

R-99-21

Översiktsstudie av Värmlands län

Geologiska förutsättningar

Curt Fredén, Jonas Gierup, Rune Johansson,
Lars-Kristian Stølen, Bo Thunholm,
Carl-Henric Wahlgren

Sammanställning och slutsatser
Michael Stephens och Rune Johansson

Sveriges Geologiska Undersökning (SGU)

Juni 1999

Svensk Kärnbränslehantering AB

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



Översiktsstudie av Värmlands län

Geologiska förutsättningar

Curt Fredén, Jonas Gierup, Rune Johansson,
Lars-Kristian Stølen, Bo Thunholm,
Carl-Henric Wahlgren

Sammanställning och slutsatser
Michael Stephens och Rune Johansson

Sveriges Geologiska Undersökning (SGU)

Juni 1999

INNEHÅLLSFÖRTECKNING

i

1	Inledning	1
2	Viktiga geologiska faktorer vid lokaliseringen av ett djupförvar	1
3	Värmlands län i ett regionalt geologiskt perspektiv	5
	Berggrundsgeologi	5
	Jordartsgeologi och jordskalv	5
	Hydrogeologi	7
4	Bergarter och berggrundens homogenitet	7
	Ytbergarter	7
	Djupbergarter	14
	Gångbergarter	17
	Berggrundens homogenitet	17
5	Mineral- och bergartsresurser	18
	Översikt över mineral- och bergartsresurser	18
	Metalliska mineralresurser	20
	Icke-metalliska mineralresurser	20
	Nyttosten	21
	Pågående prospektering	21
	Potentiellt prospekteringsintressanta områden	21
6	Deformationszoner	22
	Definitioner och metodik	22
	Plastiska skjuvzoner	26
	Sprickzoner och förkastningar	27
	Deformationszoner i tid och rum	28
7	Jordarter, jorddjup samt sen- eller postglaciala rörelser i jordskorpan	29
	Isavsmältning och postglacial utveckling	29
	Jordarter och jorddjup	31
	Sen- eller postglaciala rörelser i jordskorpan inkluderande jordskalv	34
8	Hydrogeologi	34
	Grundvattnets bildning och strömning	36
	Grundvattentillgångar	38
	Berggrundens genomsläpplighet	38
	Grundvattnets kemi	41
9	Geologiska förutsättningar för lokalisering av ett djupförvar	43
	Sammanfattande slutsatser	43
	Områden lämpliga för vidare undersökning	44
10	Referenser	48

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 Värmlands län, se Figur 1.

Länsöversikten baseras på befintlig information i form av analoga eller digitala berggrunds-geologiska kartor, jordartskartor och tematiska kartor av olika slag samt beskrivningar till dessa kartor, se Figur 2, på andra publikationer och på opublicerat material. Digitala höjddata och flyggeofysisk information har använts framför allt för studier av deformationszoner, medan data från bland annat SGUs brunnsarkiv nyttjats för studier av jordmäktighet, hydrogeologi och vattenkemi. I de följande kapitlen redovisas i detalj vilka data som använts för respektive delstudie. Flyggeofysiska data samt modern berggrunds- och jordartsgeologisk information i skala 1:50 000 täcker bara en begränsad del av länet, se Figur 2. Emellertid finns publicerade länskartor för både berg och jord i skala 1:250 000 respektive 1:200 000. Omfattningen av länsöversikten har inte tillåtit hänsynstagande till detaljstudier i enskilda områden, t.ex. i samband med prospekteringsverksamhet.

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

2 Viktiga geologiska faktorer vid lokaliseringen av ett djupförvar

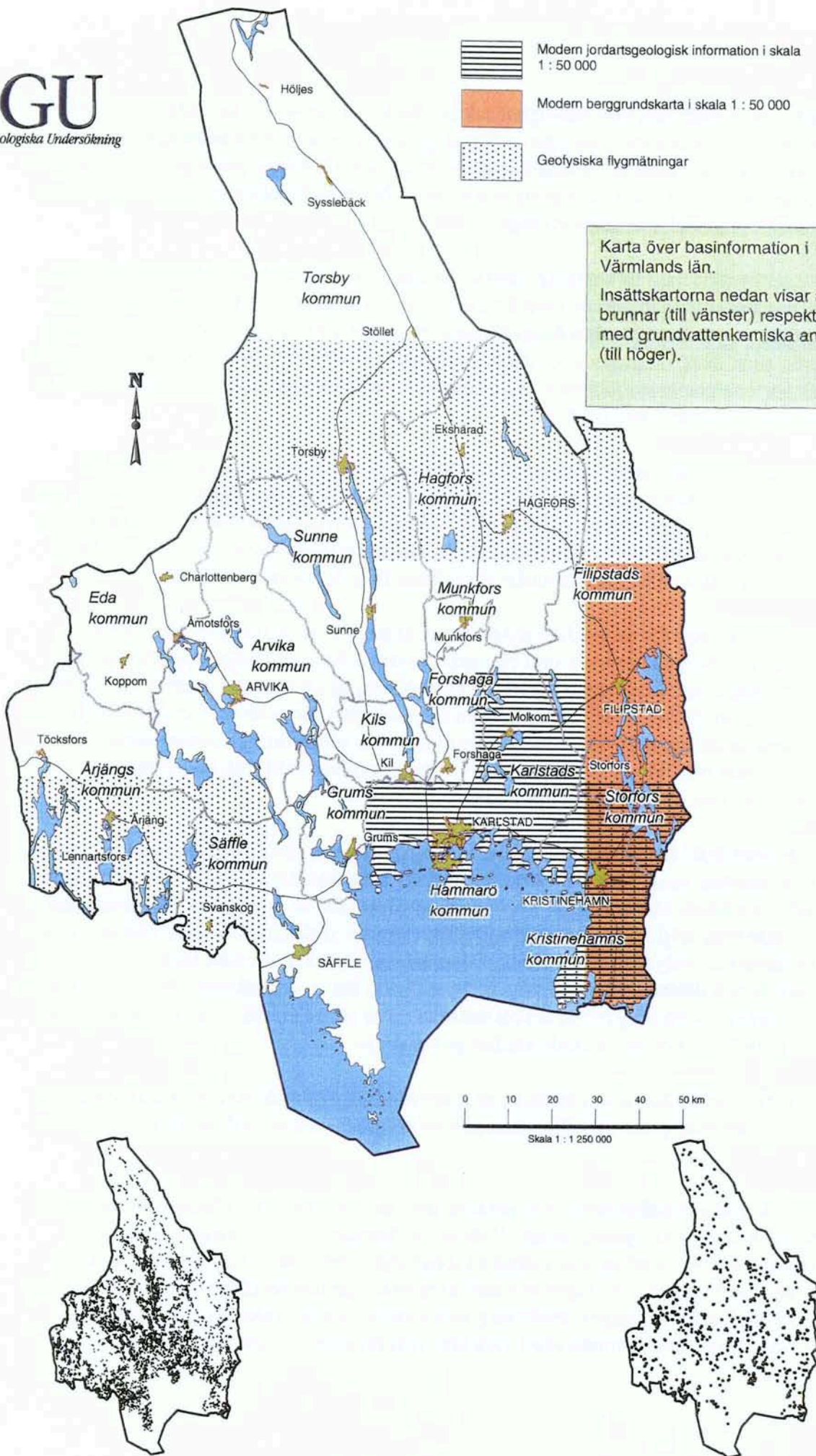
De geologiska lokaliseringsfaktorer som studerats är berggrundens sammansättning och homogenitet, förekomst av mineral och bergartsresurser, regionala deformationszoner, jordlagrens sammansättning och mäktighet, sen- eller postglaciala förkastningsrörelser i jordskorpan, landhöjning samt hydrogeologiska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

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

Uthålliga deformationszoner, som innefattar plastiska skjuvzoner samt spröda sprickzoner och förkastningar utefter vilka berggrunden rört sig, bör undvikas. Längs många zoner har de senaste rörelserna visserligen skett för många hundratals, ibland tiotals miljoner år sedan men det finns en tendens att yngre rörelser följer äldre zoner, s.k. reaktivering. Eventuella framtida rörelser i berggrunden kan därför antas i stor utsträckning komma att ske längs tidigare utbildade deformationszoner. I deformationszoner har berggrunden i många fall en inhomogen uppbyggnad och bör också 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. Värmlands län med kommuner, tätorter, sjöar och större allmänna vägar



Karta över basinformation i Värmlands län.
Insättskartorna nedan visar alla brunnar (till vänster) respektive brunnar med grundvattenkemiska analyser (till höger).

Figur 2. Karta över basinformation i Värmlands län (sammanställning oktober 1998)

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

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

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

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

Den databas som SGU har använt innehåller inga uppgifter om skalv med en magnitud större än ca 5. Om framtida skalv inte blir större än de skalv som inträffat i Sverige under historisk tid bör därför jordskalv inte ha någon avgörande betydelse för ett djupförvar. Samtidigt kan man inte bortse från möjligheten att en förhöjd frekvens av jordskalv även kan vara en indikation på förekomst av betydligt större skalv. Dessa större skalv kan ha skett med intervaller av många tusen år och därmed missats i tillgänglig statistik. 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 Värmlands län i ett regionalt geologiskt perspektiv

Berggrundsgeologi

Berggrunden i Värmlands län utgör en, ur berggrundsgeologisk synvinkel, relativt komplicerad del av Sverige eftersom bildningen och den nuvarande karaktären av berggrunden är resultatet av tre olika orogener (bergskedjebildningar). En viktig gränslinje utgör den s.k. Mylonitzonen, en mäktig, plastisk deformationszon, vilken löper utmed Värmlandsnäs östra strand och vidare norrut till området väster om sjön Mellanfryken där den sydväst om Sunne viker av och fortsätter i NV-lig riktning in i Norge, se Figur 3 /2/.

