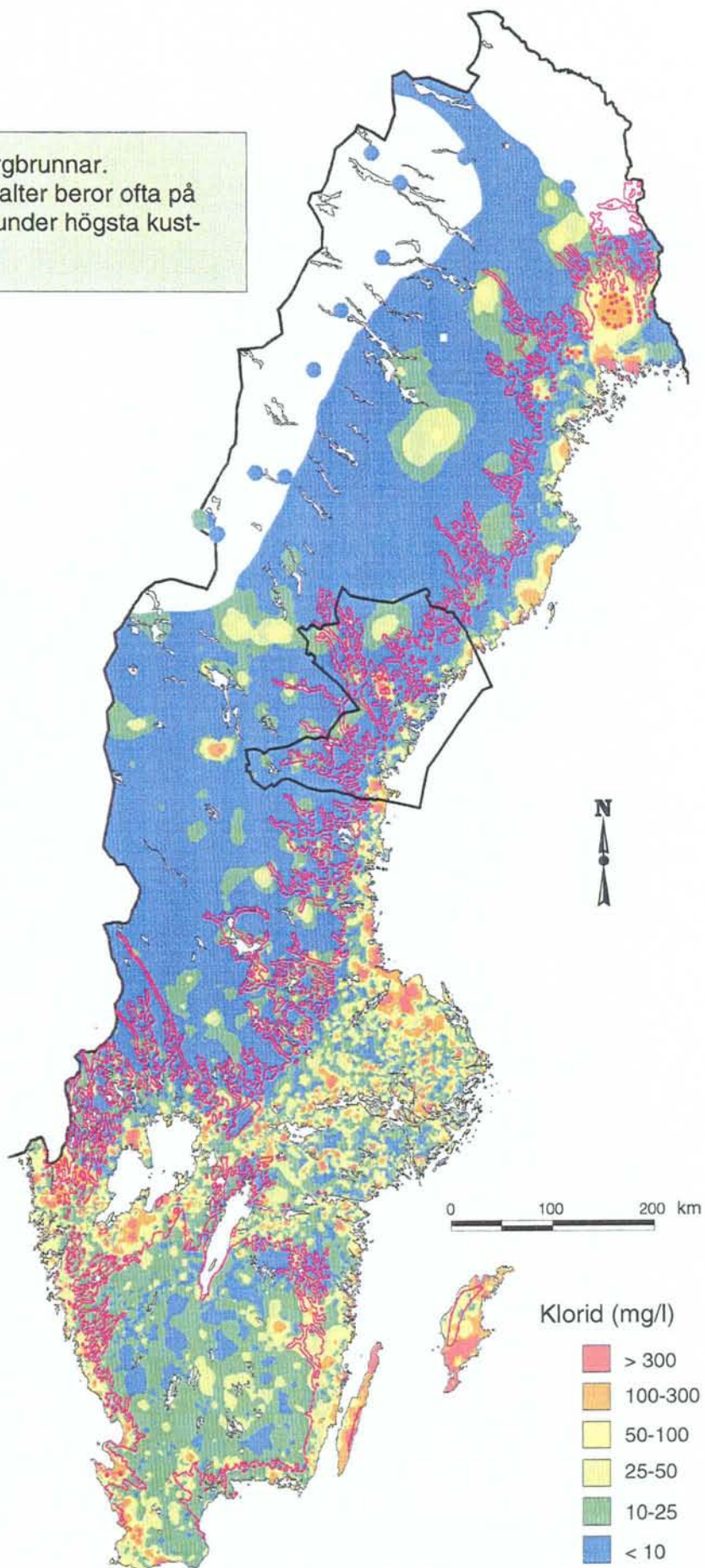


Figur 5. Registrerade jordskalv i Nordeuropa fram till 1993. Uppgifterna har hämtats från en databas vid Uppsala universitet. Västernorrlands län är markerat med en svart linje



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

dominerande jordarter. Grundvattentillgångar för allmän vattenförsörjning återfinns i de stora sand- och grusavlagringarna. Berggrundsvattnet utgör en viktig tillgång för den enskilda vattenförsörjningen.

4 Bergarter och berggrundens homogenitet

Berggrunden i Västernorrlands län redovisas översiktligt på kartan i Figur 8 som är baserad på Lundqvist m.fl. /6/. En modern länskarta med beskrivning finns i Lundqvist m.fl. /7/. Dessa kartor baseras på mer detaljerade kartor, beskrivningar och rapporter publicerade av SGU under tiden 1899-1994 /8, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 15, 16, 17, 18, 19, 20, 21/. Fotografier av några av länets vanligaste bergarter visas i Figur 9.

Ytbergarter

Ytbergarterna utgörs av metasedimentära och sura till basiska metavulkaniska bergarter som bildades för ca 1950-1870 miljoner år sedan samt av yngre sedimentära bergarter som bildades senare än för ca 1580 men tidigare än för ca 1215 miljoner år sedan.

Metasedimentära bergarter

I Västernorrlands län utgörs den dominerande ytbergarten av en metagråvacka (ljusblå färg i Figur 8), d.v.s. en omvandlad sedimentbergart som bildats genom avlagring av sand uppblandad med relativt stor mängd ler.

De välbevarade metagråvackorna är finkorniga och till färgen gråsvarta till grå, se Figur 9a. De primärt leriga skikten har p.g.a. sin högre glimmerhalt en mörkare färg. De välbevarade metasedimentära bergarterna övergår i många områden inom länet i starkare omvandlade, förgnejsade och migmatitiserade motsvarigheter, se Figur 9b och c. Förgnejsningen medför att bergarterna blir mer grovkornig och att olika mineralkomponenter ofta uppträder i band eller strimmor.

Metavulkaniska bergarter

Omvandlade vulkaniska bergarter är underordnade i länet i förhållande till de metasedimentära bergarterna. På många håll förekommer basiska metavulkaniska bergarter (ljusgrön färg i Figur 8) som inlagringar i metasedimentära bergarter. Större områden finns främst i Junseletrakten. Mineralogiskt domineras de av hornblände och plagioklas. Sura och intermediära metavulkaniter (gul färg i Figur 8) är mindre vanligt förekommande än de basiska varianterna. Större sammanhängande förekomster finns dock sydväst om Ånge och öster om Junsele. Dessa bergarter är grå till färgen, finkorniga och har en porfyrisk textur.

Sedimentära bergarter

Mindre områden med yngre sedimentära bergarter som utgörs av sandsten, skiffer och konglomerat (mörkblå färg i Figur 8) uppträder i anslutning till Nordingråområdets bergarter, se nedan. Därutöver utgörs stora delar av berggrunden under Bottenhavet utanför Höga kusten av dessa bergarter /22/.

LAGERGÄNG- OCH GÅNGBERGARTER

Diabas (ca 1270 - 1215 milj. och ca 1800 - 1700 milj. år)

DJUPBERGARTER

Alkalina och karbonatitiska bergarter, Alnömassivet (ca 550 milj. år)

Yngre djupbergarter

Granit, rapakivtyp (ca 1580 - 1510 milj. år)

Gabbro, i rapakivmassiv (ca 1580 - 1510 milj. år)

Granit, kvartsmonzonit och pegmatit Härnö- och Revsundstyp (ca 1825 - 1770 milj. år)

Äldre djupbergarter

Granit, granodiorit och tonalit (ca 1890 - 1850 milj. år)

Gabbro (ca 1890 - 1850 milj. år)

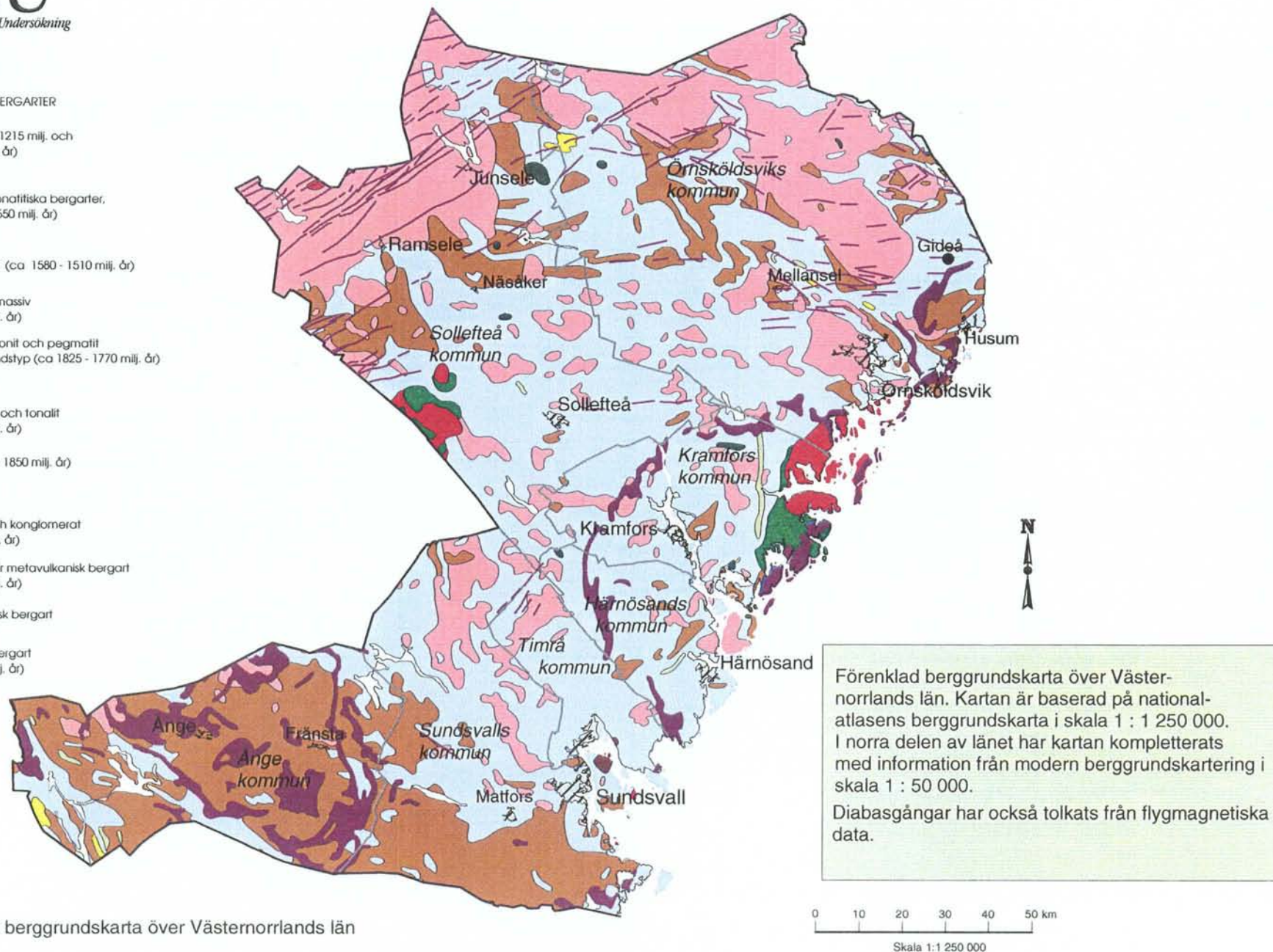
YTBERGARTER

Sandsten, skiffer och konglomerat (ca 1580 - 1215 milj. år)

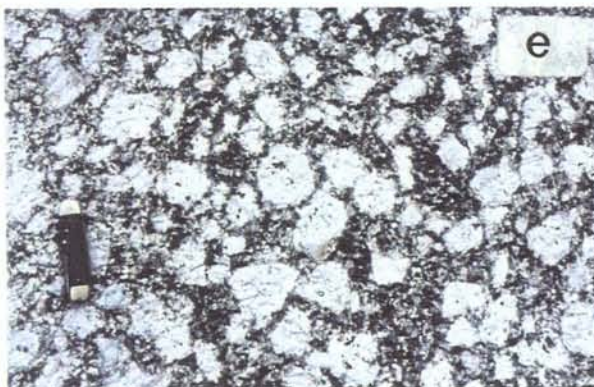
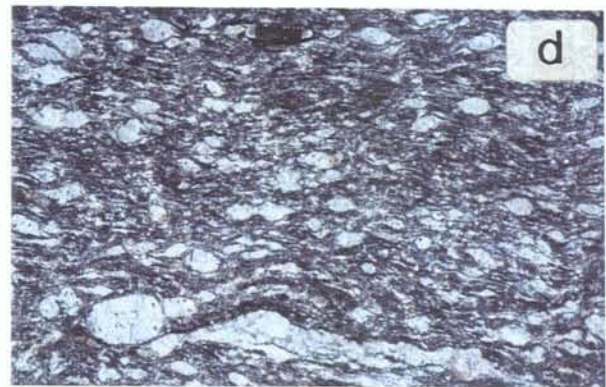
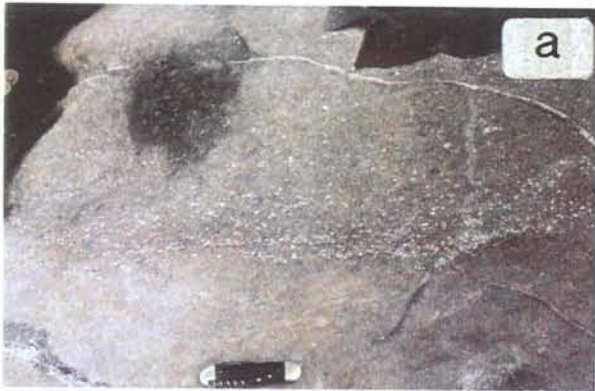
Sur och intermediär metavulkanisk bergart (ca 1890 - 1870 milj. år)

Basisk metavulkanisk bergart

Metasedimentär bergart (ca. 1950 - 1870 milj. år)



Figur 8. Förenklad berggrundskarta över Västernorrlands län



Figur 9. Bergarter i Västernorrlands län. a) Graderad skiktning, uppkommen genom avtagande frekvens och storlek på plagioklas- och kvartsfragment samt skifferbitar i väl bevarad metagråvacka. Vid E4 strax söder om Bjästa, SV om Örnsköldsvik. b) Ådergnejsomvandlad gråvacka med gång av Härnögranit. Öster om Notsand, Härnön, Härnösand. c) Veckad skiva av metagråvacka i pegmatit. Västanå, Järkvissle, NO om Örnsköldsvik. d) Gnejsig, ögonförande granodiorit. E14 vid Tälje, öster om Ånge. e) Rödgrå (på vittrad yta vit) Revsundsgranit. 500 m norr om Stordalsberget, NNO om Örnsköldsvik. f) Bankning i Nordingrågranit. Vägshål mot Magdbacken, E4 Skuleskogen, SV om Örnsköldsvik. Fotografierna är tagna av T. Lundqvist

Djupbergarter

Djupbergarter utgörs av äldre (ca 1890-1850 miljoner år) och yngre (ca 1825-1770 och ca 1580-1510 miljoner år), huvudsakligen sura bergarter som bildades under olika stadier av den svekokarelska orogensen samt alkalina bergarter som bildades betydligt senare (ca 550 miljoner år).

Äldre djupbergarter

De äldsta djupbergarterna (ca 1890-1850 miljoner år) i Västernorrland utgörs av gabbro, diorit och ultramafit. På kartan, se Figur 8, visas dessa bergarter med mörkgrön färg. Det största massivet finns i den norra delen av länet. Likåldriga eller något yngre än de basiska djupbergarterna är de stora volymer av tonalit, granodiorit och granit, vilka markerats med ljusbrun färg i Figur 8. Dessa granitoider skiljer sig mineralogiskt genom varierande proportioner av mineralen plagioklas, kalifältspat och kvarts. De finns som större eller mindre massiv över hela länet, med de största områdena i den södra delen av länet. Bergarterna har senare förgnejsats, se Figur 9d, delvis migmatitiserats och veckats tillsammans med ytbergarterna.

Yngre djupbergarter

De yngre djupbergarterna delas in i tre grupper, granit av Härnö- (1825-1780 miljoner år), Revsunds- (1800-1770 miljoner år) och rapakivityp (1580-1510 miljoner år). Rapakivigraniter är associerade med gabbro och anortosit.