Bergarterna *öster om Mylonitzonen* är, med undantag för talrika ca 1570 miljoner år gamla metadiabaser, till största delen äldre än ca 1660 miljoner år. Prefixet "meta" betecknar att bergarten har genomgått omvandling (metamorfos). Dessa bergarter bildades i samband med och efter den s.k. svekokarelska orogensen som ägde rum för ca 1900-1760 miljoner år sedan. Berggrunden i denna del av länet domineras av djupbergarter tillhörande det ca 1850-1650 miljoner år gamla s.k. Transskandinaviska magmatiska bältet. Bergarterna *väster om Mylonitzonen* är till stor del bildade och omvandlade under den s.k. gotiska orogensen för ca 1650-1550 miljoner år sedan. Dominerar gör gnejsiga granitoider och gnejser av varierande ursprung. Ett karakteristiskt inslag i västra Värmlands berggrund utgör ca 1560-1210 miljoner år gamla graniter, vilka är bildade i tidsintervallet mellan den gotiska och den ca 1100-900 miljoner år gamla s.k. svekonorvegiska orogensen. Under den svekonorvegiska orogensen bildades, med undantag för vissa granitmassiv och associerad pegmatit i västligaste Värmland, inga bergarter inom länet. Däremot skedde mer eller mindre kraftig deformation och omvandling av bergarterna både öster och väster om Mylonitzonen. Den svekonorvegiska orogensen har till stor del präglat den nuvarande strukturella uppbyggnaden av berggrunden inom länet.

Värmlands malmförekomster är koncentrerade till Filipstads-Persbergsområdet i östra delen av länet. Området tillhör Bergslagen som är en av landets viktigaste malmprovinser och huvudsakligen har järnmalm brutits. I övriga delar av länet har sulfidmalm brutits i spridda, sprickzonsrelaterade förekomster, vilka dock är helt underordnade i förhållande till fyndigheterna i Filipstads-Persbergsområdet. Brytning av nyttosten har i ett historiskt perspektiv haft en relativt underordnad betydelse i jämförelse med gruvverksamheten. Idag finns ingen gruva i drift i länet, medan däremot brytning av nyttosten, framförallt krossberg som ersättning för naturgrus, sker på flera ställen.

Den ovan nämnda Mylonitzonen utgör en av de mäktigaste och mest betydelsefulla plastiska skjuvzonerna i den Fennoskandiska urbergsskölden. Liknande zoner men med delvis annan karaktär förekommer i andra delar av länet. Exempel på dessa utgör ett system av plastiska skjuvzoner i östra delen av länet, samt flacka s.k. överskjutningar i området väster om Mylonitzonen. Spröda deformationszoner följer ofta de plastiska skjuvzonerna, s.k. reaktivering, men förekommer också i andra riktningar.

Jordartsgeologi och jordskalv

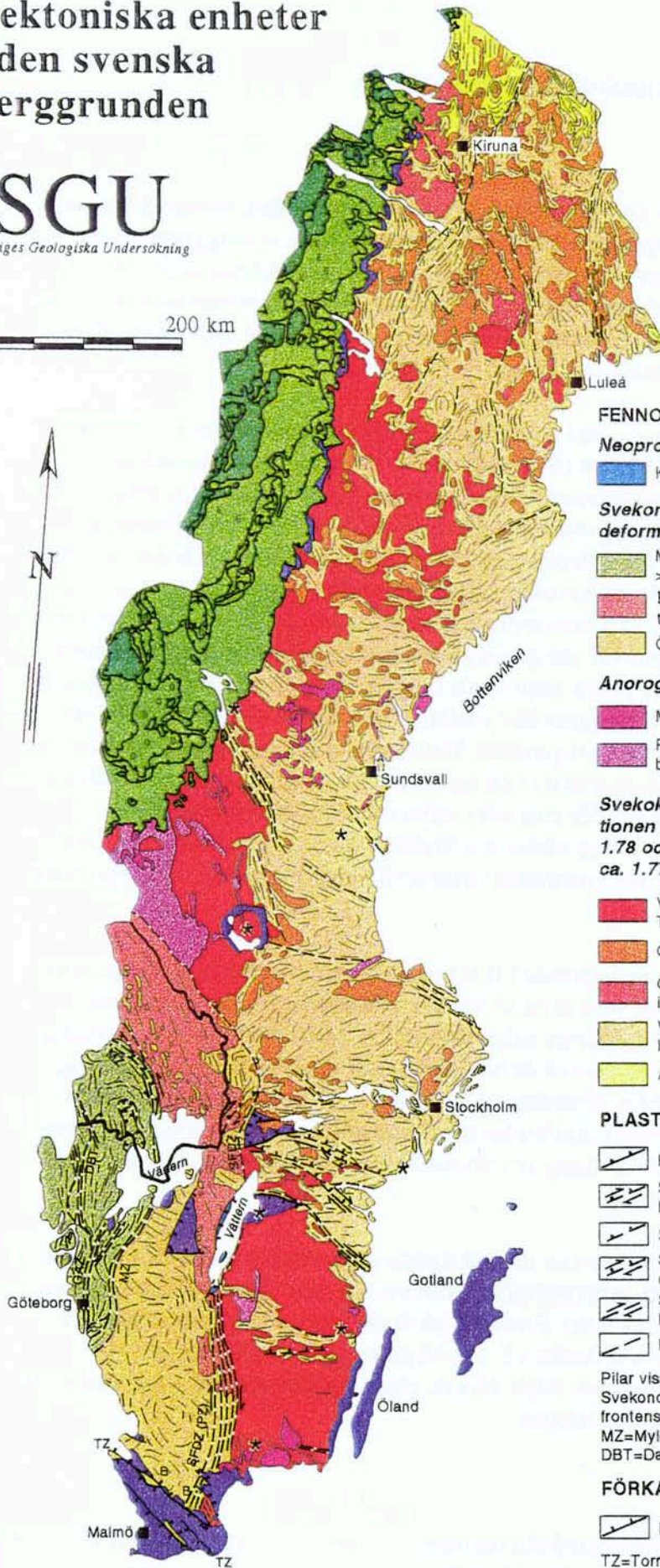
Värmlands län berörs av flera naturgeografiska regioner – Vänerslätten med ler- och siltjordar, det västsvenska sprickdalslandskapet i sydväst karakteriserat av bergområden genomskurna av dalar med sediment och sjöar, samt Norrlandsterrängen som domineras av

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=Eklögilt, D=Diabas

FANEROZOISKA SEDIMENTÄRA OCH MAGMATISKA BERGARTER SAMT IMPAKTSTRUKTURER

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

FENNOSKANDISKA SKÖLDEN

Neoproterozoiska klastiska sedimentära bergarter

- Klastiska sedimentära bergarter

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

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

Anorogena intrusioner och suprakrustala bergarter

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

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

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

PLASTISKA STRUKTURER

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

Pilär visar den horisontella rörelsekomponenten.
Svekonorvegiska orogenen, SFDZ (PZ)=Svekonorvegiska frontens deformationszon, delvis samma som Protoginizonen, MZ=Mylonitizonen, GÄZ=Göta Älvzonen och DBT=Dalslandzonen

FÖRKASTNINGAR

- Normalförcastning

TZ=Tornquistzonen

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

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

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

morän- och myrmarker, se Figur 4 /3/. Flera stora dalgångar med i huvudsak N-S-lig riktning utgör markanta inslag i landskapsbilden, t.ex. Frykendalen och Klarälvsdalen. Ansenliga jorddjup förekommer i dessa dalar. Inom södra delen av länet är frekvensen av registrerade jordskalv förhöjd, se Figur 5.

Hydrogeologi

Landets grundvattentillgångar i jord och berg framgår av Figur 6 /4/ och kloridhalten i berggrundsvatten för hela Sverige redovisas i Figur 7 /5/. Grundvattenförhållandena styrs av de hydrologiska, topografiska och geologiska förhållandena. Värmlands län är förhållandevis högt beläget och har en kuperad landskapsbild med morän som dominerande jordart. Områden med tunna jordlager eller kalt berg återfinns främst i de sydvästra delarna. Stråk med sand- och grusavlagringar uppträder i de låglänta delarna norr om Väneren samt i dalgångarna. Avlagringarna utgör en viktig resurs för den allmänna vattenförsörjningen medan berggrundsvattnet utgör en viktig tillgång för den enskilda vattenförsörjningen.

4 Bergarter och berggrundens homogenitet

Berggrunden inom Värmlands län visas översiktligt på kartan i Figur 8, som är ett modifierat utdrag ur berggrundskartan i skala 1: 1 250 000 i Berg och jord /6/. Länet täcks av en länskartan i skala 1:250 000 /7/. Beskrivningen till länskartan är presenterad av Lundegårdh /8/ och Lindh m.fl. /9/. Moderna berggrundskartor i skala 1:50 000 täcker den sydöstligaste delen av länet /10, 11, 12, 13/. Äldre kombinerade berggrunds- och jordartskartor i skala 1:50 000 täcker den södra och sydöstra delen av länet /14, 15, 16, 17, 18, 19, 20, 21, 22, 23, 24, 25, 26, 27, 28, 29, 30/. Det sydvästligaste hörnet av länet täcks av en kombinerad berggrunds- och jordartskarta i skala 1:100 000 /31/. Fotografier på några vanliga och för länet karakteristiska bergarter visas i Figur 9.

Bergarterna öster och väster om Mylonitzonen behandlas var för sig i nedanstående översiktliga beskrivning av bergarterna i Värmlands län. För en mer ingående beskrivning hänvisas till Lundegårdh /8/ och Lindh m.fl. /9/.

Ytbergarter

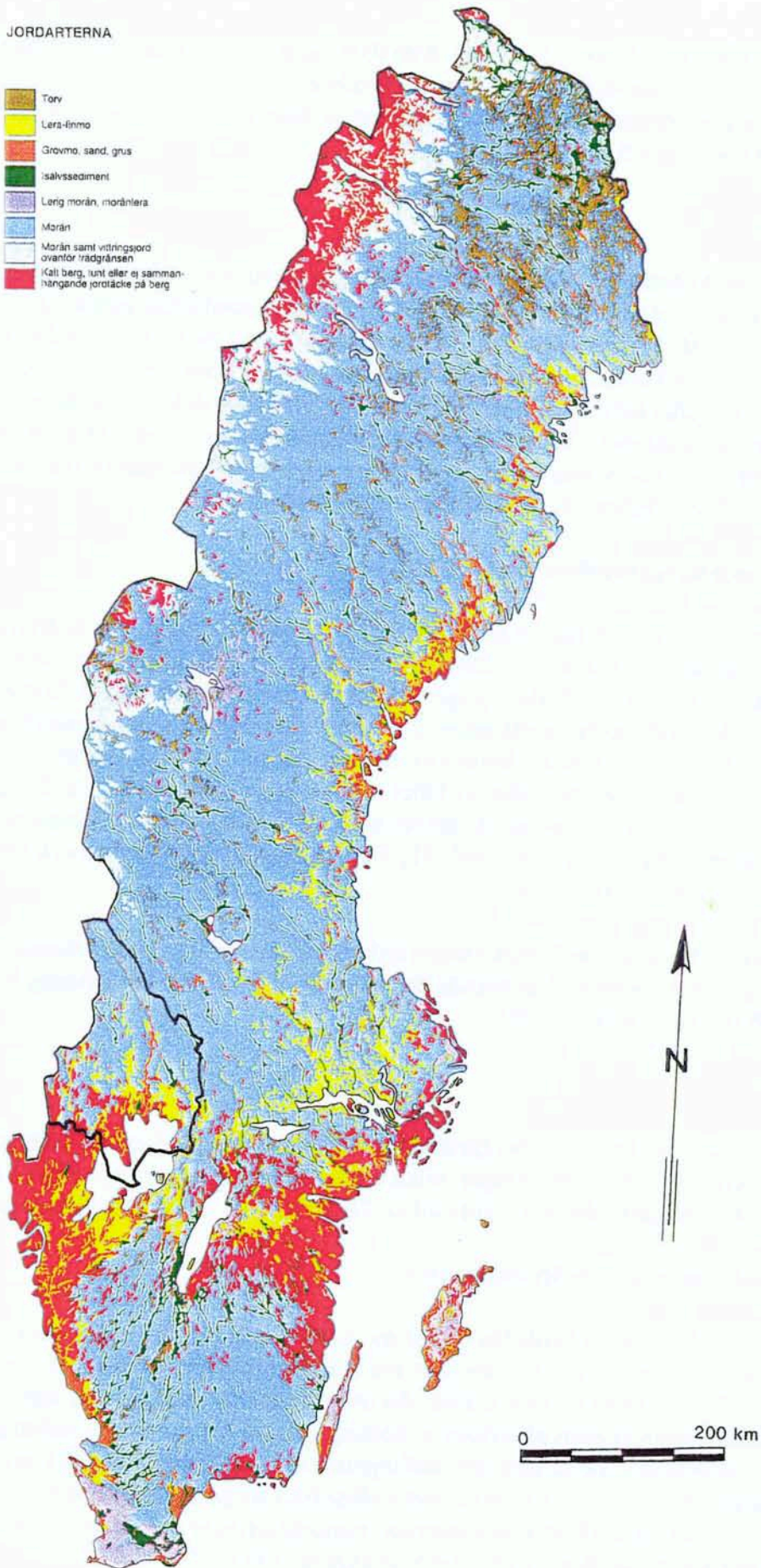
Ytbergarter utgör en mindre del av berggrunden i Värmlands län, se Figur 8. De utgörs både av vulkaniska och sedimentära bildningar, vilka uppvisar en stor spridning i ålder från ca 1900 miljoner år i östligaste delen av länet till ca 1100 miljoner år i sydvästligaste delen.

Östra Värmlands län (öster om Mylonitzonen)

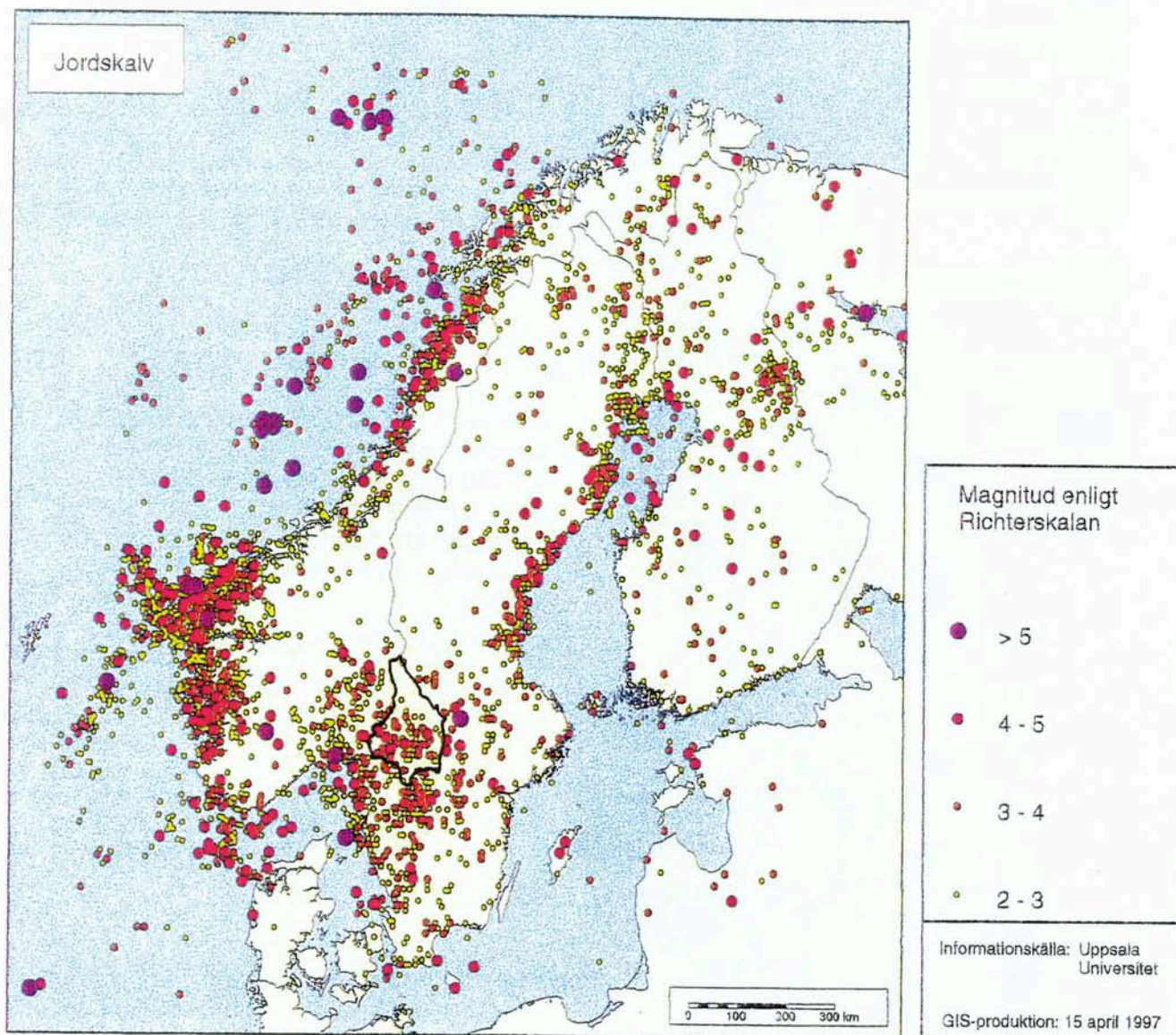
De äldsta ytbergarterna i Värmlands län utgörs av ca 1900 miljoner år gamla metavulkaniska och metasedimentära bergarter, vilka förekommer framförallt öster och nordost om Filipstad. Förutom omvandlingar under den svekokarelska orogenesisen har många av de metavulkaniska bergarterna (gula i Figur 8) även påverkats av kemiska omvandlingar i nära anslutning till den vulkaniska aktiviteten. De senare omvandlingarna är framförallt påtagliga i områden med järn- och sulfidmineraliseringar. Bland de metavulkaniska bergarterna dominerar sura, ställvis skiktade varieteter, ofta tillsammans marmor, mineraliseringar och skarn. Underordnat förekommer basiska metavulkaniska bergarter (ljusgröna i Figur 8).