Graniter av Härnö- och Revsundstyp (ljusröd färg i Figur 8) uppträder i ett stort antal massiv över hela länet, med undantag av den södra delen av länet. Härnö- och Revsundsgranit är ej skilda i Figur 8, men på mer detaljerade kartor, t.ex. länskartan /7/, är dessa bergarter separerade.

Granit av Härnötyp, i vilken pegmatiter är betydligt vanligare än i Revsundsgranit, dominerar länet söder om en linje som sträcker sig från Näsåker till Mellansel. Den är ljus och muskovitförande. Härnögraniten, se Figur 9b, skiljer sig från de äldre granitoiderna då den oftast saknar deformationsstrukturer som skiffrihet och stänglighet, och ej är migmatitiserad. Ett vanligt drag är talrika inneslutningar av äldre bergarter (främst metagråvacka och äldre granit). Granit av Revsundstyp som är massformig, grå till rödgrå och ögonförande, se Figur 9e, förekommer i de nordvästra och norra delarna av länet. Revsundsgraniten är opåverkad av den regionala svekokarelska veckningen och metamorfosen.

Rapakivigraniter med associerad gabbro (mörkröd och klargrön färg i Figur 8) förekommer i Nordingrå söder om Örnsköldsvik och i Ragundamassivet väster om Sollefteå. Nordingråmassivet består av granit, gabbro och anortosit. Graniten är helt massformig med röd eller gråröd färg. Den utmärks också av vanligt förekommande och regelbundna, horisontella eller flackt liggande sprickor, se Figur 9f, som ger upphov till stora, närmast golvplana ytor. I Ragundamassivet uppträder fin- till medelkornig gråsvart gabbro i stora områden. Gabbro är starkt genomsatt och breccierad av den yngre rapakivigraniten. Associerad med dessa djupbergarter är också sura och basiska gångar.

Alkalina och karbonatitiska bergarter

Alkalina och karbonatitiska bergarter (mörkbrun färg i Figur 8) finns på Alnön utanför Sundsvall /7, 23, 24, 25, 26/. Bergarterna som är pyroxen- och nefelinrika har en speciell mineralogisk och kemisk sammansättning, och är bl.a. rika på sällsynta grundämnen. Åldersbestämningar har gett åldrar på ca 550 miljoner år. Associerade med intrusionen på Alnön är s.k. alnögångar, vilka är extremt lättvittrade och vållar ofta stora problem vid arbeten i berg.

Lagergång- och gångbergarter

Lagergångar och gångar av diabas (violett färg i Figur 8), som är 1270-1215 miljoner år gamla, utgör ett markant inslag i kustområdet och i den sydvästra delen av länet. Lagergångarna uppträder som flackt stupande skivor med mäktighet upp till 1000 m. De utgör delar av en större diabasprovins, "Central-skandinaviska diabaserna" /27/. Mängder av brantstående ost-västligt samt nordostligt och nordvästligt strykande diabasgångar av samma ålder som lagergångarna finns i länets norra del. Ett undantag utgör Turingendiabasen i den sydvästra delen av länet på gränsen mellan Västernorrlands och Jämtlands län som skiljer sig både åldersmässigt (1800-1700 miljoner år), textuellt och mineralogiskt från ovanstående lagergångar. Den utgör en mäktig skiva av gråsvart, medel- till finkornig och massformig diabas.

Berggrundens homogenitet

Berggrunden är sällan helt homogen över större områden. Inhomogeniteter kan förekomma i form av t.ex. sprickor, gångar eller inneslutningar. En fullständig bedömning av olika inhomogeniteter kan bara göras i områden där moderna kartor i skala 1:50 000 föreligger. Sådana kartor saknas i stort sett över Västernorrlands län, se Figur 2. Emellertid kan en grov klassificering av berggrundsområden göras utifrån betydande inslag av följande inhomogeniteter:

- 1) Inslag av pegmatiter, apliter och sliror i flertalet granitområden, särskilt graniter av Härnötyp.
- 2) Inneslutningar (från cm-stora till hundratals meter stora) av äldre berggrund i yngre djupbergarter, både i mindre massiv och i randzonerna av större massiv.
- 3) Områden med stora inslag av lagergångar och gångar av diabas i länets sydvästra respektive norra delar samt i kustregionen.

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 samt 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 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 dock vanligen knutna till vulkaniska bergarter, men vissa typer förekommer även i granitoider och sedimentära bergarter. Industriella mineral och nyttosten kan uppträda i alla berggrundsmiljöer. Krossberg av god kvalitet kan erhållas från såväl djupbergarter som vulkaniska och sedimentära bergarter.

Information om länets gruvor och bergtäkter har hämtats från kartor med beskrivningar publicerade av SGU under tiden 1899-1994 (se ovan), rapporter från Statens Industriverk /28, 29/ samt från diverse register över landets bergtäkter på SGU. Uppgifter om pågående prospektering kommer från Bergmästarämbetet via SGUs Mineralkontor i Malå.

Översikt över mineral- och bergartsresurser

Västernorrlands län ligger geografiskt mellan de malmrika provinserna i Bergslagen och Skelleftefältet. Malmer och mineraliseringar är betydligt mera sparsamt förekommande än i dessa områden. Mindre sulfidmineraliseringar förekommer dock inom länet. Många av dessa har vid olika tidpunkter varit föremål för provbrytning och gruvförsök. På ett flertal ställen i länet har kvarts och fältspat brutits från pegmatitgångar. Tidigare har granitoiderna i stor omfattning utnyttjats som byggnadssten. Ett stort antal av de i länet förekommande bergarterna har använts för uttag av krossberg.

Mineralresurser

Vid Skravelåsen nära Rocksjö ca 25 km ONO om Junsele finns en massiv koppar- och zinkmalm (Rockliden) som påträffades av Boliden Mineral AB under 1980-talet. Malmen är knuten till gränsen mellan sura metavulkaniska och angränsande metasedimentära bergarter. Ett stort antal uranmineraliseringar och några malmuppslag knutna till pegmatiter finns i Bodsjöområdet, 40 km VSV om Ånge. Mineraliseringar av tenn och litium uppträder också i en del pegmatiter i den centrala delen av länet. Förekomster av titanomagnetit knutna till gångar och lagergångar av diabas finns framförallt i Ulvöområdet söder om Örnsköldsvik. Undersökningar av dessa utfördes av Höganäbolaget i slutet av 1940-talet. Nickel och koppar i basiska djupbergarter, i randzonen till äldre granitoider (ca 1890-1850 miljoner år), har bl.a. påträffats i Nätraområdet söder om Örnsköldsvik. I Figur 10 visas mineralsresursförekomster som fyllda ringar.

Nyttosten



Kalksten förekommer sparsamt i Västernorrland och har endast brutits i och omkring Alnömassivet på Alnö utanför Sundsvall. I samma område har man tidigare också brutit baryt (tungspat). Några stenbrott för brytning av byggnadssten är för närvarande inte i drift. Tidigare fanns det en relativt omfattande granitindustri i Örnsköldsviksområdet. Förekomster av krossberg är inte lika hårt knutna till en specifik bergart som malmerna och andra mineralförekomster i länet. Den ökande efterfrågan på krossberg gör att antalet bergtäkter förväntas öka inom en snar framtid. De flesta krossbergstäckerna finns i länets kustområden nära befolkningstäta regioner. I Figur 10 visas bergtäkter i allmänhet som trianglar.

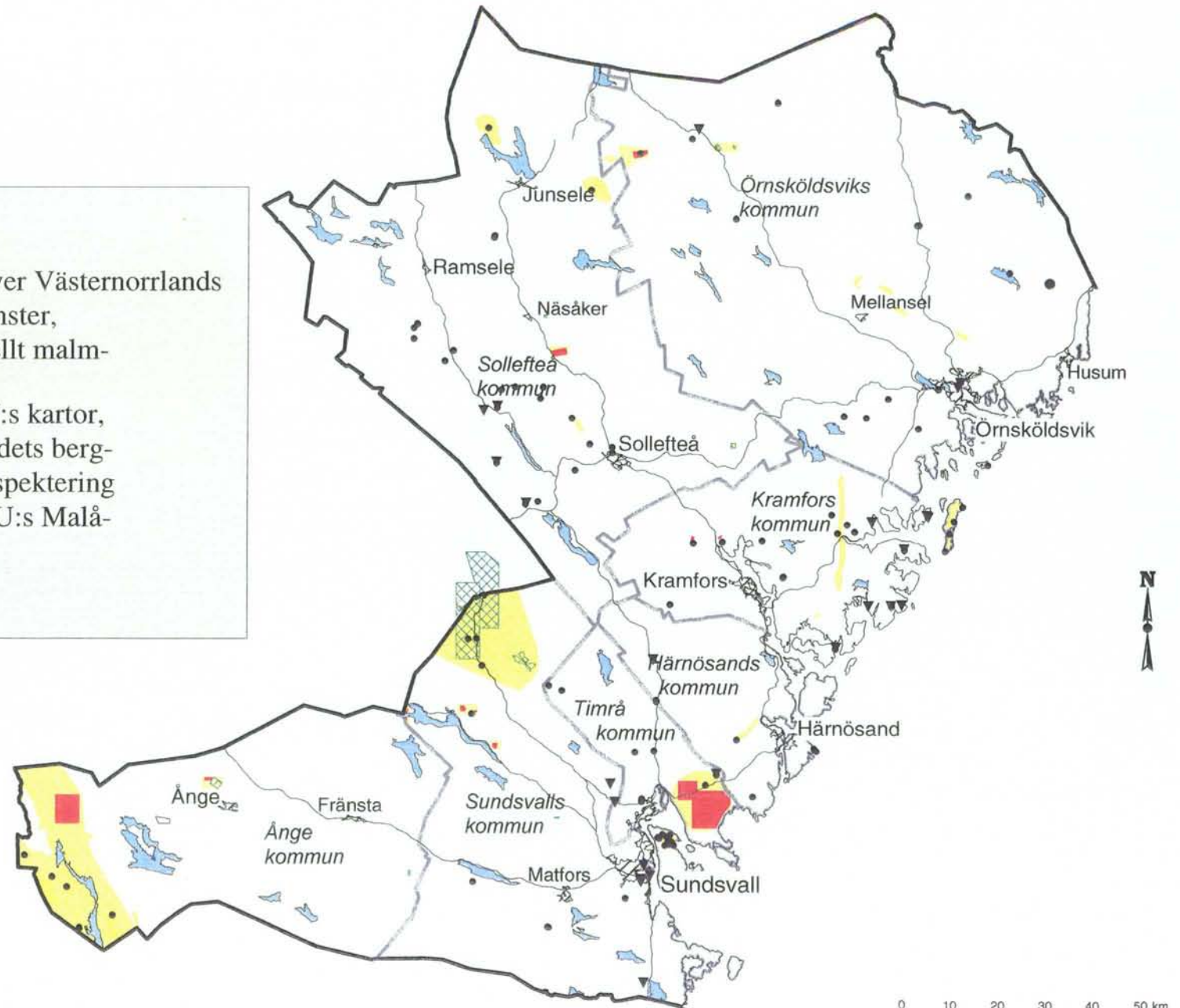
Pågående prospektering

Västernorrlands län tillhör inte de mest prospekteringsintressanta länen i landet. Områden där tillstånd har beviljats för undersökning eller brytning av en mineralförekomst är markerade med röd färg i Figur 10. Områden där undersökningstillstånd har sökts är markerat med grön färg. Med undantag av större undersökningsområden på guld väster och nordost om Ånge (Terra Mining AB respektive Jämtlands Mineral AB), på koppar vid Rockliden nordost om Junsele (Boliden Mineral AB) och begränsade undersökningsområden på diamant i Sunds

Mineral- och bergartsressurskarta över Västernorrlands län med malm- och mineralförekomster, undersökningstillstånd och potentiellt malmintressanta områden.

Informationen är hämtad från SGU:s kartor, beskrivningar och register över landets bergtakter. Uppgifter om pågående prospektering kommer från bergmästaren via SGU:s Malå-kontor.

-  Potentiellt malmintressant område
-  Område där tillstånd beviljats för undersökning eller brytning av malm eller industrimineralförekomst
-  Sökta undersökningstillstånd
-  Malm- eller industrimineralförekomst
-  Nyttostensförekomst



Figur 10. Mineral- och bergartsressurskarta över Västernorrlands län (sammanställning maj 1997)

vallstrakten (Nordic Exploration AB), är de flesta undersökningstillstånden tilldelade/ansökta av enskilda personer. Hela länet omfattas för närvarande däremot av en ansökan om undersökningstillstånd med avseende på diamanter.

Potentiellt prospekteringsintressanta områden

Framtida prospekteringsintresse kan förutses främst i områden med vulkaniska ytbergarter och i närheten av redan kända förekomster. Sådana områden är markerade med gul färg i Figur 10. På senare tid har man funnit att vissa typer av malmer är knutna till deformationszoner. Man kan således även betrakta länets deformationszoner som potentiellt malmintressanta. Pegmatiter knutna till djupbergarterna i Ragundamassivet väster om Sollefteå kan också bli prospekteringsintressanta ur tenn, litium och wolframsynpunkt. Intrusioner av Alnötyp är intressanta målområden för diamantprospektering. Gabbro kan förmodas bli av intresse för dess potentiella innehåll av krom, nickel och platinagruppens metaller och länets diabaser kan också bli av intresse för användning som stenullråvara.

I samband med diamantprospektering undersöks ofta först mycket stora områden varefter intresseområdet sedan reduceras till en bråkdel av det ursprungliga. Med undantag för området i Sundsvallstrakten påverkar därför inte den nu aktuella ansökan om undersökningstillstånd med avseende på diamanter över hela länet definitionen av potentiellt prospekteringsintressanta områden.

6 Deformationszoner

Definitioner och metodik

En *deformationszon* är en svaghetszon utefter vilken berggrunden 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 allmänt 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 dels från SGUs publicerade berggrundskartor, dels från pågående arbeten (H. Delin, S. Bergman, T. Lundqvist m.fl.). Befintliga formlinjer i digital form på SGU har utnyttjats.

Formlinjer 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 eller områden med huvudsakligen odeformerade bergarter. Plastiska skjuvzoner har markerats där planstrukturerna i långsmala stråk avviker i riktning från omgivande området. Dessa zoner utmärks också av att planstrukturerna i den omgivande berggrunden ställvis är inböjda mot skjuvzonerna. Förekomsten av starkt förskifrade bergarter och myloniter är karakteristisk för plastiska skjuvzoner och sådana bergarter har ställvis dokumenterats i de

zoner som markerats i länet. Plastiska skjuvzoner kan också tolkas med hjälp av flygmagnetiska data framtaget av SGU, LKAB och Boliden Mineral AB, se Figur 11.

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

På kartan i Figur 13 visas formlinjer, tolkade plastiska skjuvzoner och sprickzoner samt djupbergarter som är yngre än 1850 miljoner år och lagergång-/gångbergarter. Kartan över deformationszoner återspeglar zoner som är tolkade i samband med denna studie. Endast ett fåtal av dessa zoner är belagda (se nedan) och de flesta zonerna behöver kontrolleras i fält innan deras existens och utbredning kan fastställas. Kartan bör därför tills vidare betraktas med försiktighet. Det är också viktigt att påpeka bristen på flyggeofysisk information i den sydöstra delen av länet, se Figur 2.

Plastiska skjuvzoner

Plastiska skjuvzoner finns främst i länets norra, centrala och sydvästra delar, samt i kustregionen. De flesta är många kilometer breda. Dominerande riktningar för skjuvzonerna är NV och NO. En av de mer framträdande NV-liga skjuvzonerna i länet är den s.k. Storsjön - Edsbyn-zonen /30/ sydväst om Ånge i den sydvästra delen av länet, se Figureerna 11 och 13.

Berggrundens strukturriktningar i de mellanliggande domänerna varierar. I länets södra delar dominerar NV-liga riktningar. I norra och centrala delen av länet dominerar O-V- eller NO-liga riktningar.