JORDARTERNA

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



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

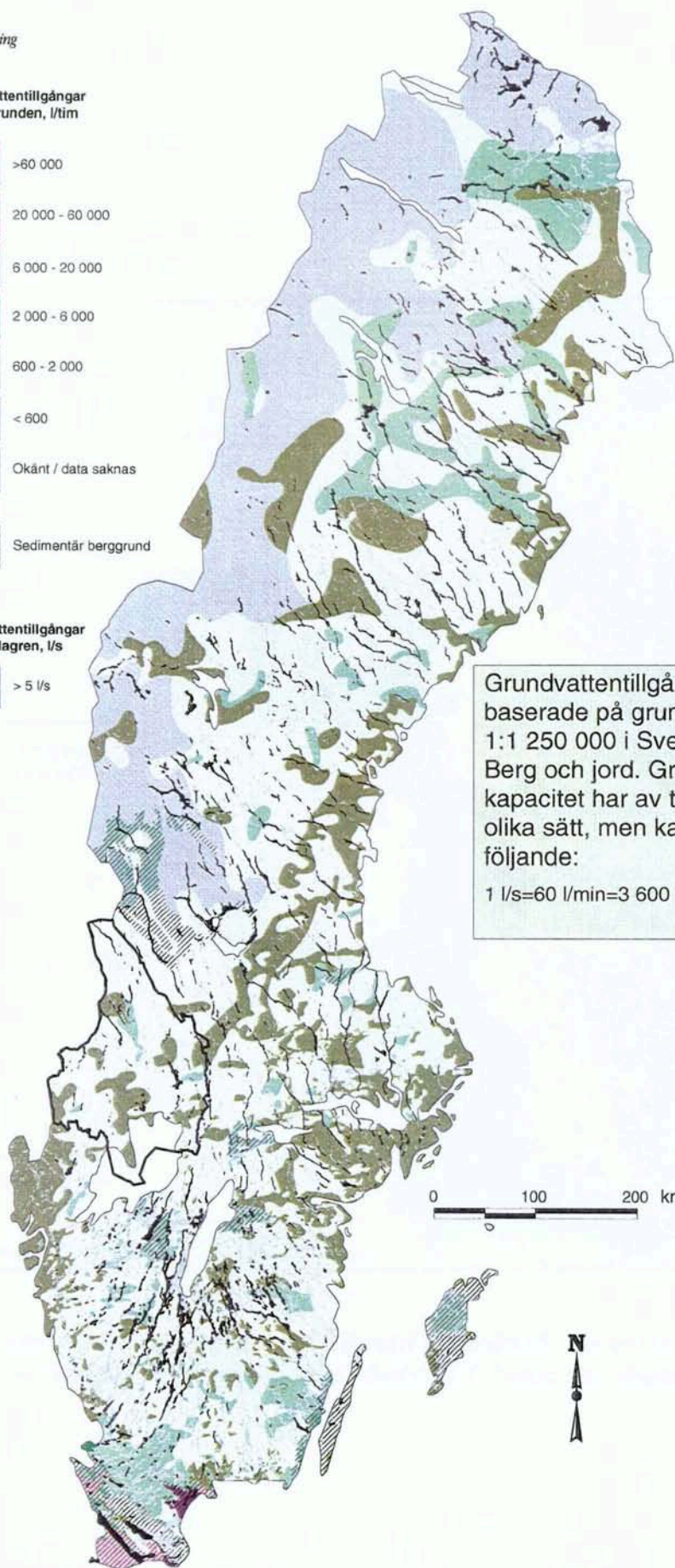


Figur 5. Registrerade jordskalv i Nordeuropa fram till 1993. Uppgifterna har hämtats från en databas vid Uppsala universitet. Värmlands län är markerat med en svart linje

Grundvattentillgångar
i berggrunden, l/tim



Grundvattentillgångar
i jordlagren, l/s

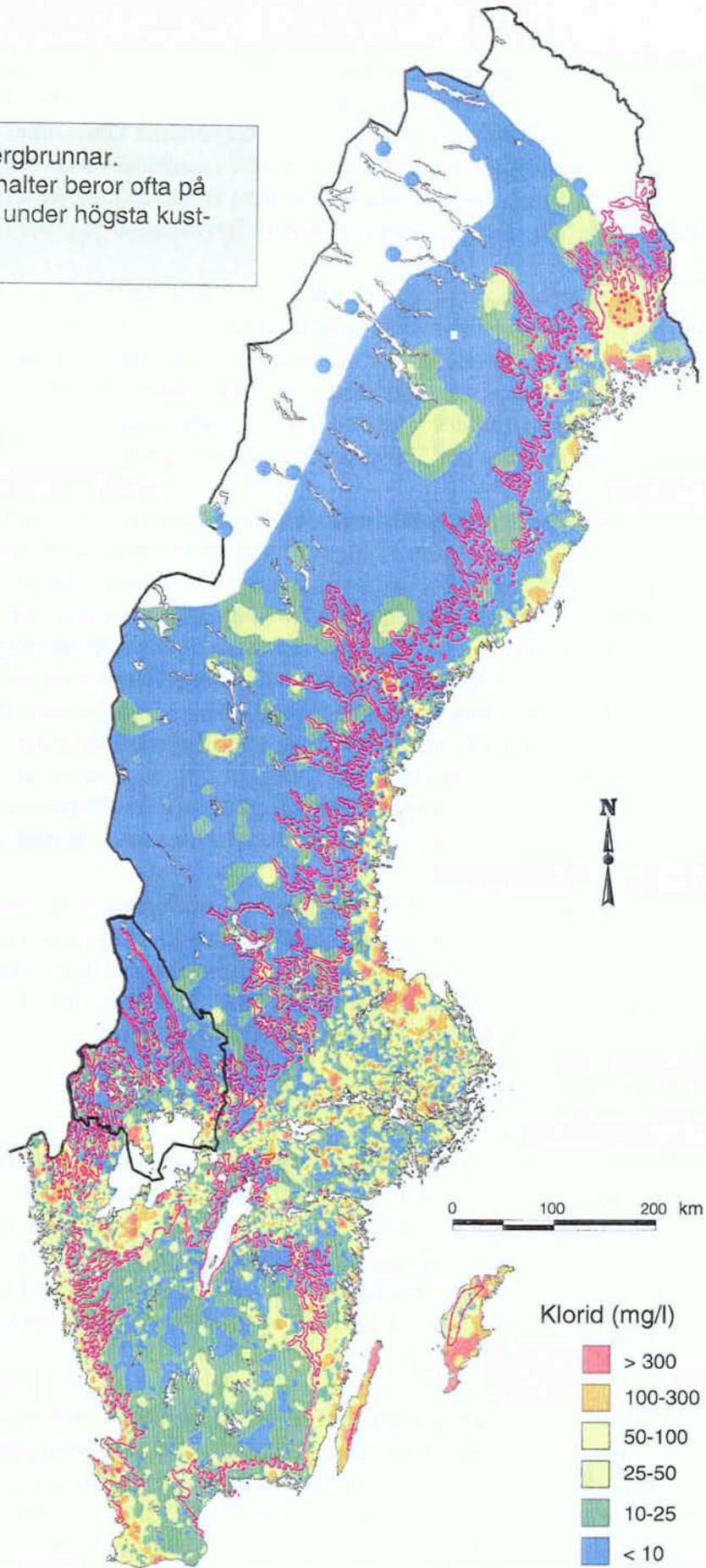


Grundvattentillgångar i jord och berg, baserade på grundvattenkartan i skala 1:1 250 000 i Sveriges Nationalatlas, Berg och jord. Grundvattentillgång och kapacitet har av tradition angivits på olika sätt, men kan lätt omräknas enligt följande:

1 l/s=60 l/min=3 600 l/tim=86,4 kbm/dygn

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

I området nordost om Filipstad förekommer även ca 1900 miljoner år gamla metasedimentära bergarter (ljusblå i Figur 8). Dominerar gör metagråvackor och glimmerskiffrar. Metagråvackorna innehåller vulkaniskt material och är ofta varvade med vulkaniska bergarter, vilket indikerar att de ursprungliga sedimenten är avsatta i samband med vulkanismen. Glimmerskiffrarna överlagrar metagråvackorna och de metavulkaniska bergarterna, och utgörs av omvandlade leriga och sandiga sediment. Vidare förekommer marmor (mörkblå i Figur 8).

Intill gränsen mot Dalarnas län, öster om Hagfors, förekommer ett mindre område med både basiska och intermediära vulkaniska bergarter (mörkt ljusgul resp. mörkt ljusgrön i Figur 8). I angränsande delar av Dalarnas län har motsvarande vulkaniska bergarter åldersbestämts till ca 1800 miljoner år, medan den vulkaniska bergarten öster om Stöllet är daterad till ca 1700 miljoner år (T. Lundqvist under arbete). Dessa bergarter utgör sålunda äldre respektive yngre vulkaniska bildningar inom det Transskandinaviska magmatiska bältet.

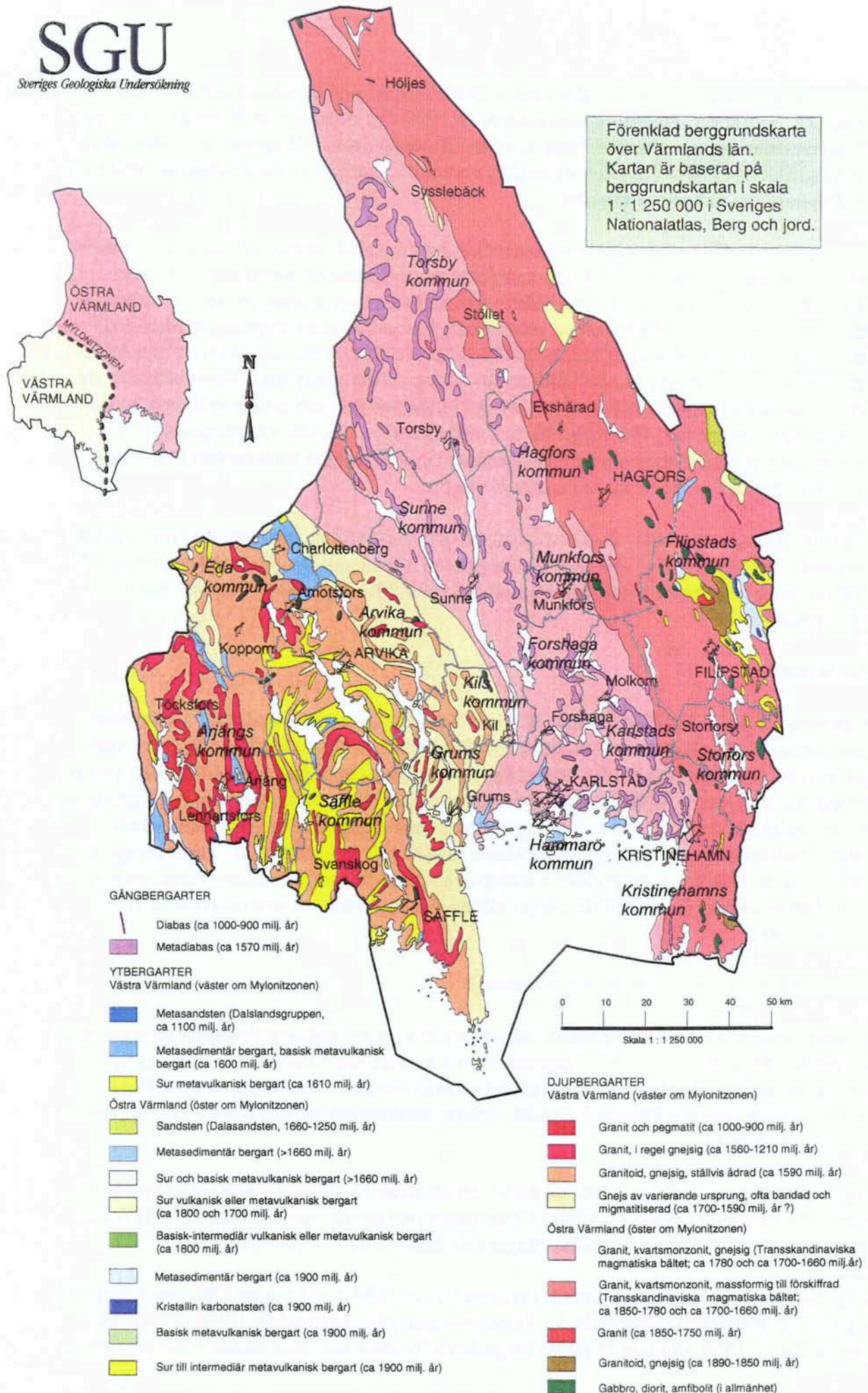
Förutom det mer sammanhängande området kring sjön Yngen finns spridda förekomster av framförallt metavulkaniska (ljusgul i Figur 8) men även metasedimentära (mörkt ljusblå i Figur 8) bergarter i de yngre djupbergarterna inom det Transskandinaviska magmatiska bältet i östra Värmland, se Figur 8. Åldern på dessa ytbergarter är osäker, men de anses i de flesta fall vara äldre än ca 1660 miljoner år. Bland dessa bergartsbildningar kan nämnas den s.k. Hammaröformationen utmed norra stranden av Vänern, Östmarksformationen vilken utgörs av spridda förekomster i området mellan norska gränsen och gränsen till Dalarnas län, samt Gråsmarksformationen VSV om Torsby. Exempel på metasedimentära bergarter utgör den kyanitförande kvartsiten vid Hålsjöberg i Östmarksformationen mellan Torsby och Stöllet. Ytbergartsinslaget i Hammaröformationen har på senare tid ifrågasatts och istället tolkas de finkorniga och bandade bergarterna som plastiskt deformerade djupbergarter /32/.

Intill gränsen mot Dalarnas län, öster om Hagfors, förekommer sandsten, s.k. Dalasandsten (gulgrön i Figur 8), ovanpå de i området dominerande djupbergarterna. Sandstenen utgör den yngsta ytbergarten i östra Värmland, men åldern är osäker och kan endast begränsas till åldersintervallet ca 1660-1250 miljoner år. Sandstenen är till största delen välbevarad men har delvis deformerats under den svekonorvegiska orogenesisen.

Västra Värmlands län (väster om Mylonitzonen)

De äldsta ytbergarterna i västra Värmland utgörs av metavulkaniska (gula i Figur 8) och metasedimentära (ljusblå i Figur 8) bergarter som är ca 1610 respektive ca 1600 miljoner år gamla. De är i de flesta fall omvandlade och deformerade under både den gotiska och svekonorvegiska orogenesisen, och föreligger nu mestadels som gnejser, ofta som ådergnejsiga till migmatitiska varieteter. Eftersom alla primära texturer och strukturer i regel är "bortsuddade" är ytbergartsursprunget i många fall inte lika uppenbart som för ytbergarterna i östra delen av Värmlands län.

De metavulkaniska bergarterna förekommer främst i området mellan Säffle, Svanskog och Arvika, se Figur 8, i och utanför den s.k. Gillbergaskålen vilken begränsas av flacka plastiska deformationszoner, s.k. överskjutningar (se kapitel 6). Bergarterna i Gillbergaskålen är i regel bättre bevarade än motsvarande bergarter i omgivande berggrund. De metavulkaniska bergarterna utgörs huvudsakligen av sura, finkorniga, vanligen gråröda, gnejsiga bergarter,



Figur 8. Förenklad berggrundskarta över Värmlands län

men lokalt är de förhållandevis välbevarade. Ställvis förekommer inlagringar av kvartsit och metaarkos. Väster om Töcksfors förekommer ett NNV-ligt orienterat stråk med finkorniga till fint medelkorniga gnejser, se Figur 8, vilka till största delen tolkats vara av vulkaniskt ursprung. Det kan dock vara svårt att särskilja granitiska gnejser av metavulkaniskt ursprung från förgnejsade, finkorniga graniter.

Bergarter vilka tolkats vara av metasedimentärt ursprung förekommer i Åmotsfors-Charlottenbergsområdet, i Årjängs- och Koppomtrakten samt i Lennartsforsområdet och väster därom. Bergarterna i Lennartsforsområdet, vilka utgör den norra delen av den s.k. Stora Lemarsstrandsformationen, uppvisar ett relativt entydigt sedimentärt ursprung, medan bergarterna i de övriga områdena är mer svårtolkade. Då de dock skiljer sig avsevärt från omgivande gnejsiga granitoider har de bedömts som omvandlade ytbergarter. Huvuddelen av de metasedimentära bergarterna har sitt ursprung i leriga och gråvackeartade sediment, men föreligger nu som relativt finkorniga till fint medelkorniga, grå, ställvis ådergnejsiga till migmatitiska gnejser. Inlagrade i de metasedimentära bergarterna förekommer amfiboliter som antas utgöra basiska, metavulkaniska bergarter.

Söder om Årjäng utmed den västra stranden av sjön Västra Silen, intill gränsen mot Västra Götalands län, förekommer den yngsta ytbergarten i Värmlands län. Den utgörs av en ca 1100 miljoner år gammal arkosisk metasandsten (mörkblå i Figur 8) tillhörande den s.k. Dalslandsgruppen.

Djupbergarter

Djupbergarter utgör den dominerande delen av berggrunden i Värmlands län. De varierar i ålder från ca 1890 miljoner år i östra delen av länet till ca 1000-900 miljoner år i den västligaste delen. Beroende på kraftig omvandling och deformation, inte minst under den svekonorvegiska orogenesisen, är de flesta djupbergarterna mer eller mindre gnejsiga, med undantag för den östligaste delen av länet, där bergarterna i stora områden är relativt välbevarade. Vidare förekommer massformiga, välbevarade granit- och pegmatitmassiv i sydvästligaste delen av länet. Basiska djupbergarter (mörkgröna i Figur 8) har inte differentierats på berggrundskartan i Figur 8, men tillhör i regel samma åldersgeneration som omgivande sura djupbergarter.

Östra Värmlands län (öster om Mylonitzonen)

De äldsta djupbergarterna i Värmlands län utgörs av ca 1890 miljoner år gamla metagranitoider (bruna i Figur 8), d.v.s. granit, granodiorit och tonalit, samt associerade men vanligtvis något äldre basiska djupbergarter. Metagranitoiderna har sin huvudsakliga utbredning i ett mindre område norr om Filipstad. Spridda mindre förekomster återfinns dock i övriga delar av östra Värmland.

Yngre än metagranitoiderna är en ca 1850-1750 miljoner år gammal granit med associerad pegmatit (orangeröd i Figur 8), vilken förekommer i ett mindre område norr om Filipstad. Pegmatiter förekommer som spridda gångar i de äldre yt- och djupbergarterna.