Sprickzoner och förkastningar

Sprickzoner utgörs vanligen av krossat berg, vilket gör dem lättrödade. De uppträder vanligen som långsmala sänkor eller branter i terrängen. Bredden kan vara upp till flera hundra meter. Enskilda sprickor kan vara öppna eller fyllda med t.ex. lermineral. Stupningen på de tolkade zonerna är okänd. Flacka sprickzoner är generellt sett svåra att upptäcka med hjälp av höjd- och flygmagnetiska data. I håll är det dock vanligt att påträffa flacka sprickzoner, se Figur 9f.

Ett synbarligen enkelt sprickzonsmönster med i huvudsak fyra riktningar finns inom länet, NNO-lig i kustregionen samt NV-, N-S- och O-V-lig i hela länet. I Sundsvallsområdet väster om Alnöintrusionen finns en sprickzon med N-S-lig riktning som framträder tydligt på höjdkartan, se Figur 12.

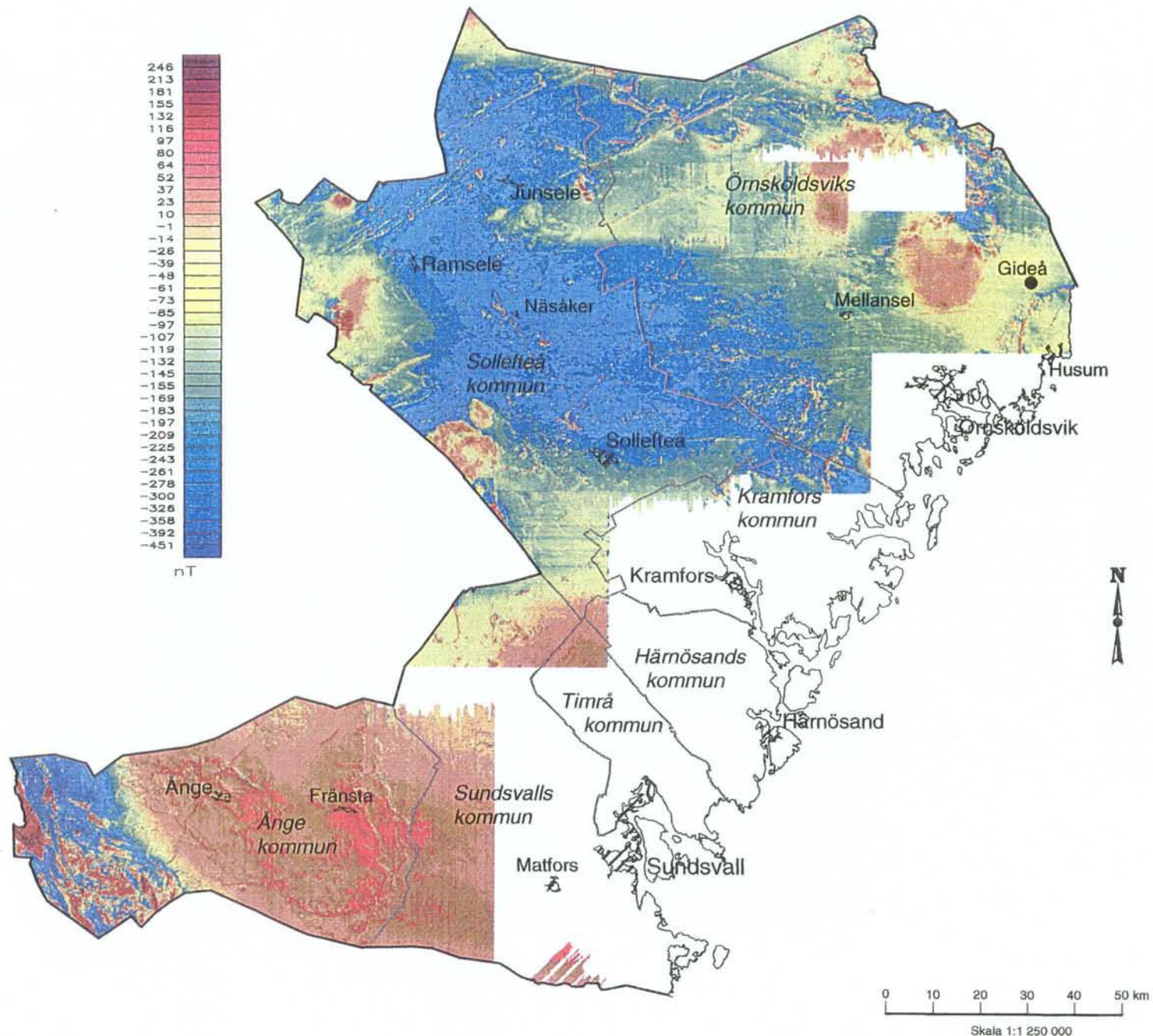
Generellt sett är länet uppdelat i många stora block mellan de större sprickzonerna, se Figur 13. Inom dessa block förekommer sannolikt kortare sprickzoner och förkastningar, vilkas utbredning måste klarläggas vid eventuella framtida mer detaljerade studier.

Jordskorpans magnetfält över Västernorrlands län. Kartan baseras på data i 200 m rutnät. Flygmätningarna har utförts av SGU, SKB, NSG och Boliden Mineral AB. Kartan visar variationer i det jordmagnetiska fältet som huvudsakligen orsakas av halten magnetiska mineral i berggrunden.

Länets norra del karakteriseras av ett lågmagnetiskt område. En svärm av brantstående diabasgångar framträder som smala avlånga magnetiska anomalier i NO-, O-V- och NV-lig riktning.

Ragundaintrusionen väster om Sollefteå ger upphov till en rund högmagnetisk anomal. En rad bågformade anomalier syns i södra delen av länet som orsakas av flackt liggande lagergångar av diabas.

Storsjön - Edsbyn deformationszonen som löper i NNV-lig riktning framgår som bandade och linsformade anomalier i sydvästra delen av kartan.



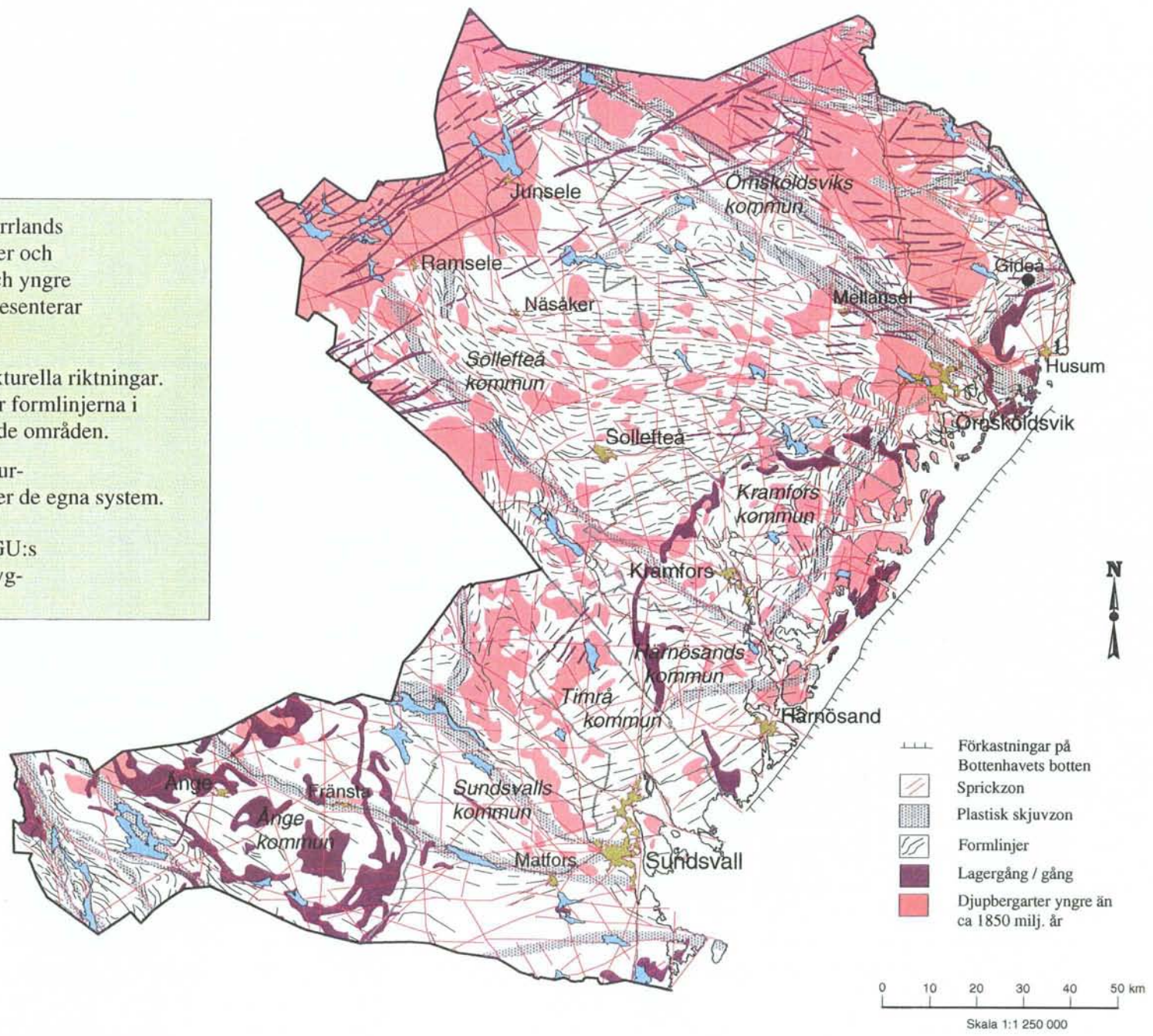
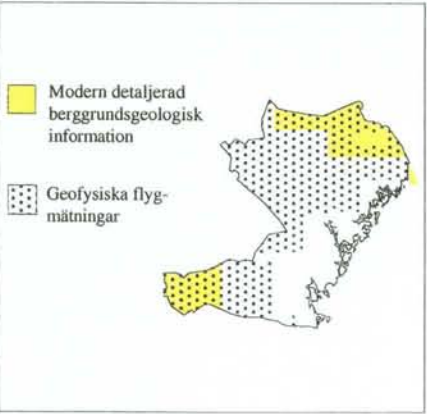
Figur 11. Flygmagnetisk karta över Västernorrlands län

Deformationszonskarta över Västernorrlands län med formlinjer, tolkade sprickzoner och plastiska skjuvzoner, diabasgångar och yngre djupbergarter. De vita områdena representerar ytbergarter och äldre djupbergarter.

Formlinjerna visar berggrundens strukturella riktningar. Plastiska skjuvzoner har markerats där formlinjerna i långsmala stråk avviker från omgivande områden.

Sprickzoner följer dels de äldre strukturriktningarna i berggrunden, dels bygger de egna system.

Tolkningen är baserad på data från SGU:s berggrundskartor, pågående arbete, flygmagnetiska data och höjddata.



Figur 13. Deformationszonskarta över Västernorrlands län

Deformationszoner i tid och rum

De äldsta deformationszonerna i Västernorrlands län är plastiska skjuvzoner som bildades för ca 1850-1600 miljoner år sedan på mer än 10-15 kilometers djup. Som framgår av Figur 13 följer flera sprickzoner de plastiska strukturerna vilket tyder på att dessa reaktiverats vid spänningsutlösningar på ett senare stadium när bergarterna befann sig högre upp i jordskorpan. Rörelser har förmodligen skett vid upprepade tillfällen längs vissa deformationszoner. Andra sprickzoner, t.ex. de som stryker N-S, bildar ett eget system och korsar över de äldre, plastiska zonerna. Sprickzoner och förkastningar bildades under den långa tidsrymden från för ca 1600 till åtminstone ca 550 miljoner år sedan. Utanför kusten finns förkastningar, se Figur 13, som varit aktiva senare än för ca 450 miljoner år sedan. I kapitlet om jordarter behandlas sen- och postglaciala rörelser i jordskorpan inklusive jordskalv.

7 Jordarter, jorddjup samt sen- och postglaciala rörelser i jordskorpan

Kännedomen om jordartsgeologin inom Västernorrlands län grundar sig på den kartläggning som SGU genomfört i området under åren 1968–1979 /31/ och på olika specialarbeten. Jordarterna i länet redovisas översiktligt på kartan i Figur 14 som är baserad på Fredén /32/. Landskapets storformer är av stor betydelse för jordarternas utbredning och förekomstssätt. Höjden över havet bestämmer vissa jordarters utbredning. I andra fall är jordarterna bundna till vissa lägen i terrängen, såsom dalgångar, läsidan av höjder i förhållande till isrörelse m.m.

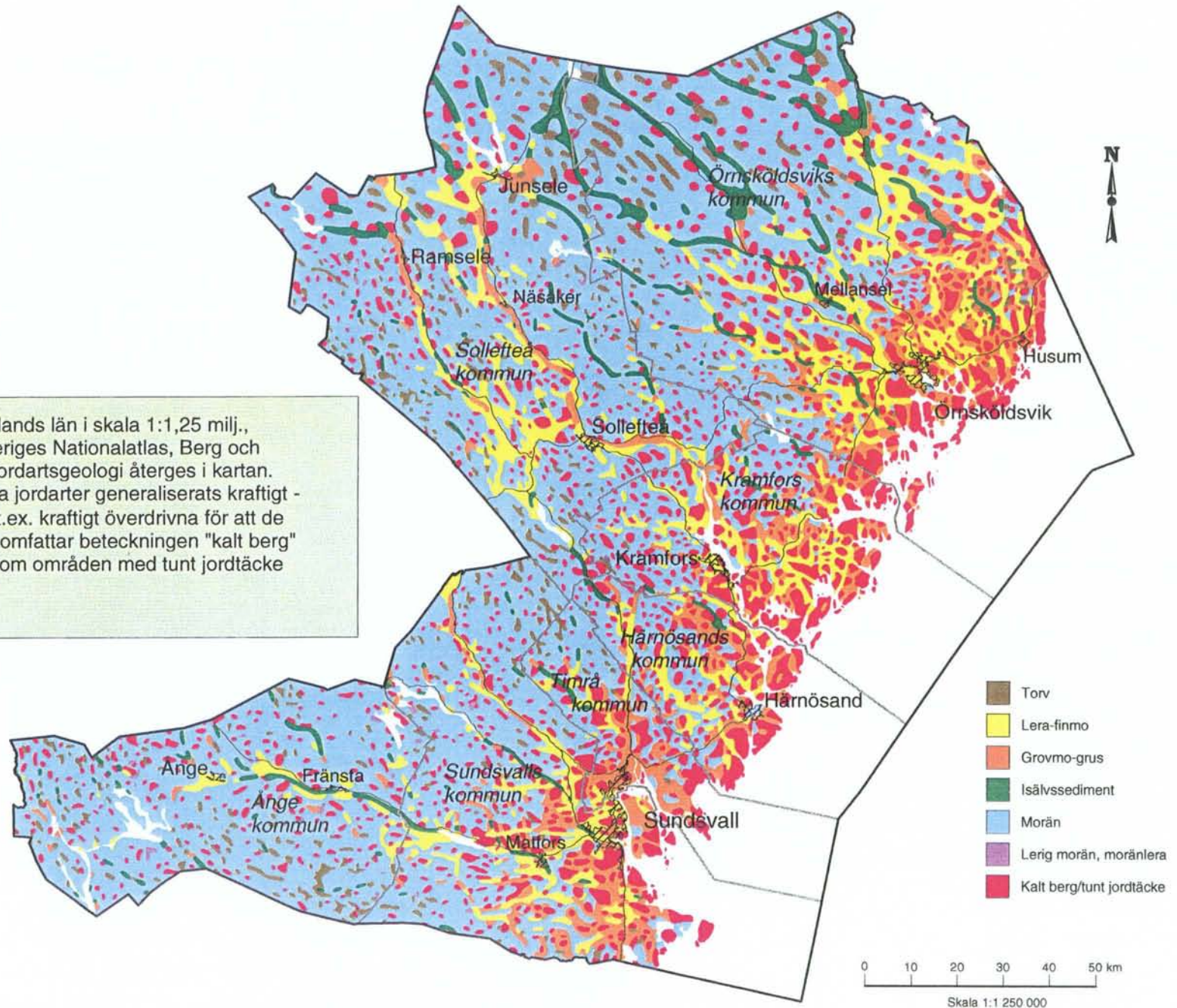
Större delen av länet kan karakteriseras som ett storkuperat landskap med tätt liggande berghöjder – en bergkullterräng med relativa höjdskillnader överstigande 100 m och som vanligen når ända ut till kusten, se Figur 15a och c. Den unika kusträckan Höga kusten, söder om Härnösand, är ett exempel på detta förhållande. Endast de nordligaste och sydligaste kuststräckorna inom länet har i viss mån karaktären av en kustslätt. Nordligaste delen av länet berörs av förfjällsterrängen. Denna kan beskrivas som ett bergkullandskap på nivån 500–700 m.ö.h. och med större relativa höjdskillnader (>200 m) än för området i övrigt. De beskrivna landskapstyperna genomdras av ofta mycket markanta dalgångar, Figur 15a, vilka i huvudsak löper i NV-lig riktning. De större vattendragen följer i stort sett sådana dalar.

Isavsmältning och postglacial utveckling

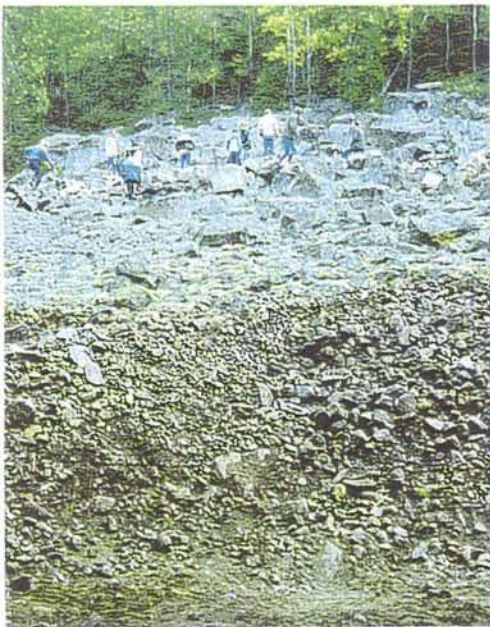
Då klimatet vid istidens slut blev varmare avsmälte inlandsisen. Detta skedde genom ytavsmältning och frontavsmältning. Den sistnämnda bestämdes av två faktorer. Dels kom den sluttande isfronten på grund av ytavsmältningen att nå en allt kortare sträcka ut från de centrala delarna där istäcket var mäktigast, dels skedde en snabb uppbrytning av isen där isfronten var belägen i vatten.

Den senaste inlandsisen avsmälte från området för ca 9700–9200 år sedan /33/, se Figur 16. I stora drag drog sig iskanten tillbaka från kusten mot inlandet, d.v.s. från sydöst mot nordväst. Avvikelser i isfrontens sträckning förekom lokalt och inbuktningar bildades i anslutning till de stora dalgångarna. Under nedisningens huvudskede beräknas istäckets mäktighet ha varit mellan 2000 och 2500 m /34/, medan ismäktigheten vid fronten under isavsmältningen har beräknats till ca 300 m.

Jordartskarta över Västernorrlands län i skala 1:1,25 milj., baserad på jordartskarta i Sveriges Nationalatlas, Berg och jord. Huvuddragen av länets jordartsgeologi återges i kartan. Kartans skala innebär att vissa jordarter generaliserats kraftigt - isälvsedimenten 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 med tätt liggande hållar.

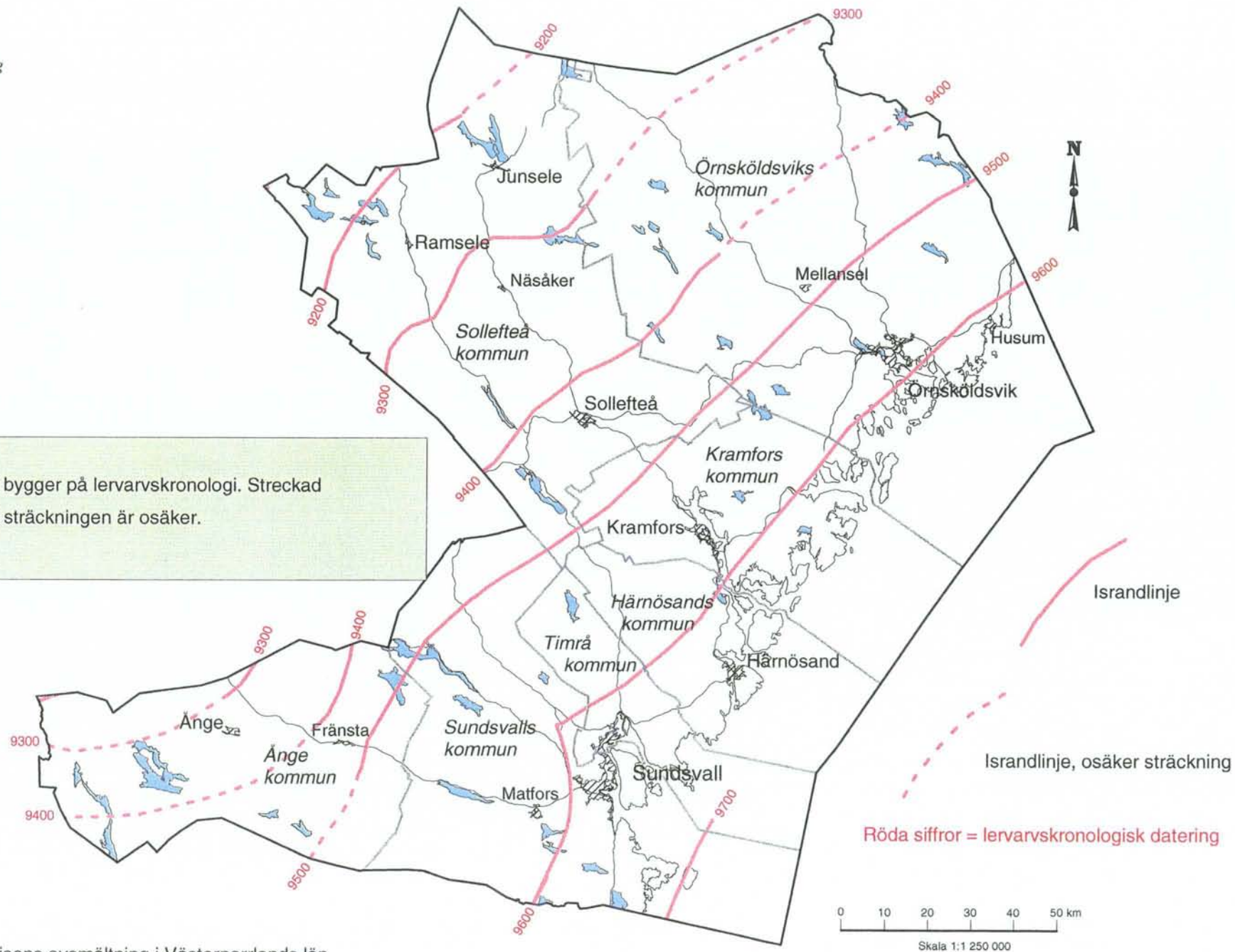


Figur 14. Översiktsskarta visande berg i dagen och jordartsfördelningen i Västernorrlands län



Figur 15. Jordarter i Västernorrlands län. a) Ångermanälvens dalgång från Hallstaberget, Sollefteå. Hällen i förgrunden ligger i svallningszonen för högsta kustlinjen. Terrasserna längs Ångermanälven består av silt och lera, som delvis täcks av sand. Foto C. Fredén 1995. b) Delta med åsgrav och biås, Ysjön, väster om Junsele. Foto C. Fredén 1979. c) Svallsediment i bergkullterräng, ca 40 km nordöst om Kramfors. Foto C. Fredén 1979. d) Svallgrus och svallsand på lera, Barsta, ca 30 km öster om Kramfors. Foto C. Fredén 1979. e) Grovt svallsediment, Näsänget, ca 30 km öster om Kramfors. Foto C. Fredén 1979. f) Sandstrand, i bakgrunden klapper med strandvallar, Smitingen, öster om Härnösand. Foto C. Fredén 1979

Israndlinjernas årtal bygger på lervarvs-kronologi. Streckad israndlinje anger att sträckningen är osäker.



Figur 16. Landisens avsmältning i Västernorrlands län

När inlandsisen avsmälte, började den av ismassan nedtryckta jordskorpan att höja sig, först snabbt och sedan i allt långsammare takt. Under isavsmältningsskedet intogs stora delar av den nedpressade jordskorpan av havet. De högst belägna strandmärkena kallas högsta kustlinjen (HK), se Figurerna 15a och 17. HK i Sverige har sin högsta nivå, 285 m.ö.h., i trakten av Skuleberget /35/, ca 25 km söder om Örnsköldsvik. Därifrån sjunker HK mot norr, söder och väster, se Figur 17. Strandförskjutningen, vilken är samma som landhöjningen under tiden då havsytans nivå är konstant, är idag i länets södra del ca 0,75 m/100 år och i norra delen drygt 0,8 m/100 år.

Länets jordarter har bildats i samband med den senaste landisens avsmältning, s.k. glaciala jordarter, och tiden därefter, s.k. postglaciala jordarter, se Figur 14. På några ställen har äldre jordarter konstaterats. Under den normala moränen har på flera håll i länet observerats en mörk lerig morän, ställvis med brottstycken av mörk varvig lera. Denna undre morän förekommer över i stort sett hela länet och anses vara av interstadial ålder /36/. På ett par ställen har äldre jordlager med organiskt innehåll påträffats. Växtförande moräntäckta sediment finns vid Långsele, väster om Sollefteå, och på Härnön vid Härnösand. Båda fynden är från Brörupinterstadialen för ca 100 000 år sedan /37/. Fynd av djurrester med okänd ålder har gjorts väster om Ramsele, i Sollefteå och väster om Sundsvall /38/.

Jordarter och jorddjup

Bergblottningsgrad, jordartsfördelning och jorddjup

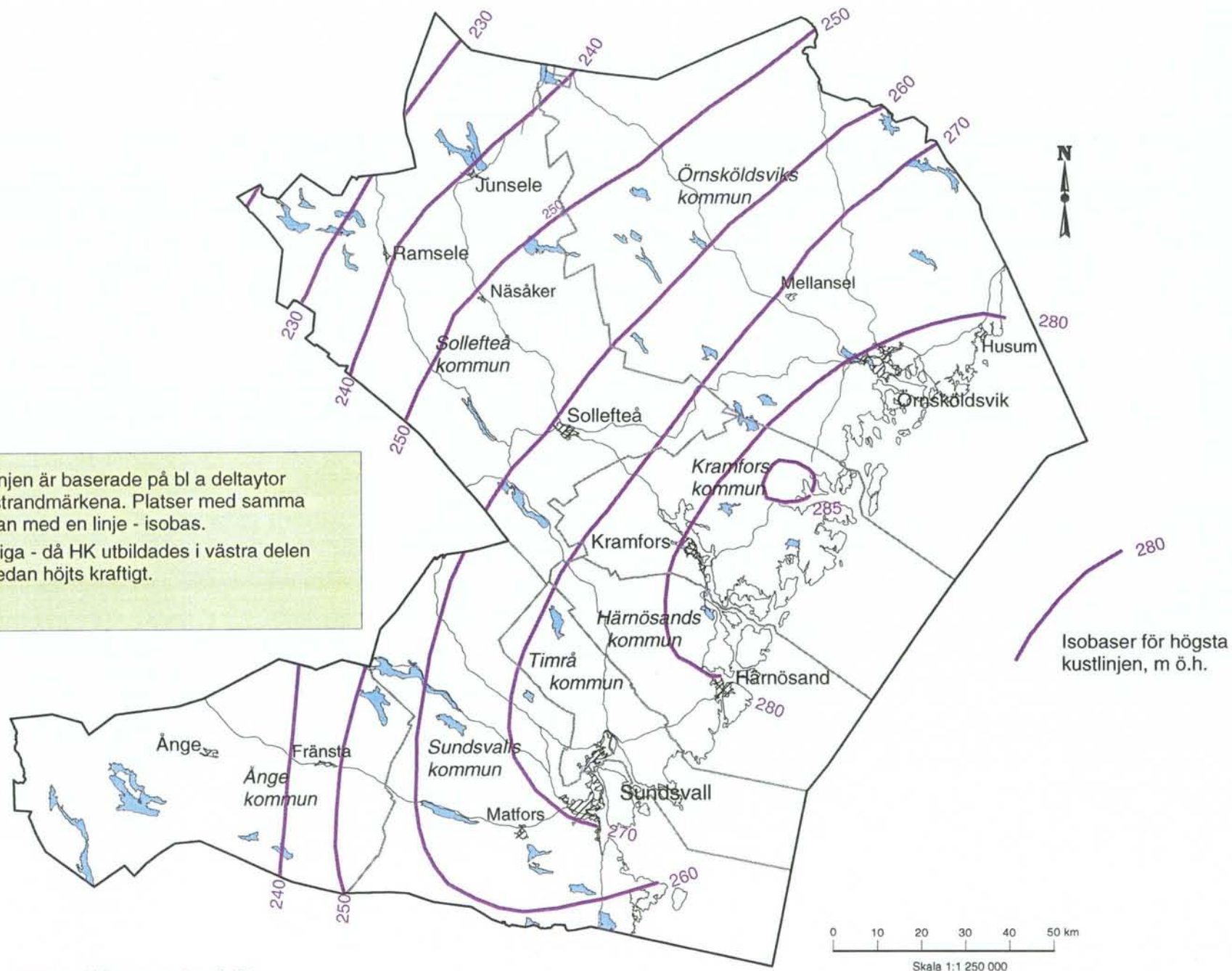
Bergblottningsgraden och jordartsfördelningen framgår av översiktskartan, Figur 14. Inom en ca 25 km bred kustzon är blottningsgraden mycket hög, främst i områdena under HK. Ovanför HK är blottningsgraden vanligen låg med undantag av några områden, t.ex. väster och söder om Ramsele. Moränen har stor utbredning ovanför HK och förekommer där i ett flertal avlagringsformer. Isälvssediment, sand och grus, bildar åsar och stora deltan i de markanta dalgångarna. I den ca 25 km breda kustzonen har svallningen varit mycket intensiv. Nedanför bergbranterna ligger stora volymer svallsediment – klapper, grus och sand. De fin-korniga sedimenten i älvdalarna har gett upphov till välutvecklade nip- och ravinlandskap. Risker för jordskred i dessa områden är hög /39, 40/. De myrrikaste områdena är huvudsakligen de relativt högt liggande, flacka moränområdena i sydvästra och nordvästra delen av länet.

Jordtäcket mäktighet kan växla starkt från en plats till en annan, se Figur 18. Allmänt gäller att jorddjupet avtar mot höjderna. Utöver uppgifter från SGUs brunnsarkiv har mäktighetsuppgifter erhållits från grundundersökningar utförda av olika ingenjörsfirmor och myndigheter /31, 40/. Stora jordmäktigheter, 40–60 m, förekommer i de stora älvdalarna. Lokalt finns även större jorddjup, t.ex. 90 m i Mjällåns dal, norr om Sundsvall. Utanför dalgångarna är jorddjupet i regel mycket mindre med ett medeldjup på ca 10 m. Undantagsvis kan fickor med stora jorddjup förekomma även i dessa lägen. Vid Östavall, drygt 15 km sydväst om Ånge i sydvästra delen av länet, har noterats ett jorddjup av drygt 60 m.