Berggrunden öster om Mylonitzonen domineras av ca 1850-1780 och ca 1700-1660 miljoner år gamla djupbergarter tillhörande det Transskandinaviska magmatiska bältet (TMB), se Figur 8. De ca 1850 miljoner år gamla bergarterna förekommer dock endast i mindre områ-

den i den sydöstligaste delen av länet. Jämnkorniga till porfyrisk graniter och kvartsmonzoniter dominerar, medan associerade basiska till ultrabasiska bergarter förekommer underordnat. De porfyrisk varieteterna brukar sammanfattas under namnet Filipstadgranit, medan de jämnkorniga, mer sura brukar kallas Hagforsgranit. I den östligaste delen av länet, öster om en ungefärlig linje från Kristinehamn och upp genom Klarälvsdalen, är TMB-bergarterna massformiga till förskiffrade (mörkrosa i Figur 8), och utgörs av både de ca 1850-1780 och ca 1700-1660 miljoner år gamla generationerna. Figur 9a visar en massformig TMB-granit. Vissa distinkta zoner är kraftigt deformerade och mylonitiska till karaktären (se kapitel 6). I området mellan linjen Kristinehamn-Klarälvsdalen och Mylonitzonen är TMB-bergarterna mer eller mindre penetrativt deformerade och gnejsiga till karaktären (ljusrosa i Figur 8), se Figur 9b. I detta område dominerar ca 1700-1660 miljoner år gamla bergarter. Gnejsigheten och förskiffringen är ca 1100-900 miljoner år gammal och således utbildad under den svekonorvegiska orogenesisen /33, 34/.

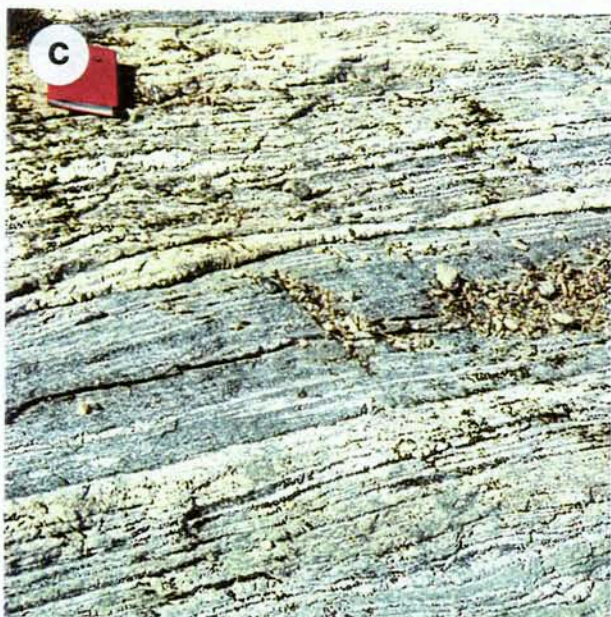
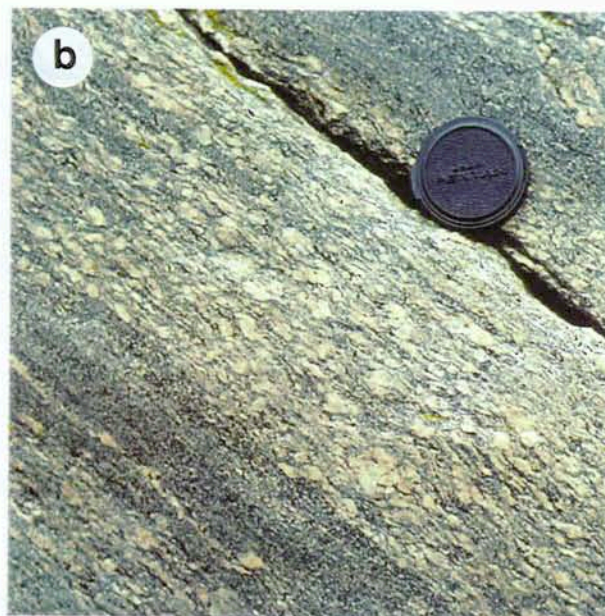
Västra Värmlands län (väster om Mylonitzonen)

I området närmast Mylonitzonen samt väster om Koppom intill norska gränsen, förekommer gnejser av varierande ursprung vilka ofta är bandade och migmatitiserade (ljusbeige färg i Figur 8), se Figur 9c. Ställvis förekommer relativt rikligt med amfibolitiska inslag i dessa gnejser. På grund av den kraftiga deformationen och omvandlingen är det ofta svårt att avgöra ursprunget på många av de ingående bergartsleden. Vissa led utgörs sannolikt av ytbergarter men huvuddelen av gnejserna tolkas som omvandlad granit och granodiorit.

Djupbergarterna i västra delen av Värmlands län domineras av ca 1590 miljoner gamla gnejsiga granitoider (mörkbeige färg i Figur 8), huvudsakligen av granodioritisk till tonalitisk sammansättning, och med dessa associerade basiska djupbergarter (metagabbro-metadiorit). De granitoida bergarterna är vanligen jämnkorniga och varierar från att vara relativt massformiga och välbevarade till att vara kraftigt omvandlade och deformerade, i många fall också ådergnejs- till migmatitomvandlade.

Yngre än de ovan nämnda djupbergarterna är ca 1560-1210 miljoner år gamla graniter (röda i Figur 8), vilka intruderade i tidsintervallet mellan den gotiska och svekonorvegiska orogenesisen. De utgör vanligen mer eller mindre kraftigt gnejsomvandlade och ställvis också ådergnejsiga, långsträckta kroppar, se Figur 8. De äldre graniterna i detta åldersintervall, vilka är ca 1570-1540 miljoner år, är vanligen gråröda och fint medelkorniga till medelkorniga, medan de yngre ca 1280-1210 miljoner år gamla graniterna domineras av röda-gråröda, medelkorniga varieteter, se Figur 9d. De ca 1560-1210 miljoner år gamla graniterna är relativt homogena utom i de fall de ådergnejsomvandlats.

Den yngsta djupbergarten i Värmland utgörs av en ca 1000-900 miljoner år gammal granit med associerad pegmatit (orangeröd i Figur 8), vilken förmodas tillhöra samma generation av intrusioner som den mer kända Bohusgraniten i Västra Götalands län. I Värmland benämns denna granittyp vanligen Blomskogsgranit, och som framgår av Figur 8 uppträder den i ett flertal mindre massiv i Årjängs-Töcksforstrakten i den västligaste delen av länet. Blomskogsgraniten är massformig och välbevarad utom i vissa sensvekonorvegiska plastiska deformationszoner. Ställvis innehåller graniten stora brottstycken av omgivande berggrund.



Figur 9. Bergarter i Värmlands län. a) Massformig, porfyrisk TMB-granit med zonerade fältspatögon från Storforsområdet, öster om MZ. b) Gnejsig TMB-kvartsmonzonit från Kristinehamnsområdet, öster om MZ. c) Migmatitiserad, bandad gnejs från trakten av Grums, väster om MZ. d) Ådergnejsig, ca 1250 miljoner år gammal granit från området väster om Grums, väster om MZ. e) Metadiabas ("hyperit") med sidoberg av massformig TMB-granit, öster om MZ. Vägskäring vid E 18 i Kristinehamn. Alla fotografier är tagna av Carl-Henric Wahlgren.

Pegmatiter vilka varierar i storlek från ådror-körtlar till mindre massiv finns spridda i berggrunden i hela länet. De har bildats vid olika tidsepoker under den geologiska utvecklingen. Endast de yngsta, ca 1000-900 miljoner år gamla pegmatiterna är massformiga och över-skärande.

Gångbergarter

Ett viktigt och karakteristiskt inslag i berggrunden närmast öster om Mylonitzonen utgörs av ca 1570-1470 miljoner år gamla metadiabaser (ljusviolettera i Figur 8). De benämns ofta "hyperiter" /35, 36, 37, 38/. De är konforma med den gnejsiga deformationen i omgivande TMB-bergarter, och varierar från helt friska till kraftigt omvandlade och deformerade, granatamfibolitiska varieteter. De bäst bevarade diabaserna förekommer i TMB-bergarterna öster om Kristinehamn, se Figur 9e.

I den östligaste delen av länet förekommer ca 1000-900 miljoner år gamla diabasgångar (mörkvioletta i Figur 8). De är vanligtvis välbevarade, friska diabaser, förutom i de fall de påverkats av plastisk skjuvdeformation i sensvekonorvegiska skjuvzoner. De tillhör de s.k. Blekinge-Dalarnadiabaserna som förekommer i ett kontinuerligt bälte från Blekinge i söder till Dalarna i norr.

Berggrundens homogenitet

Berggrunden är sällan homogen över större områden. Inhomogeniteter kan förekomma i form av t.ex. sprickor, plastiska deformationszoner, gångbergarter, variationer i sammansättning över korta avstånd och inneslutningar av äldre bergarter i yngre. I områden med flacka till subhorisontella strukturer och bergartskontakter kan ytutbredningen av bergarterna ge ett skenbart intryck av en relativt homogen berggrund över stora områden om inte variationer i vertikalled beaktas. Detta är delvis fallet i vissa delar av Värmlands län där bergartskontakterna och strukturerna har en medelbrant till subhorisontell stupning.