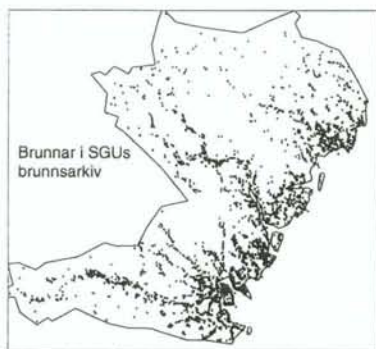
Glaciala jordarter

Moränen är den jordart som avlagrats direkt av inlandsisen. Den utbreder sig som ett täcke över berggrundens yta inom i princip hela länet. De övriga jordarterna underlagras ofta av morän. Moränen är i allmänhet tunnare på höjderna och saknas ofta helt på topparna. Vidare

Nivåer för högsta kustlinjen är baserade på bl a deltagar och de högst belägna strandmärkena. Platser med samma nivå har bundits samman med en linje - isobas. Nivåerna är inte samtidiga - då HK utbildades i västra delen hade den östra delen redan höjts kraftigt.

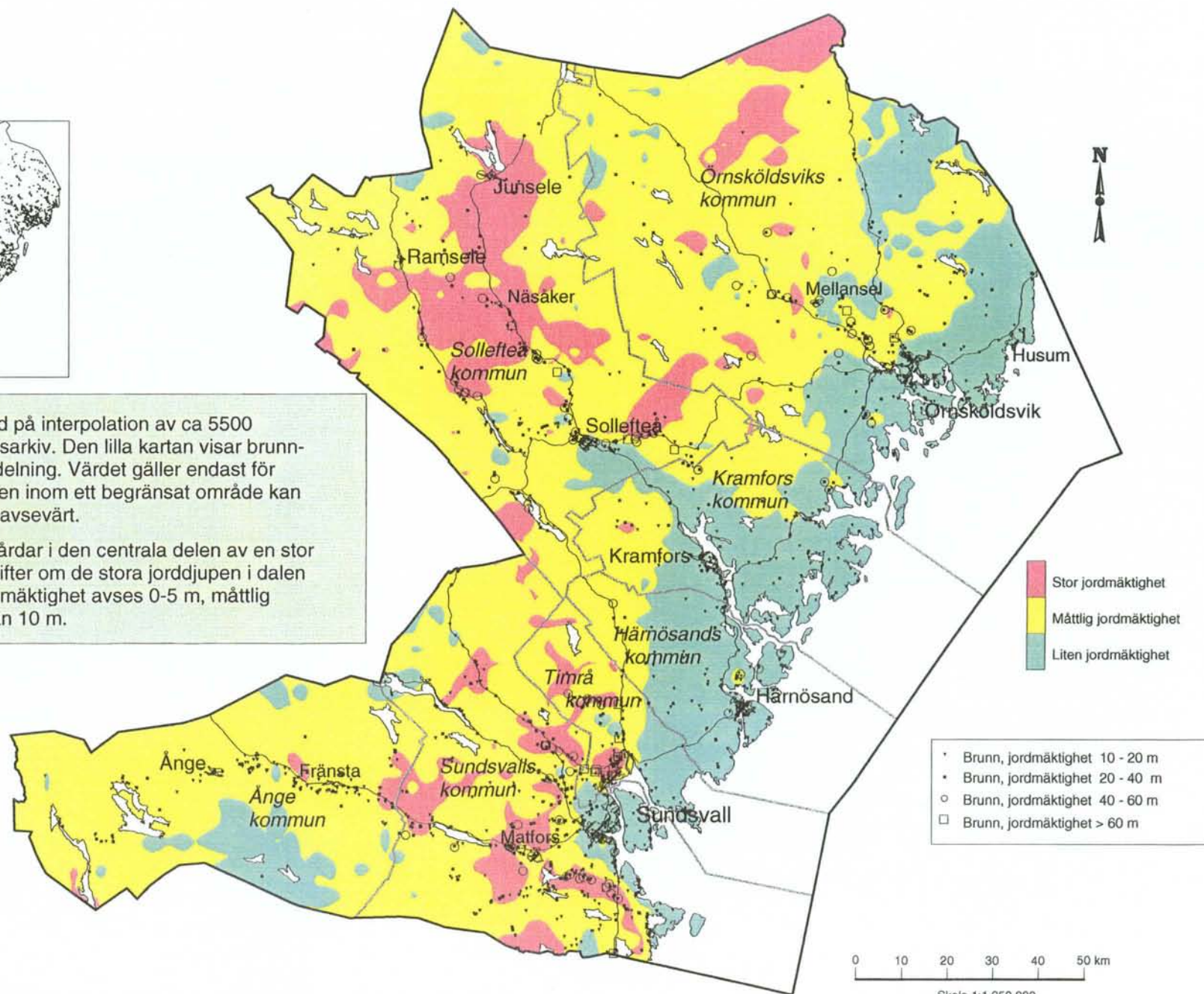


Figur 17. Högsta kustlinjen i Västernorrlands län



Jordmäktighet baserad på interpolation av ca 5500 brunnar i SGUs brunnarsarkiv. Den lilla kartan visar brunnarnas geografiska fördelning. Värdet gäller endast för respektive punkt. Även inom ett begränsat område kan jordtjockleken variera avsevärt.

Vanligen ligger inga gårdar i den centrala delen av en stor dal varför brunnssuppgifter om de stora jorddjupen i dalen saknas. Med liten jordmäktighet avses 0-5 m, måttlig 5-10 m och stor mer än 10 m.



Figur 18. Jordmäktighet i Västernorrlands län (sammanställning maj 1997)

saknas morän i stora områden inom kustzonen beroende på den intensiva svallningen i samband med landets höjning ur havet. Sandig-moig morän dominerar. I den västra och centrala delen har moig morän stor utbredning. I den västra delen förekommer även grusig-sandig morän samt moränlera och lerig morän. Moränens ytblockighet varierar. Graniter och gnejser ger en lokalmorän som är rik på block. Grovkorniga graniter samt ådergnejser ger ofta en storblockig morän, medan finkornigare graniter och andra gnejser ger en blockrik morän. Långtransporterad morän är vanligen sandig-moig eller moig och moränytorna normalblockiga eller blockfattiga. Främst i sänkor och dalar i den höglänta västra delen bildar moräntäckets ytformer som ger en karakteristisk detaljmorfologi åt terrängen.

Isälvsedimenten har transporterats och sorterats i isälvar i och under isen 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 länet finns ett flertal avlagringsformer. Åsar är vanligt förekommande, Figur 15b. De följer de stora dalstråken, dock ej strikt. I de stora dalgångarna kan åsen täckas av yngre sediment, främst postglaciala älvsediment. Isälvsdeltan och deltakomplex är vanliga i anslutning till HK i de större dalstråken. Särskilt i dalgångar med flackgradient blir deltakomplexen ibland mycket utdragna och visar en rik flora av olika form. Västernorrlands län erbjuder flera exempel på mycket stora och väl utbildade sådana komplex. Övriga typer av isälvsavlagringar finner man främst i terrängen ovanför HK vid sidan av de stora stråken av isälvsavlagringar.

Glacial lera och silt har avsatts av smältvatten från den avsmältande landisen och på ett visst avstånd från isfronten. Leran har ofta hög silthalt invid de stora isälvsavlagringarna. I skyddade lägen och längre från isälvsavlagringarna tar leran överhanden. På lägre nivåer överlagras de finkorniga glaciala sedimenten av postglacial lera och silt samt invid vattendragen av älvsediment.

Postglaciala jordarter

Postglaciala sediment utgör omlagringsprodukter av glaciala jordarter eller har bildats efter det att landisen lämnat området. De grova sedimenten, klapper, grus och sand, har en ganska ojämn regional fördelning, se Figur 15c-f. De finns i princip i hela området nedanför HK, men framför allt där terrängen är kraftigt bruten. I flackare terräng blir såväl arealen som mäktigheten mindre. Ur nivåsynpunkt finner man svallsedimenten i två områden, dels närmast under HK där terrängen ligger relativt väl exponerad, dels i exponerade områden ut mot den nutida kusten. De finkorniga sedimenten, silt och lera, förekommer främst på lägre nivåer. Längs vattendragens nedre lopp täcks de finkorniga sedimenten av älvsediment.

Av vinden omlagrade sediment förekommer relativt rikligt inom länet. De är främst bundna till tre typer av lägen – på de stora HK-deltana, på älvdeltan längs Ångermanälven och på sandstränder längs den nutida kusten. Vindavlagringarna bildar främst dyner, som kan vara upp till 15 m höga.

Organiska jordarter domineras av torv. Avgränsningen mellan olika torvmarkstyper är ibland skarp men även glidande övergångar förekommer. Torvmarker kan utgöras av enhetliga myrkomplex, mossar och kärr. Denna typ dominerar inom länet och särskilt i de norra och västra delarna. Högmossar förekommer endast på vissa håll i kusttrakterna. I de höglänta områdena i norr påträffas backkärr med en lutning som kan uppgå till 1:4.

Sen- och postglaciala rörelser i jordskorpan inkluderande jordskalv

Sen- och postglaciala rörelser i jordskorpan, som ger sig tillkänna som sprickbildningar, förkastningar och seismisk aktivitet, har dokumenterats från Norrbottens län /41, 42/ och nyligen från Västerbottens län (R. Lagerbäck, muntlig uppgift). Mörner /43, 44, 45/ anser att sådana rörelser förekommit också i andra delar av landet, huvudsakligen som en följd av den snabba landhöjningen. En granskning och sammanfattning av denna typ av tektoniska rörelser i Sverige har gjorts av Muir Wood /46/. I samband med SGUs jordartskartering har inget framkommit som tolkats som resultat av sen- och postglaciala rörelser. De störningar och förkastningar som noterats lokalt i isälvs sediment, har tolkats som orsakade av avsmältning av infrusna isblock, tryckavlastning eller porvattenavgång i samband med eller efter landisens avsmältning.

En sammanställning av jordskalv i Nordeuropa för tiden fram till 1993 visar att de kustnära delarna av länet ligger inom ett bälte inom vilket jämförelsevis många jordskalv är registrerade, se Figur 5. Bältet sträcker sig från sydvästra Sverige mot nordöst och norrut längs Norrlandskusten till Finland. Flertalet skalv med magnitud 3–5 ligger i kusttrakten och i nedre delen av Ångermanälvens dalgång, se Figur 19. Frekvensen av skalven är relativt jämnt fördelad över tiden, 10 jordskalv under 1700-talet, 8 under 1800-talet och 11 under 1900-talet. Det kraftigaste av de registrerade skalven, magnitud 4,1, inträffade 29 september 1983 i trakten av Solberg i nordvästra delen av Örnsköldsviks kommun. Det äldsta kända jordskalvet, som är från 1709, inträffade söder om Härnösand och hade magnituden 3,2. Det senaste registrerade jordskalvet skedde enligt sammanställningen den 30 juni 1993 i havet öster om Bönhamn, ca 50 km öster om Kramfors, och hade magnituden 2,3

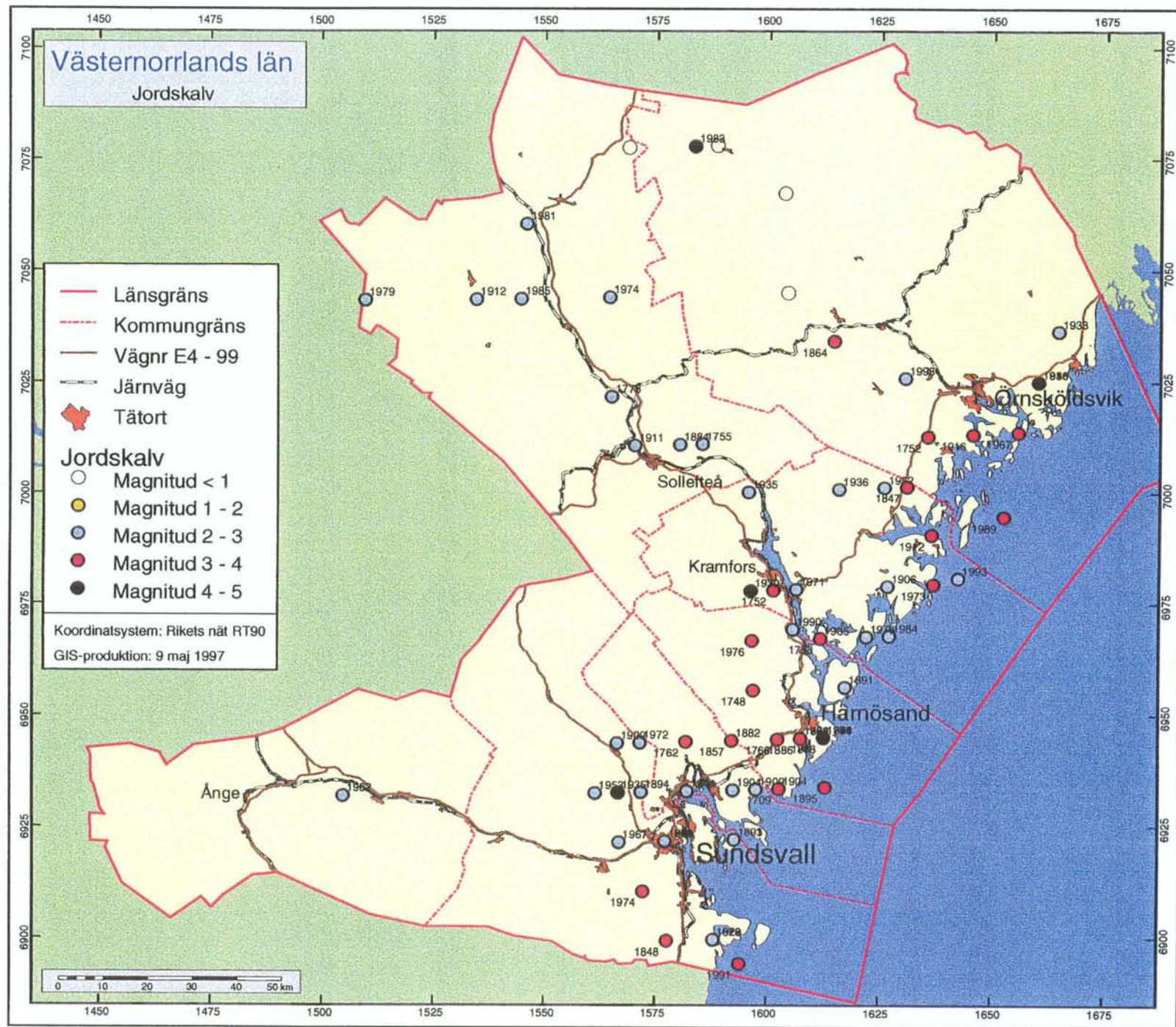
8 Hydrogeologi

I grundvattenkartan med beskrivning över Sverige /47/ 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 Västernorrlands län jämfört med övriga landet har även grundvattenkemiska data från SGUs brunnsarkiv bearbetats.

Grundvattnets bildning och strömning

Grundvattnet ingår i det hydrologiska kretsloppet /4, 47/. Av den nederbörd som faller i länet avdunstar ungefär hälften /47/. 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 benämns utströmningsområden. I de fall trycknivån ligger högre än marknivån kan källor och våtmarker bildas. Grundvatten strömmar också ut i botten av sjöar och vattendrag.

Figur 19. Registrerade jordskalv i Västernorrlands län fram till 1993. Årtal då skavet inträffade finns angivet på kartan. Uppgifterna har hämtats från en databas vid Uppsala universitet



Grundvattenbildningens storlek bestäms av markens infiltrationskapacitet och den effektiva nederbördens storlek (skillnaden mellan nederbörd och avdunstning). Den effektiva nederbörden i Västernorrlands län framgår av Figur 20 /48/. Den har beräknats utifrån en vidareutveckling av den metod som använts för beräkning av avrinning /48/. Endast en mindre del av det vatten som infiltreras i marken tillförs berggrunden beroende på dess, i förhållande till jordlagren, mycket låga genomsläpplighet och obetydliga magasinierande förmåga.

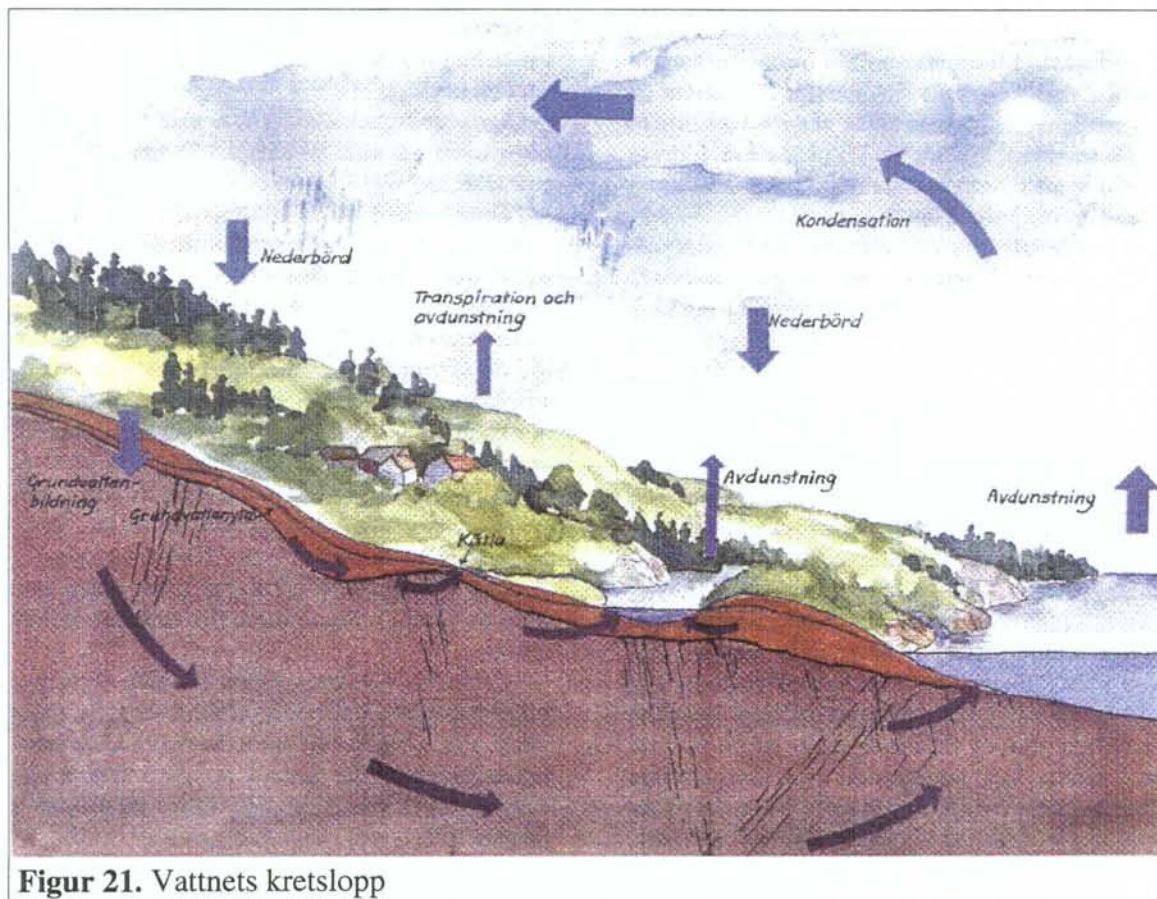
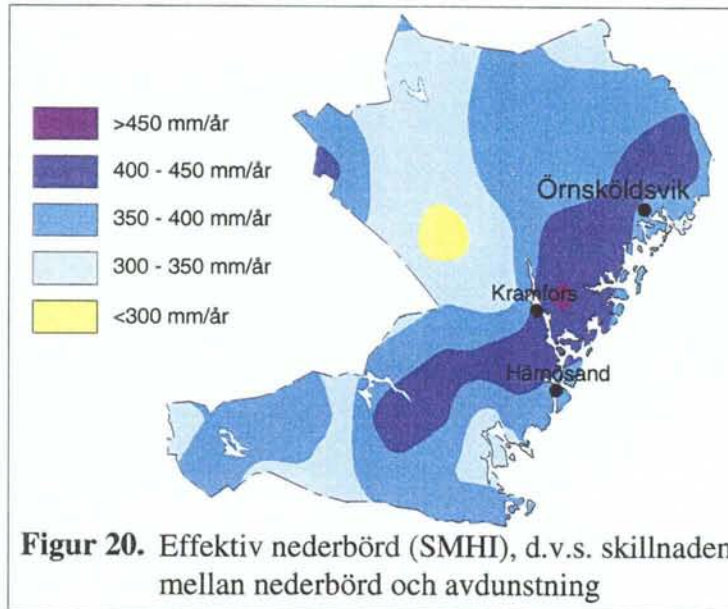
Den ytliga grundvattenströmningen i jordlagren och berggrundens övre delar styrs till största delen av de lokala topografiska förhållandena, se Figur 21 /47/. Uppehållstiden för grundvattnet är kort, innan utströmning sker till lågpunkter i terrängen som våtmarker, källor och recipienter. Den djupare 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.

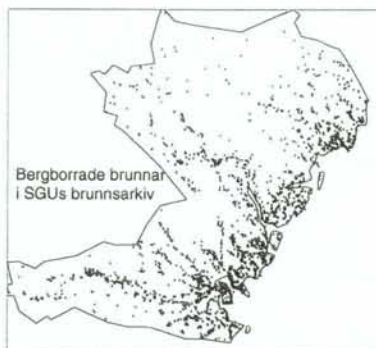
Grundvattnets strömningsmönster styrs också av skillnader i berggrundens genomsläpplighet. Enskilda sprickor och sprickzoner med en betydligt större genomsläpplighet än omgivande bergmassa utgör de huvudsakliga transportvägarna för grundvattnet i berggrunden. Förekomsten av regionalt viktiga sprickzoner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

Höjdskillnaderna i Västernorrlands län är stora med en högsta marknivå ca 590 m.ö.h., se 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 närmast kusten och mot älvdalarna där de långväga strömbanorna i stället blir uppåtriktade. Utströmningen av grundvatten sker i första hand till större vattendrag och sjöar samt till Bottenhavet.

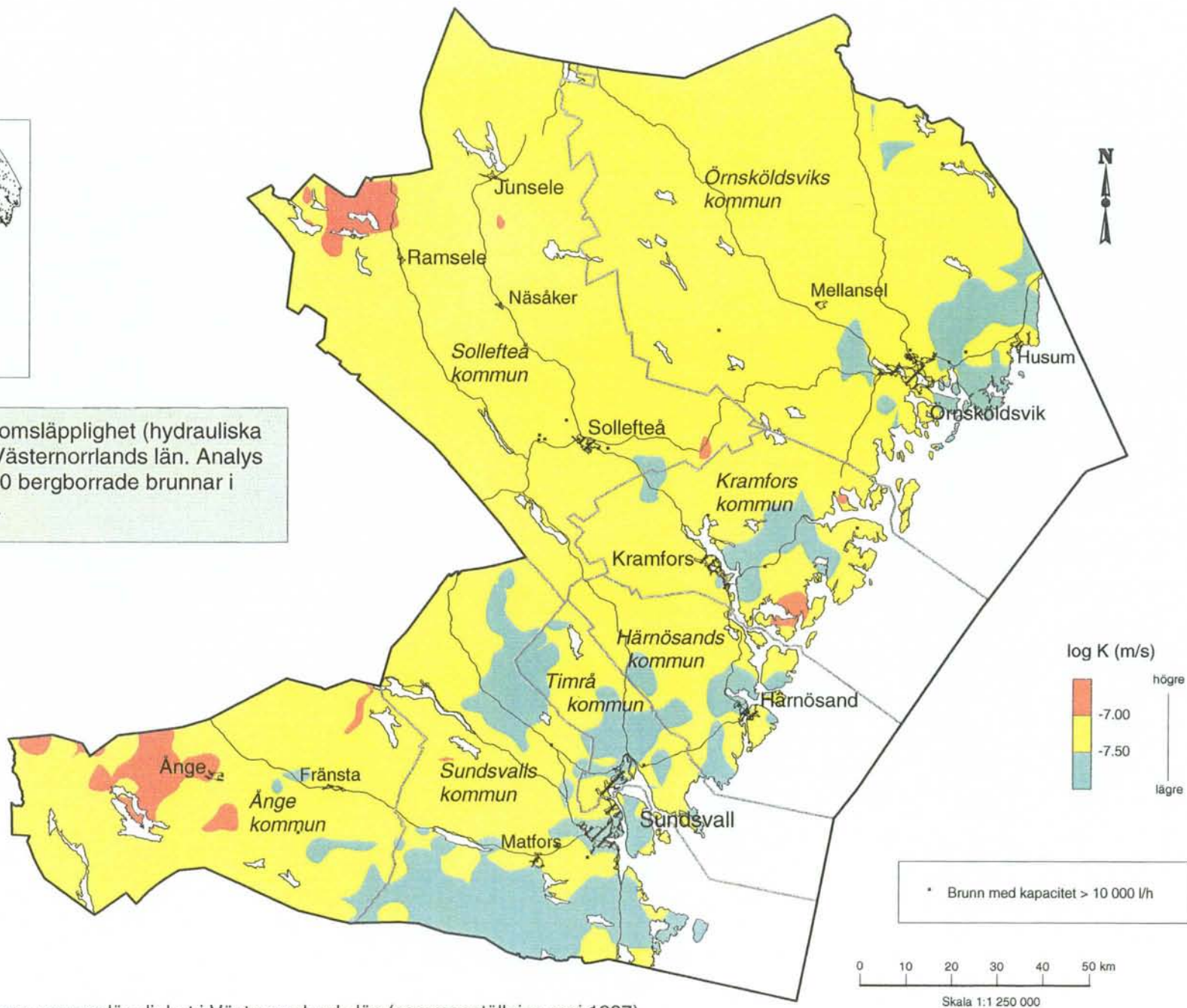
En faktor som påverkar grundvattnets utströmning i det långsiktiga perspektivet är den landhöjning som pågått sedan den senaste nedisningen. Landets höjning medför att landytan ökar och att strandnivån förskjuts utåt, s.k. strandförskjutning. Strandförskjutningen är idag i länets södra del ca 0,75 m/100 år och i norra delen drygt 0,8 m/100 år.

Länets sjöar, vattendrag och avrinningsområden med tillhörande vattendelare framgår av Figur 22 /48/. 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 22 framgår att i större delen av Västernorrlands län sker ytvattnets avrinning via Ljungan, Ångermanälven och Indalsälven samt via Nätraån och Moälven i de nordliga delarna. Grundvattnets lokala och regionala strömning följer i huvudsak ytvattnets avrinningsvägar. Det kan dock inte uteslutas att grundvatten som bildas i höjdområden inom eller utanför länet, även utbildar djupa, långa strömbanor som avviker från det regionala avrinningsmönstret.





Berggrundens genomsläpplighet (hydrauliska konduktivitet, K) i Västernorrlands län. Analys baserad på ca 3400 bergborrade brunnar i SGUs brunnarsarkiv.



Figur 23. Berggrundens genomsläpplighet i Västernorrlands län (sammanställning maj 1997)

Grundvattentillgångar

Grundvattentillgångar av regional betydelse i Västernorrlands län återfinns i de stora stråken med isälvsavlagringar, t.ex. Indalsälvsåsen, Ljunganåsen och Ångermanälvsåsen /47/. Genom att stora grundvattenmängder kan lagras och transporteras i isälvsavlagringarna, har dessa fått stor betydelse för den kommunala vattenförsörjningen i länet. I Figur 22 redovisas bedömda grundvattentillgångar i åsarna enligt SGUs grundvattenkarta över Sverige /47/. 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

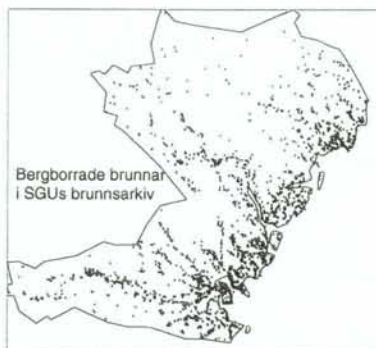
Berggrundens genomsläpplighet (hydrauliska konduktivitet, K) i Västernorrlands län har beräknats /49/ med hjälp av uppgifter om brunnsdjup, avsänkning och uttagskapacitet från ca 3400 brunnar i SGUs brunnarsarkiv. Brunnarna är ojämt fördelade inom länet med flertalet brunnar belägna längs kusten och i dalgångarna. 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 $3,9 \times 10^{-8}$ m/s. Vid beräkningen har brunnar med mindre djup än 20 m i den kristallina berggrunden samt brunnar med större totaldjup än 140 m uteslutits. Vidare har samtliga energibrunnar uteslutits eftersom de vanligtvis är mycket djupa. Koncentrationen av energibrunnar till tätorter skulle därmed ge skenbart lägre genomsläpplighet i dessa områden. Beräknade värden bedöms vara representativa för berggrundens genomsläpplighet ned till ca 100 m djup.

Berggrundens hydrauliska konduktivitet har, baserat på en geostatistisk analys, interpolerats över länet, se Figur 23. Resultatet visar de regionala skillnaderna i genomsläpplighet. Lägst värden erhålls i kustregionen. Lokalt kan dock variationerna vara stora, främst beroende på om vattenförande sprickzoner påträffats vid brunnborrningen. Av figuren framgår därför även läget för samtliga registrerade brunnar i länet med en bedömd uttagskapacitet överstigande 10 000 l/tim (32 st).

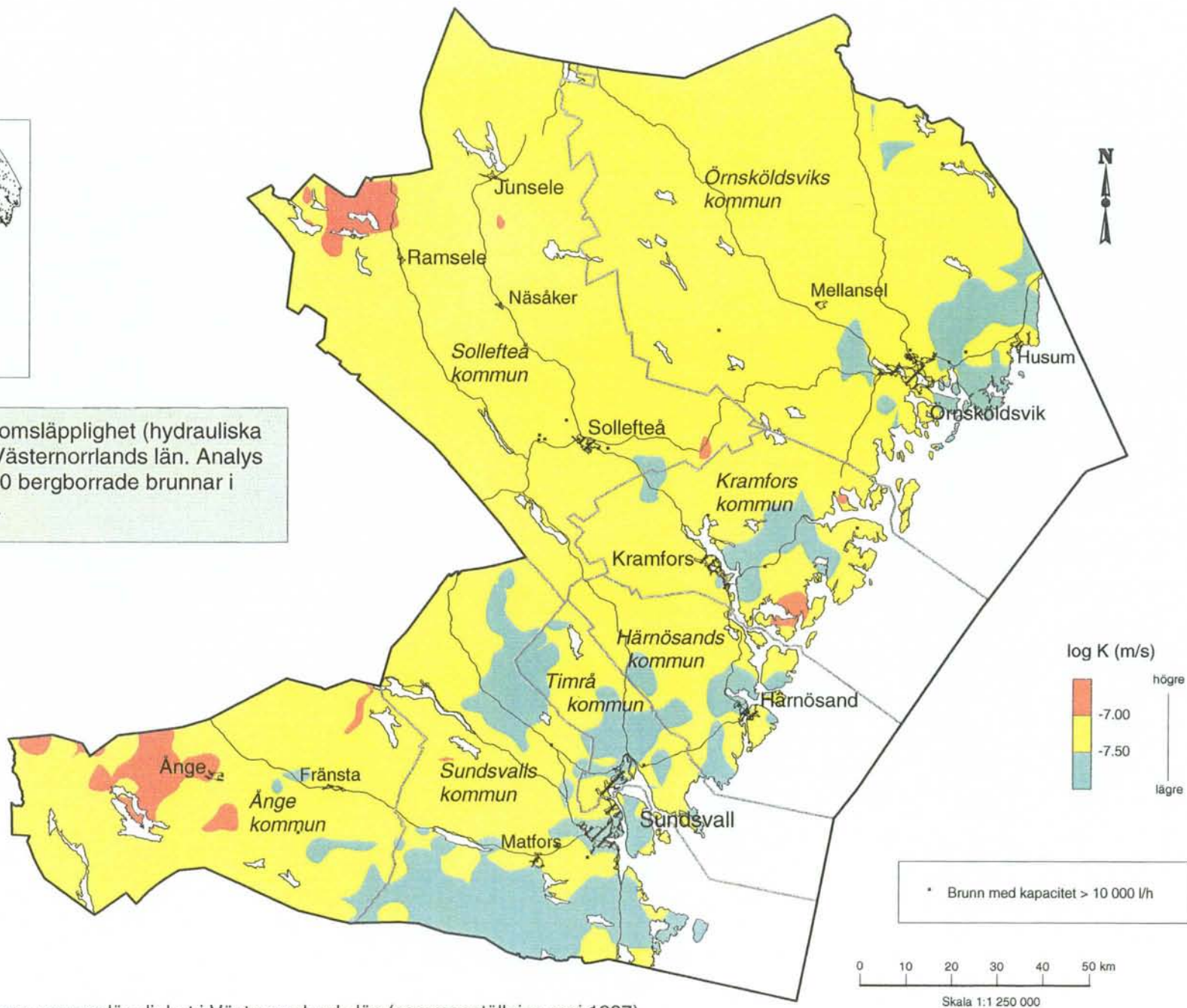
Erfarenheter från borrhålsundersökningar visar att genomsläppligheten i den kristallina berggrunden avtar med djupet /50/. Skillnaden i hydraulisk konduktivitet mellan nivån 100 m och 500 m under markytan kan uppgå till flera tiopotenser, vilket har stor betydelse för grundvattnets uppehållstid och strömningsvägar. Dessutom kan förhöjda salthalter i grundvattnet förväntas på de djup som är aktuella för ett förvar, särskilt i de kustnära områdena och längs älvdalarna. 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 400 bergborrade brunnar i Västernorrlands län och ca 10 000 brunnar från övriga delen av landet /5/, se



Berggrundens genomsläpplighet (hydrauliska konduktivitet, K) i Västernorrlands län. Analys baserad på ca 3400 bergborrade brunnar i SGUs brunnarsarkiv.