Den mest homogena delen av länets berggrund utgörs av de relativt välbevarade djupbergarterna i den östligaste delen av det Transskandinaviska magmatiska bältet. I vissa områden förekommer dock relativt frekventa aplitiska-granitiska gångar samt inneslutningar av äldre bergarter. Vidare måste inhomogeniteter i form av dm till 100-tals m breda plastiska skjuvzoner beaktas. Berggrunden i den västra, mer eller mindre gnejsiga delen av det Transskandinaviska magmatiska bältet är inte lika homogen över större områden beroende på de vanligt förekommande metadiabaserna. Vidare förekommer även här gångar av aplit-granit.

Berggrunden i västra Värmland är betydligt inhomogenare än berggrunden i öster, i första hand beroende på mer eller mindre kraftig ådergnejsomvandling till migmatitisering. De mest inhomogena bergarterna är de bandade och ofta migmatitiserade gnejserna omedelbart väster om Mylonitzonen, samt de mer eller mindre ådergnejsomvandlade till migmatitiserade, meta-sedimentära bergarterna med amfibolitinlagringar. De dominerande gnejsiga granitoiderna är i många fall relativt homogena. Inhomogeniteter i form av variation i åderbildning och frekvens av aplitiska-granitiska gångar förekommer dock. De ca 1560-1210 miljoner år gamla gnejsiga graniterna är också relativt homogena utom i de fall de ådergnejsomvandlats. Ställvis förekommer dock relativt talrika amfibolitiska gångar (metadiabaser) i de yngre, ca 1280-1210 miljoner år gamla, gnejsiga graniterna, t.ex. i trakten av Järnsjön, öster om Årjäng. Den ca 1000-900 miljoner år gamla s.k. Blomskogsgniten längst i väster är mycket

homogen förutom i massivens kontaktzoner där talrika inneslutningar av sidoberget förekommer. Vidare förekommer med graniten associerade pegmatitgångar vilka dock är talrikast i sidoberget, framförallt mellan de enskilda granitmassiven.

Sammanfattningsvis bedöms berggrunden i Värmlands län som relativt inhomogen, med undantag för den östra delen av det Transskandinaviska magmatiska bältet.

5 Mineral- och bergartsresurser

Mineral- och bergartsresurser omfattar metalliska mineral (malmer och mineraliseringar), icke-metalliska mineral (industriella mineral) och nyttosten (bergarter för byggnads- och prydnadsändamål samt industriella ändamål, och bergarter för ballast, d.v.s. krossberg). Begreppet malm används i dagligt tal för en metallfyndighet i största allmänhet. 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.

En ekonomisk mineral- eller bergartsfyndighet kan förekomma i vilken bergart som helst. Malmer är dock vanligen knutna till metavulkaniska bergarter även om fyndigheter också förekommer i djupbergarter och sedimentära bergarter. Industriella mineral och nyttosten kan uppträda i alla berggrundsmiljöer och krossberg av god kvalitet kan erhållas från såväl djup- som ytbergarter.

Information om länets mineral- och bergartsresurser har huvudsakligen hämtats från beskrivningarna till berggrundskartan över Värmlands län och SGUs databaser. Uppgifter om pågående prospektering kommer från Bergsstaten via SGUs mineralkontor i Malå. För en mer ingående sammanställning och beskrivning av malm- och nyttostensförekomsterna i Värmlands län än den som ges nedan hänvisas exempelvis till publikationer av Lundegårdh /8/, Lindh m.fl. /9/, Björk /10/, Lundegårdh /11/ och Statens Industriverk /39/. Malm- och industrimineralförekomster samt nyttostensförekomster visas med svart cirkel respektive svart triangel i Figur 10.

Översikt över mineral- och bergartsresurser

Berggrunden i Värmlands län uppvisar en mycket ojämn fördelning vad gäller förekomsten av malmer och mineraliseringar, se Figur 10. I Filipstads- och Persbergsområdet, som tillhör Bergslagen, förekommer mycket rikligt med framförallt järnmalmer, medan sulfidmalmer förekommer underordnat. Övriga delar av länet uppvisar endast sporadiska malmförekomster, vilket är typiskt för gnejsberggrunden i sydvästra Sverige. De i Figur 10 markerade förekomsterna utanför Bergslagsdelen av länet är hämtade från en mycket grundlig sammanställning /8, 9/, där även relativt obetydliga förekomster medtagits. Detta innebär att skillnaden i malmpotential mellan Filipstads-Persbergsområdet och resten av länet i realiteten är ännu större än vad som framgår i Figur 10. Den senaste gruvan som varit i drift är Harnäsgruvan som bröts på guld under åren 1993-1995. För närvarande pågår ingen malmbrytning i länet.

En stor skillnad föreligger i malmernas uppträdande i Bergslagsområdet jämfört med övriga Värmland. I Bergslagsområdet är malmerna och mineraliseringarna så gott som helt knutna

Mineral- och bergartsresurskarta över Värmlands län. Informationen är hämtad från SGUs kartor, beskrivningar och databaser. Uppgifter om pågående prospektering kommer från Bergsstaten via SGUs Mineralkontor i Malå.



Figur 10. Mineral- och bergartsresurskarta över Värmlands län (sammanställning oktober 1998)

till ytbergarterna, i första hand de metavulkaniska bergarterna, medan fyndigheterna i övriga Värmland inte har något samband med sidoberget utan uppträder i de flesta fall längs spröda deformationszoner i kvartsläkta breccie- till krosszoner.

Nyttostensförekomsterna är till skillnad från malmer och mineraliseringar relativt jämnt fördelade i länet men stenindustrin har tidigare haft liten betydelse jämfört med gruvverksamheten. Under de senaste åren har dock flera sten- och bergtäkter, främst för krossbergproduktion, öppnats. I Gåsgruvan, se Figur 10, bryts marmor. En av de mest kända äldre nyttostensförekomsterna är Glavaskiffern som har brutit sedan 1600-talet, och fortfarande bryts i ett stråk mellan Glafsforden och Stora Gla, söder om Arvika.

Metalliska mineralresurser

Järnmalmerna inom Bergslagsdelen av länet kan indelas i följande huvudtyper: skarnjärnmalm, kvartsbandad järnmalm, manganoxidmalm av Långbantyp och manganrik skarnjärnmalm. Av dessa dominerar skarnjärnmalm med magnetit som viktigaste malmmineral. I Värmlandsbergsgruvan som var i drift mellan åren 1965 och årsskiftet 1980-81 bröts skarnjärnmalm, medan malmen i de mer kända Långbansgruvorna utgjordes av manganmalm och manganrik järnmalm. Gruvbrytningen i det välkända Långbanområdet påbörjades redan i början av 1700-talet och pågick fram till början av 1950-talet. De viktigaste järn- och manganmalmsmineralen var hematit respektive braunit och hausmannit. Numera är Långban mest känd för att vara en av de mineralrikaste platserna i världen.

Som nämnts ovan är sulfidmalmer underordnade i Filipstads-Persbergsområdet och den sista sulfidmalmsgruvan stängdes omkring 1920. Nämnas bör dock fyndigheten vid Hornkullen söder om sjön Yngen där silverförande blyglansmalm brutits. Den äldsta gruvan anlades år 1550 och gruvdriften upphörde år 1845.

Utanför Bergslagsområdet förekommer spridda sulfidmalmsuppslag. De är vanligen knutna till kvartsläkta breccie- och krosszoner vilka förmodas vara bildade i slutskedet av den svekonorvegiska orogenesisen när deformationen övergick från att vara plastisk till att bli mer spröd. Av dessa kan bl.a. nämnas koppargruvorna i Manganområdet i norra delen av Mylonitzonen, Glava kopparfält, Vegerbol silvergruvor och guldgruvan i Harnäs, se Figur 10. Guldfyndigheten i Harnäs upptäcktes på 1980-talet, och efter förundersökningar startade gruvdriften 1993 för att upphöra 1995. Guldet i Harnäsgruvan är bundet till pyrit som också utgör det dominerande malmmineralet. Brytningen i de andra fyndigheterna har upphört sedan länge. Förutom de ovan nämnda fyndigheterna kan även nämnas den molybdenglans som är relaterad till Blomskogsgniten och dess pegmatiter.

Icke-metalliska mineralresurser

Mellan Torsby och Stället bryts kyanitkvartsit vid Hålsjöberg för utvinning av kyanit. Betydande uttag av kyanitkvartsit för anrikning till ren kyanit har skett sedan mitten av 1980-talet. I övriga delen av länet har exempelvis kvarts, fältspat och glimmer brutits i spridda, ofta relativt obetydliga och sedan länge nedlagda fyndigheter.

Nyttosten

Vid Gåsgruvan mellan Filipstad och Persberg bryts marmor för tillverkning av bl.a. jordbrukskalk, sjökalk, fillermaterial m.m. I dagsläget sker brytning av byggnads- och prydnadssten endast på ett fåtal platser i länet, t.ex. i Glava och Hålsjöberg. I Glava bryts glimmerskiffer som prydnads- och byggnadssten. Kyanitkvartsiten vid Hålsjöberg bryts för användning som plattor till golv, bord och bänkar. Ett flertal bergarter inom länet har tidigare brutits för användning till bl.a. fasadsten, gravsten, takbeklädnad m.m. Metadiabas, s.k. hyperit, har brutits vid t.ex. Ölme väster om Kristinehamn. Hyperiten i Värmland är dock inte av samma kvalitet som liknande bergarter i södra Sverige och någon brytning sker inte idag.