Figur 23. Berggrundens genomsläpplighet i Västernorrlands län (sammanställning maj 1997)

Figur 24. Brunnar i lättvittrade, huvudsakligen sedimentära bergarter har inte beaktats. Brunnarna är ojämnt fördelade inom länet och koncentrerade till kusten och dalgångarna. 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.

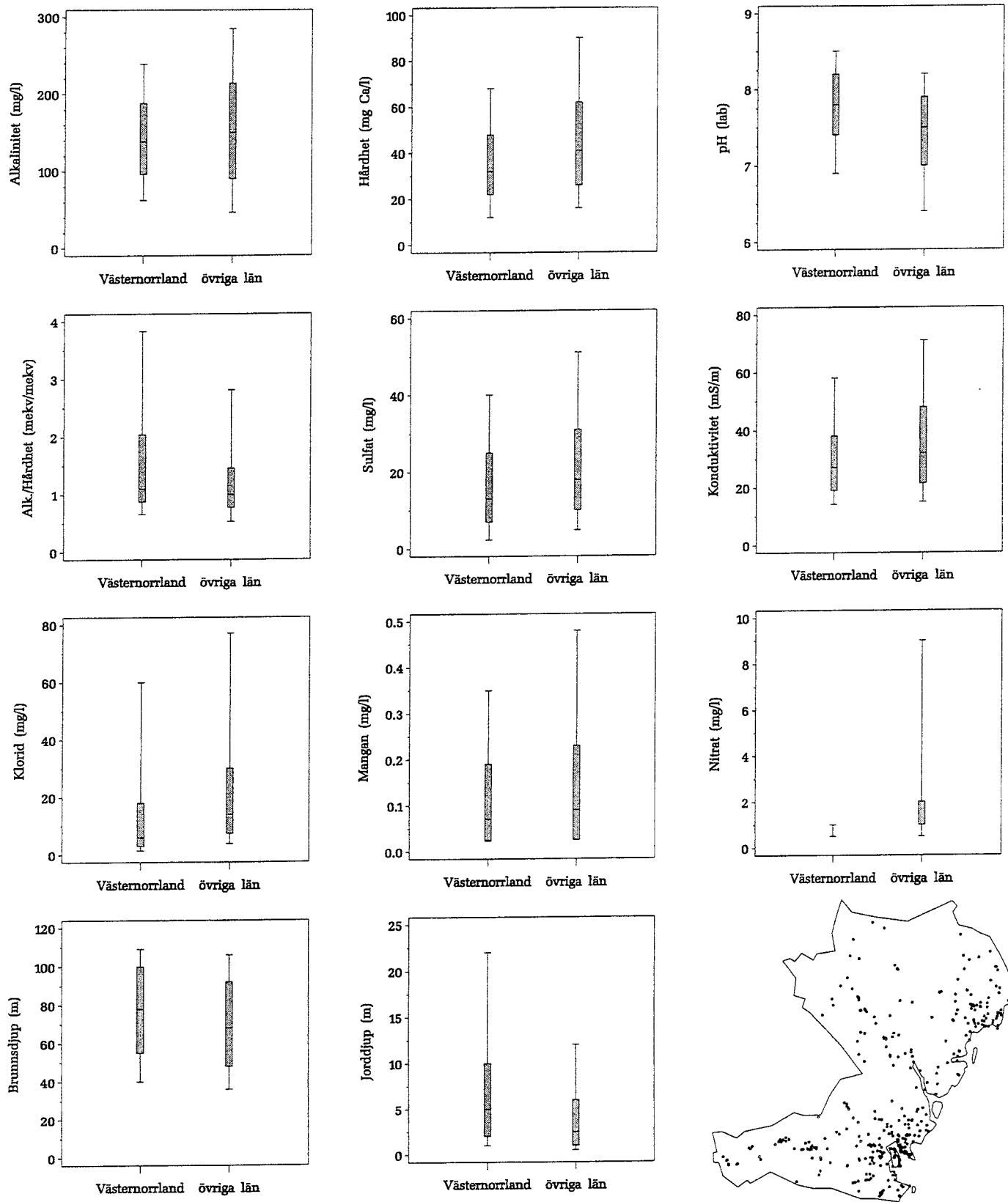
Vitringsberoende variabler som totalhårdhet och konduktivitet har något lägre värden i Västernorrlands län än i övriga landet medan pH har högre värden. Kvoten mellan alkalinitet och totalhårdhet är högre än riksgenomsnittet vilket innebär att antropogen påverkan av starka syror från nederbörden är relativt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

Nitrathalten är lägre än i övriga delar av landet. Detta är sannolikt ett resultat av liten jordbrukspåverkan i länet.

Kloridhaltens medianvärde är 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). Förhöjda kloridhalter vid uttag av grundvatten i kustnära områden kan orsakas av relict saltvatten under HK eller av inträngning av salt vatten från Bottenhavet. Den högsta kloridhalten som uppmätts i bergbore brunnar i länet uppgår till 2375 mg/l att jämföra med Bottenhavet och världshaven som har halter omkring 3000 respektive 20000 mg/l. Sannolikt styrs förekomsten av relict saltvatten under HK till stor del av de topografiska betingelserna. I flacka och låglänta områden är grundvattnets omsättning generellt sett långsammare än i kuperad terräng med omväxlande höjd och lågområden, vilket påverkar takten av "ursköljning" av det salta vattnet med sött grundvatten. Västernorrlands län har förhållandevis kuperad terräng jämfört med andra kustlän.

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

Brunnsdjup och jorddjup är något större än i övriga län vilket kan bidra till höga pH-värden. Brunns- och jorddjupen i länet 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. Stora delar av länet befinner sig också över högsta kustlinjen vilket kan bidra till lägre jonstyrka hos grundvattnet.



Antal analyser i Västernorrlands län och övriga delen av landet:

	HCO ₃	Hårdhet	pH	HCO ₃ /Hårdhet	SO ₄	Konduktivitet	Cl	Mn	NO ₃	Jorddjup	Brunnsdjup
Västernorrland	407	406	408	406	357	309	401	359	346	317	408
Övriga län	11340	10662	11662	10643	6833	8957	10399	9059	8409	8077	11677

Figur 24. Grundvattnets kemi samt brunnsdjup och jorddjup för bergbore brunnar i Västernorrlands 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 från brunnarkivets kemiarkiv som visas i insättskantan.

9 Geologiska förutsättningar för lokalisering av ett djupförvar i Västernorrlands län

Sammanfattande slutsatser

Berggrunden i Västernorrlands län består huvudsakligen av metasedimentära bergarter, ofta omvandlade till ådergnejs, samt olika granitoider. De centrala delarna av länet, från en linje Näsåker-Mellansel ned till Sundsvall-Matfors, domineras av metasedimentär berggrund samt mindre massiv av yngre granit (Härnötyp). Längst i norr uppträder framför allt yngre granit (Revsundstyp) men i viss mån även äldre granitoider medan länets sydvästra del domineras av äldre granitoider. De allra yngsta graniterna (rapakivtyp) återfinns längs kusten mellan Härnösand och Örnsköldsvik samt väster om Sollefteå.

Med undantag av graniter av rapakivtyp är de aktuella bergarterna vanligt förekommande i Sverige. Generellt sett är dessa bergarter gynnsamma ur säkerhets- och byggnadsteknisk synpunkt. Detta dock under förutsättning att inte inhomogeniteter i form av exempelvis inneslutningar och/eller gångar förekommer i någon större utsträckning. Graniter av rapakivtyp är jämförelsevis ovanliga och uppvisar horisontella eller flackt liggande sprickor samt är vanligen lättvittrade.

Berggrundens homogenitet kan bara grovt uppskattas eftersom moderna, tillräckligt detaljerade geologiska kartor i stort sett saknas från länet. Dock kan konstateras att gångar och lagergångar av diabas är mycket vanligt förekommande i kustområdet och i länets sydvästra och norra delar. Vidare är de yngre graniterna av Härnötyp ofta genomsatta av pegmatitgångar. Inneslutningar av äldre berggrund är vanliga både i mindre granitmassiv och i randzonerna av de större massiven.

Mineral- och bergartsresurser finns i länet, om än i relativt blygsam omfattning. Förekomsterna är spridda och några egentliga malmfält som i de mera mineralrika länen finns inte. En viss koncentration av förekomster till några områden kan emellertid konstateras. Dessa områden är väster om Ånge, nordväst och sydväst om Sollefteå, Junseletrakten samt kuststräckan mellan Örnsköldsvik och Härnösand. Slutligen kan nämnas att intrusioner av Alnötyp är intressanta för diamantprospektering och undersökningstillstånd har beviljats för två områden nordost om Sundsvall.

Plastiska skjuvzoner med NO-lig riktning förekommer framför allt längs kusten. Därutöver förekommer flera plastiska skjuvzoner med dominerande NV-lig riktning vilka i huvudsak sammanfaller med länets älvdalar. Ett synbarligen enkelt system av regionalt viktiga *sprickzoner* med fyra dominerande riktningar har identifierats. Riktningarna är NNO (främst i kustregionen), NV, N-S och O-V. Avståndet mellan sprickzonerna är i storleksordningen 10 km. Mellan de plastiska skjuvzonerna är avståndet betydligt större.

Bland *jordarterna* har morän stor utbredning med undantag av älvdalarna där isälvsediment dominerar. Jorddjupet är vanligen måttligt med ett medeldjup som uppgår till ca 10 m. Större jorddjup, 40-60 m, påträffas framför allt i de stora dalgångarna. I kustregionen är jordtäcket mycket tunnt eller saknas helt.

Längs med länets kustregion, för övrigt längs hela Norrlandskusten, går ett bälte där *jordskalv* registrerats mer frekvent. Förhöjd frekvens av registrerade jordskalv kan också skönjas, om än inte lika tydligt, längs Ångermanälvens dalgång (Kramfors-Junsele). Vid SGUs jordartskartering har inte några observationer gjorts som tolkats som *sen- eller postglaciala rörelser*. *Landhöjningen* är idag 0,75 m/100 år i södra delen av länet och 0,8 m/100 år i den norra delen.

De *hydrogeologiska förhållandena* i Västernorrlands län avviker inte nämnvärt från andra delar av landet. Höjdområdena i väster är regionala inströmningsområden och grundvattnets strömning sker mot den låglänta delarna närmast kusten och mot älvdalarna. Förhållandevis stora höjdskillnader inom länet kan medföra att grundvattnets omsättningstid blir jämförelsevis kort. Utströmning sker till större sjöar och vattendrag samt till Bottenhavet. Grundvattentillgångar av regional betydelse i länet återfinns i stråken med isälvsavlagringar. Berggrundens genomsläpplighet visar regionala skillnader med lägst värden i kustregionen särskilt omkring Sundsvall och Örnsköldsvik men lokalt kan stora variationer förekomma. Grundvattnet bedöms inte vara aggressivt. Nämnas kan att nitrathalten är lägre än i andra delar av landet vilket tolkats som att påverkan från jordbruket är liten.

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- och postglaciala förkastningsrörelser.

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

Områden som uppfyller sådana villkor återfinns inom stora domäner mellan de plastiska skjuvzonerna. Dessa domäner genomkorsas dock av uthålliga sprickzoner som också måste 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.





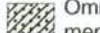

En första översiktlig bedömning av var sådana områden kan finnas ges i Figur 25. Bedömningen baseras på länets förutsättningar med avseende på berggrundens sammansättning, framtida prospekteringsintresse och tolkade deformationszoner. Detaljerade undersökningar, exempelvis förstudier av enskilda kommuner och platsundersökningar, krävs dock för att slutgiltigt identifiera berggrundsblock som uppfyller ovannämnda förutsättningar och andra krav som ställs på ett djupförvar. Generellt kan konstateras att frekvensen jordskalv är förhöjd i kustregionen och längs Ångermanälvens dalgång. Utöver dessa jordskalv har inga tecken på andra sen- och postglaciala rörelser i berggrunden observerats vid SGUs kartläggning av länet. Jordtäckets sammansättning och mäktighet samt de hydrogeologiska förhållandena har inte i denna skala legat till grund för att gradera områden med olika geologiska förutsättningar.

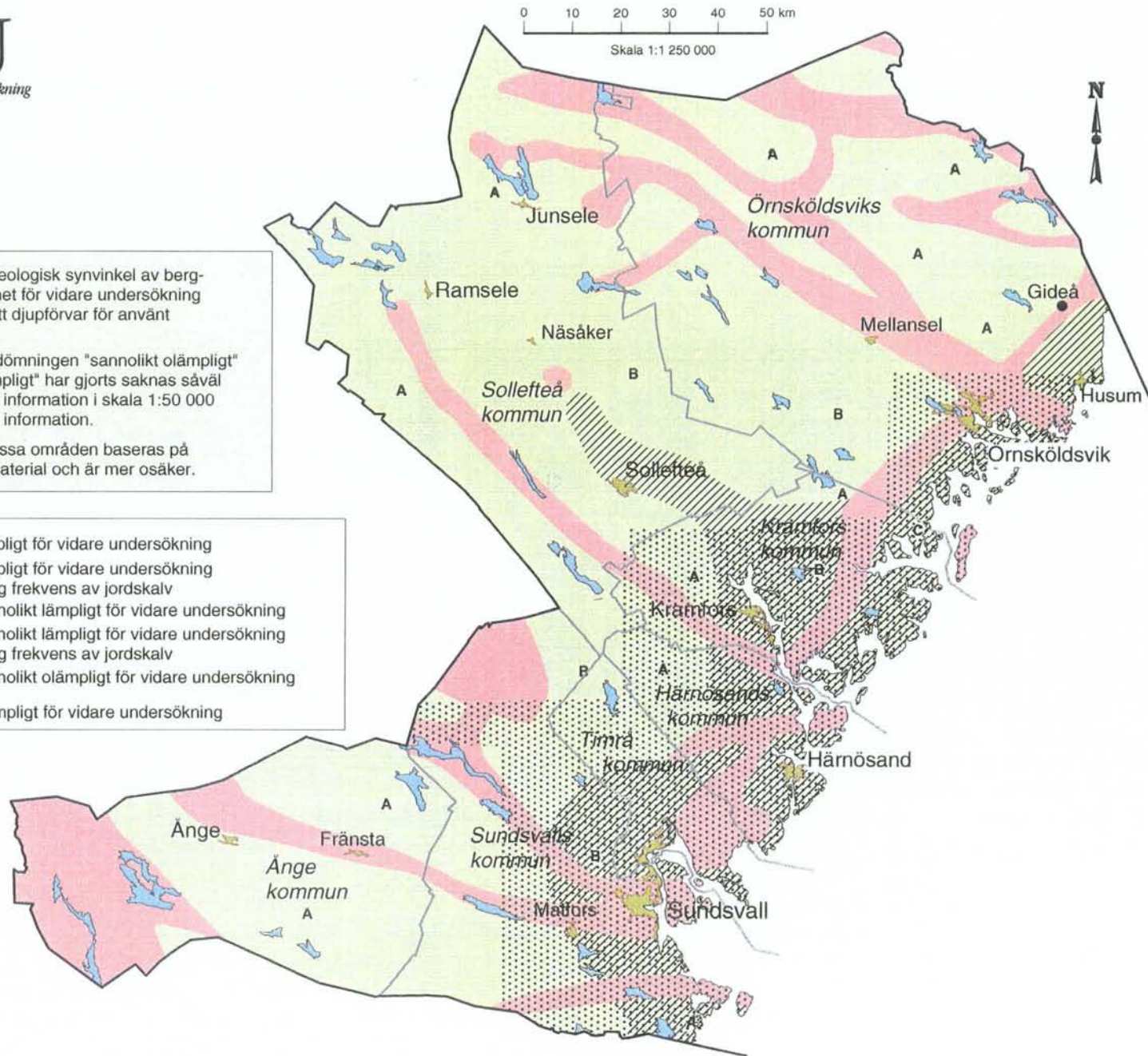
Västernorrlands län har, ur geologisk synvinkel, indelats i områden som bedöms olämpliga, sannolikt olämpliga, sannolikt lämpliga respektive lämpliga för vidare studier med syfte att lokalisera ett djupförvar för använt kärnbränsle, se Figur 25. Områden som har bedömts att

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 geologisk 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 lämpligt för vidare undersökning men med hög frekvens av jordskalv
-  Område sannolikt lämpligt för vidare undersökning
-  Område sannolikt lämpligt för vidare undersökning men med hög frekvens av jordskalv
-  Område sannolikt olämpligt för vidare undersökning
-  Område olämpligt för vidare undersökning



Figur 25. Översiktlig bedömning ur geologisk synvinkel av berggrundens lämplighet för vidare undersökning i Västernorrlands län. Områdena A-C refereras till i texten

vara lämpliga eller sannolikt lämpliga för vidare studier men visar en förhöjd frekvens av registrerade jordskalv har också urskiljts, se Figur 25. I de områden där bedömningen sannolikt olämpligt och sannolikt lämpligt har gjorts saknas såväl modern geologisk information i skala 1:50 000 som flyggeofysisk information. Bedömningen i dessa områden baseras endast på översiktligt geologiskt material och är mer osäker. Områden som bedömts som olämpliga eller sannolikt 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 befintligt material.

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

- Ett antal större områden väster om Ånge, nordost om Sundsvall, den nordvästra delen av Sundsvalls kommun samt söder om Örnsköldsvik vilka är eller kan förväntas bli aktuella för mineralprospektering. I området väster om Ånge finns dessutom länets mest väldokumenterade system av plastiska skjuvzoner.
- Flera relativt smala områden längs med plastiska skjuvzoner inom stora delar av länet. Många av dessa områden är dessutom av intresse ur prospekteringssynpunkt.

Områden vilka tolkats som **lämpliga** eller **sannolikt lämpliga** för vidare undersökning utgör en stor del av länet. Berggrunden inom dessa intressanta områden består av metasedimentära bergarter (s.k. ådergnejser) och äldre granitoider, i något fall av yngre graniter. Regionalt betydande plastiska deformationszoner har inte kunnat påvisas och bergarterna är inte intressanta ur prospekteringssynpunkt. Som tidigare påpekats är det berggrundsblocken mellan de uthålliga sprickzonerna och stråken av isälvsavlagringar i dessa områden som kan bli aktuella för lokalisering av ett djupförvar.

Om mer detaljerade undersökningar skulle bli aktuella i de gynnsamma områden i Västernorrlands län bör några faktorer särskilt beaktas:

- Den relativt höga frekvensen av diabasgångar och lagergångar inom stora delar av länet (A i Figur 25) och de problem som detta kan medföra i form av inhomogen berggrund och ökad vattengenomsläpplighet längs kontakterna till dessa gångar.
- Den delvis inhomogena berggrunden, särskilt i områden där granit av Härnötyp förekommer (B i Figur 25). En detaljerad undersökning av berggrundens homogenitet bör utföras i hela länet.
- Förekomst av horisontella eller flackt liggande sprickor i graniter av Rapakivityp i Norðingråområdet söder om Örnsköldsvik (C i Figur 25).
- De stora höjdskillnaderna i länet i sin helhet som medför att grundvattnets flödes hastighet ökar och att omsättningstiden blir jämförelsevis kort.
- Slutligen bör, om vidare studier skulle bli aktuella i något av de områdena som visar en förhöjd frekvens av registrerade jordskalv, kompletterande studier göras avseende jordskalvens betydelse för ett djupförvar.

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 **Lundqvist, T., Gee, D.G., Karis, L., Kresten, P. & Kumpulainen, R., 1990:** Beskrivning till berggrundskartan över Västernorrlands län. Sveriges geologiska undersökning, Ba 31, 1-429.
- 8 **Lundbohm, H., 1899:** Praktiskt geologiska undersökningar inom Västernorrlands län. II Berggrunden med två kartor i skalorna 1:500 000 resp. 1:100 000. Sveriges geologiska undersökning, C 177, 1-60.
- 9 **Kornfält, K.-A., 1976:** Petrology of the Ragunda rapakivi massif, central Sweden. Sveriges geologiska undersökning, C 725, 1-111.
- 10 **Persson, L., 1976:** Petrology of the Järnvägsforsen tunnel, western Medelpad, central Sweden. Sveriges geologiska undersökning, C 722, 1-16.
- 11 **Persson, L., 1978:** The Revsund - Sörvik granites in the western parts of the Ångermanland, central Sweden. Sveriges geologiska undersökning, C 741, 1-59.
- 12 **Björk, L. & Kero, L., 1988:** Berggrundskartan 20I Björna SV, 1:50 000. Sveriges geologiska undersökning, Ai 25.
- 13 **Björk, L. & Kero, L., 1988:** Berggrundskartan 20I Björna SO, 1:50 000. Sveriges geologiska undersökning, Ai 26.
- 14 **Björk, L. & Kero, L., 1988:** Berggrundskartan 20I Björna NV, 1:50 000. Sveriges geologiska undersökning, Ai 23.

- 15 **Björk, L. & Kero, L., 1988:** Berggrundskartan 20I Björna NO, 1:50 000. Sveriges geologiska undersökning, Ai 24.
- 16 **Björk, L. & Kero, L., 1988:** Berggrundskartan 21I Fredrika SO, 1:50 000. Sveriges geologiska undersökning, Ai 32.
- 17 **Delin, H. & Aaro, S., 1995:** Berggrundskartan 17F Ånge SV, 1:50 000. Sveriges geologiska undersökning, Ai 82.
- 18 **Delin, H. & Aaro, S., 1995:** Berggrundskartan 17F Ånge SO, 1:50 000. Sveriges geologiska undersökning, Ai 83.
- 19 **Sukotjo, S. & Kero, L., 1992:** Berggrundskartan 20H Junsele NV, 1:50 000. Sveriges geologiska undersökning, Ai 71.
- 20 **Sukotjo, S. & Kero, L., 1992:** Berggrundskartan 20H Junsele NO, 1:50 000. Sveriges geologiska undersökning, Ai 72.
- 21 **Björk, L. & Kero, L., 1992:** Berggrundskartan 19J/20J Husum NO/Vännäs SO, 1:50 000. Sveriges geologiska undersökning, Ai 55.
- 22 **Ahlberg, P., 1986:** Den svenska kontinentalsockelns berggrund. Sammanfattning av tillgängliga undersökningar. Med bidrag av Jan Bergström, Tom Floden och Per Söderberg. Sveriges geologiska undersökning, Rapporter och Meddelanden 47, 1-101.
- 23 **Eckerman, H.v., 1948:** The alkaline district Alnö island. Sveriges geologiska undersökning, Ca 36, 1-176.
- 24 **Eckerman, H.v., 1958:** The alkaline and carbonatitic dikes of the Alnö formation on the mainland north-west of Alnö island. Kungliga Svenska Vetenskapsakademien 4 serie, band 7:2, 1-61.
- 25 **Eckerman, H.v., 1967:** A comparison of Swedish, African and Russian kimberlites. I: P.J. Wyllie (red.), *Ultramafic and related rocks*. — J. Wiley & Sons, New York, 302-312.
- 26 **Kresten, P., 1980:** The Alnö Complex: Tectonics of dyke emplacement. *Lithos* 13, 153-158.
- 27 **Gorbatshev, R., Solyom, Z. & Johansson, I., 1979:** The central Scandinavian Dolerite Group in Jämtland, central Sweden. *Geologiska Föreningens i Stockholm Förhandlingar* 94, 177-190.
- 28 **Statens Industriverk, 1977:** Diabasutredningen. SIND PM 1977:14.
- 29 **Statens Industriverk, 1980:** Berg och malm i Västernorrlands län. SIND PM 1980:18.

- 30 **Bergman, S. & Sjöström, H., 1994:** The Storsjön-Edsbyn deformation zone, central Sweden. Opublicerad FoU-rapport (SGU), 1-46.
- 31 **Lundqvist, J., 1987:** Beskrivning till jordartskarta över Västernorrlands län och förutvarande Fjällsjö k:n. Sveriges geologiska undersökning, Ca 55, 1-270.
- 32 **Fredén, C., 1994:** Jordarterna. I: C. Fredén (red.), *Berg och jord*. — Sveriges Nationalatlas, 104-119.
- 33 **Lundqvist, J., 1994:** Inlandsisens avsmältning. I: C. Fredén (red.), *Berg och Jord*. — Sveriges Nationalatlas, 124-135.
- 34 **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.
- 35 **Hörnsten, Å., 1964:** Ångermanlands kustland under isavsmältningsskedet. Preliminärt meddelande. *Geologiska föreningens i Stockholm förhandlingar* 86, 181-205.
- 36 **Björnbom, S., 1979:** Clayey basal till in central and northern Sweden. A deposit from an old phase of the Würm glaciation. *Sveriges geologiska undersökning, C* 573, 1-62.
- 37 **Garcia Ambrosiani, K. & Robertsson, A.-M., 1992:** Early Weichselian interstadial sediments at Härnösand, Sweden. *Boreas* 21, 305-317.
- 38 **Lundqvist, J. & Robertsson, A.-M., 1994:** Äldre istider och mellanistider. I: C. Fredén (red.), *Berg och jord*. — Sveriges Nationalatlas, 120-124.
- 39 **Skredkommissionen, 1990:** Ras och skred i Sverige. Rapport 2:90, 16-18.
- 40 **Fredén, C., 1996:** Erosionsrisker längs älvarna i Sollefteå kommun. I: O. Selinus (red.), *Miljögeologi*. — Sveriges geologiska undersökning, *Rapporter och Meddelanden* 86, 23-28.
- 41 **Lagerbäck, R., 1979:** Neotectonic structures in northern Sweden. *Geologiska Föreningens i Stockholm Förhandlingar* 100, 263-269.
- 42 **Lagerbäck, R., 1990:** Late Quaternary faulting and paleoseismicity in northern Fennoscandia, with particular reference to the Lansjärv area, northern Sweden. *Geologiska Föreningens i Stockholm Förhandlingar* 112, 333-354.
- 43 **Mörner, N.-A., 1978:** Faulting, fracturing, and seismicity as functions of glacioisostasy in Fennoscandia. *Geology* 6(1), 41-45.
- 44 **Mörner, N.-A., 1979:** Earth movements in Sweden, 20 000 BP to 20 000 AP. *Geologiska Föreningens i Stockholm Förhandlingar* 100, 279-286.

- 45 **Mörner, N.-A., 1979:** The Fennoscandian Uplift and Late Cenozoic Geodynamics: Geological Evidence. *GeoJournal* 3.3, 287-318.
- 46 **Muir Wood, R., 1993:** A review of the seismotectonics of Sweden. SKB TR 93-13, 1-225.
- 47 **SGU, 1994:** Grundvattnet i Sverige. Sveriges geologiska undersökning, Ah 17 (karta, 1:1 miljon).
- 48 **SMHI, 1995:** Sveriges Vattensystem. I: B. Raab & H. Vedin (red.), *Klimat, sjöar och vattendrag*. — Sveriges Nationalatlas, 116-123.
- 49 **Carlsson, L. & Carlstedt, A., 1977:** Estimation of transmissivity and permeability in Swedish bedrock. *Nordic Hydrology* 8, 103-116.
- 50 **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, samt ordlistan i Bengt E H Loberg: Geologi, 4:e upplagan.

- Albit.** Natriumrik fältspat.
- 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.
- Aplit.** Finkornig, granitisk bergart med låg halt av mörka mineral. Uppträder vanligtvis som gångar.
- Arenit.** Sedimentär bergart med dominerande kornstorlek 2-0,06 mm (sand).
- 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.
- 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.
- 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.
- Flyttblock.** Stora av inlandsisen transporterade block.
- Formlinjer.** Linjer som markerar en trend. Strukturella formlinjer visar trenden av planstrukturer i berggrunden. Magnetiska konnektioner länkar ihop magnetiska anomalier som bedöms representera strukturella trender.
- Fossil.** Förstenade lämningar efter djur och växter.
- Fältspat.** Sammanfattande namn för en grupp bergartsbildande mineral. De viktigaste är kalifältspat och plagioklas.
- Förskiffring.** Planstruktur i en bergart definierad av parallellorientering av mineral Korn. Bildad under högt tryck och temperatur.
- Förkastning.** En spricka eller sprickzon parallellt med vilken berggrunden har rört sig.
- Gabbro.** Basisk djupbergart.

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, t.ex. granit, granodiorit, tonalit.

Grus. Jordart med kornstorlek 2-20 mm.

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

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.

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. Se fältspat.

Kalksten. Bergart bestående av i huvudsak kalcit.

Kame. Kulle med markanta sidor eller oregelbunden rygg, 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 borrhårens kärna erhålles (jfr diamantborrning). Det finkorniga material som bildas vid borrningen kallas borrhårens kax. Kaxet kan studeras på olika sätt och ge information om berggrunden i borrhålet.

Klorit. Glimmerliknande, vanligen grönt, silikatmineral.

Koboltglans. Ett silvervitt kobolthaltigt sulfidmineral.

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 (SiO₂).

Kvartsitisk. Omvandlad kvartsrik 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 häll.

Magma. Smält berg.

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

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.

Mikroclin. Vanligen ljusröd fältspat. 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 djupbergart.

Monzonit. En djupbergart.

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.

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.

Plagioklas. Se fältspat.

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

Plastisk skjuvzon. Se plastisk deformation.

Plattektonik. 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)

Prehnit. Silikatmineral.

Prekambrium. Geologisk tidsålder, äldre än 545 miljoner år.

Primorogen. Se tidigorogen.

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

Pyroxen. Mineralgrupp med prismatisk kristallform.

Radioaktivitet. Spontant 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.

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

Resistivitet. (Elektriskt) motstånd.

Ryolit. Sur vulkanit (ytbergart) med granitisk sammansättning.

Rörelsebelopp. Mått på storleken av t ex en förkastning.

Sand. Jordart med kornstorlek 0.2-2.0 mm.

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.

Skjuvzon. Se plastisk deformation.

Skolla. 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.

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.

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

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. Se granitoid.

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

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.

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)

Ultrabasit. 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.

Vulkanisk aska. Finkornig produkt vid vulkanutbrott.

Vulkanisk bergart. Bergart bildad genom vulkaniska processer.

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.