Eftersom naturgrus har blivit en bristvara i stora delar av Sverige och så även i Värmland, bryts stora mängder krossberg. År 1997 fanns 44 sten- och bergtäkter i drift.

Pågående prospektering

Inom Värmlands län finns för närvarande ett 20-tal beviljade undersökningstillstånd (rött raster i Figur 10) till olika prospekteringsbolag och enskilda prospektörer. Undersökningstillstånden är koncentrerade till Filipstads-Persbergsområdet samt till sydvästra Värmland. Tillstånden i Filipstads-Persbergsområdet gäller basmetallerna koppar, bly och zink, legeringsmetallerna cobolt och vismut samt guld och silver. I sydvästra Värmland är tillstånden beviljade för i första hand nickel och guld men även platina. Därutöver finns beviljade undersökningstillstånd för guld mellan Arvika och Sunne, och nordväst om Sunne, samt ett för kyanit i Torsbytrakten.

Potentiellt prospekteringsintressanta områden

Potentiellt prospekteringsintressanta områden har markerats med gul färg i Figur 10. Eftersom berggrunden i länet domineras av gnejser av huvudsakligen djupbergartsursprung utgör inte länet som helhet något prospekteringsintressant område, då de flesta malmer är knutna till metavulkaniska bergarter. Det enda sammanhängande område som är intressant ur prospekteringsynpunkt är därför Filipstads-Persbergsområdet.

Malmförekomsterna i övriga delar av länet är huvudsakligen knutna till kvartsläkta breccie- och krosszoner. Då dessa zoner utgör linjära strukturer utan genetiskt samband med sidoberget täcker de inte större områden och har därför inte markerats i Figur 10. Generellt bör dock kvartsläkta spröda deformationszoner i framförallt västra Värmlands berggrund betraktas som prospekteringsintressanta. De små områden som är markerade i sydvästra delen av länet sammanfaller med områden där undersökningstillstånd beviljats.

Vad gäller nyttosten kan säkerligen ett stort antal av länets bergarter vid behov och efterfrågan komma att brytas, framförallt för användning som krossberg men även som prydnads- och byggnadssten.

6 Deformationszoner

Definitioner och metodik

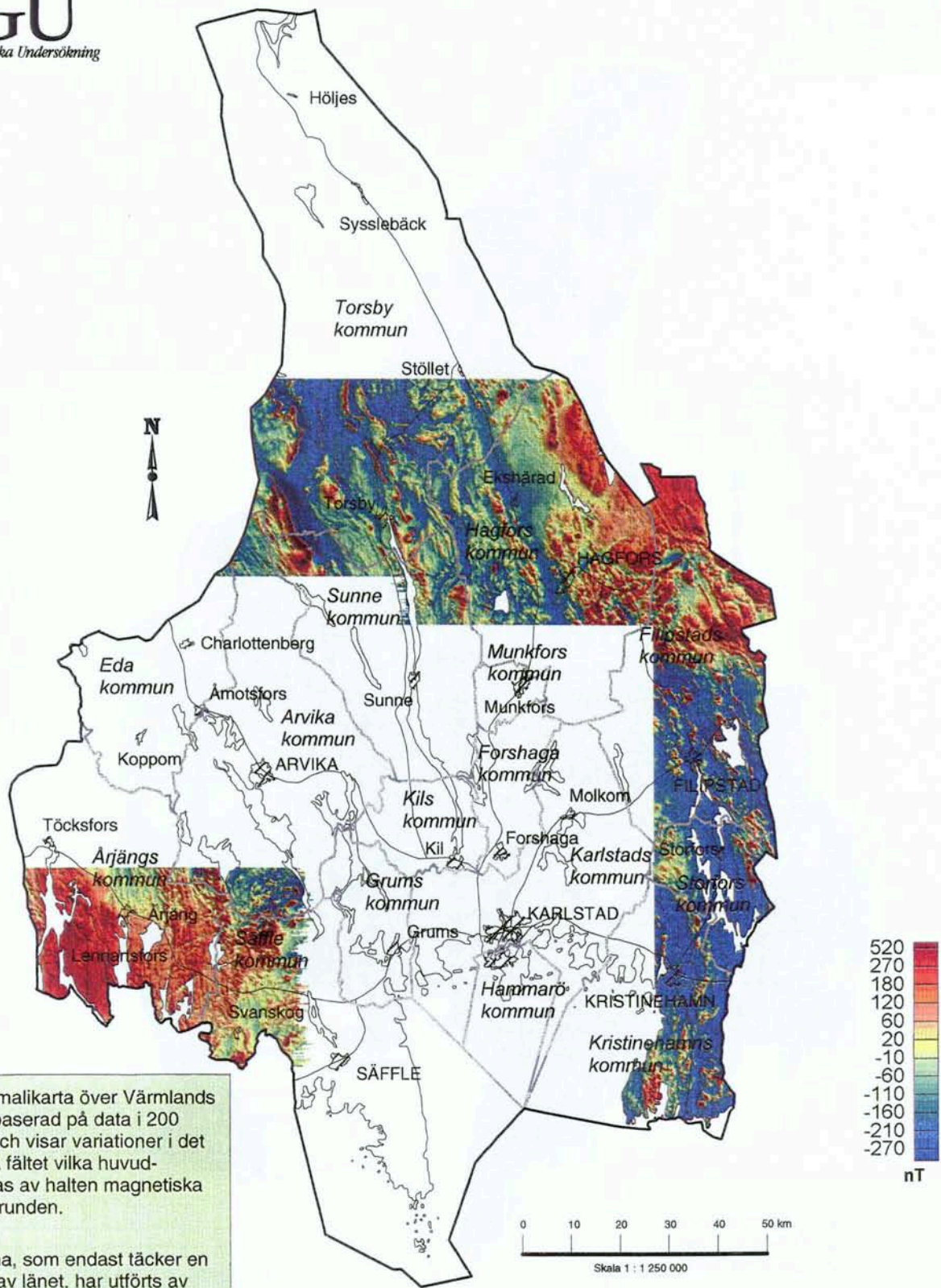
En *deformationszon* är en svaghetszon längs vilken berggrundsblocken på ömse sidor av zonen har rört sig i förhållande till varandra. Sker deformationen på stora djup under varma förhållanden deformerar bergarterna plastiskt, liksom en trögflytande massa, och zonen benämns då allmänt plastisk deformationszon eller *plastisk skjuvzon*. Närmare jordytan, där temperaturen är lägre, är deformationen av spröd karaktär, d.v.s. det sker en mekanisk nedbrytning och uppsprickning av bergarterna. I detta fall kallas zonen 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 bildats under varma, plastiska förhållanden, d.v.s. förskiffring och bandning, har sammanställts genom interpolation av fältmätningar av sådana strukturer. Dessa mätningar har hämtats ifrån SGUs publicerade berggrundskartor /7, 10, 11, 12, 13, 23, 26, 27, 28, 29, 40/. Formlinjerna har kompletterats med tolkning av bandade anomalimönster på den magnetiska anomalikartan, s.k. *magnetiska konnektioner*, se Figur 11. Flygmätningarna som endast täcker en begränsad del av länet har utförts av SGU. Bristen på berggrundskartor i skala 1:50 000 och flyggeofysiska data är orsaken till de fåtaliga formlinjerna och avsaknaden av magnetiska konnektioner i t.ex. området mellan Munkfors, Sunne och Torsby, samt i den norra delen av länet.

Formlinjer och magnetiska konnektioner återspeglar berggrundens storskaliga strukturriktningar. Sammanställning av dessa linjer ger ofta en antydning om förekomsten av plastiska skjuvzoner och mellanliggande domäner. Domänerna mellan skjuvzonerna kan utgöras av områden med regionalt mer homogen deformation, egna strukturmönster eller områden med odeformerade bergarter. Plastiska skjuvzoner har markerats där plastisk skjuvdeformation dokumenterats i långsträckta stråk. Dessa zoner utmärks också av att planstrukturerna i den omgivande berggrunden ofta är inböjda mot skjuvzonerna. Förekomst av starkt förskiffrade bergarter och myloniter är karakteristiskt för plastiska skjuvzoner och sådana bergarter har dokumenterats i de zoner som markerats i deformationszonskartan i Figur 13. Vid identifiering och begränsning av plastiska skjuvzoner har information från de tryckta berggrundskartorna använts.

Sprickzoner är sällan blottade utan vanligen täckta av glaciala-postglaciala avlagringar, eller utgör moss- och myrmarker eller vattendrag, varför direkta observationer mera sällan kan göras. Sprickzoner har i första hand tolkats med hjälp av höjddata framtaget av Lantmäteriverket, se Figur 12, och från magnetiska data, se Figur 11. Endast sprickzoner med en längd över ca 10 km har markerats. På magnetiska anomalikartor, se Figur 11, framträder spröda deformationszoner i regel som smala, lågmagnetiska stråk. Avsaknaden av ett heltäckande flyggeofysiskt underlag gör att tolkningen av sprickzoner i länet är något bristfällig.

Deformationszonskartan, se Figur 13, visar formlinjer, magnetiska konnektioner, tolkade plastiska skjuvzoner och sprickzoner, områden med huvudsakligen massformiga eller endast stråkvis förskiffrade bergarter som är yngre än ca 1850 miljoner år, samt ca 1660-1250 miljoner år gamla, välbevarade sedimentära bergarter. De flesta bergarterna i Värmlands län är mer eller mindre kraftigt deformerade, och deformationen kan i många fall klassas som

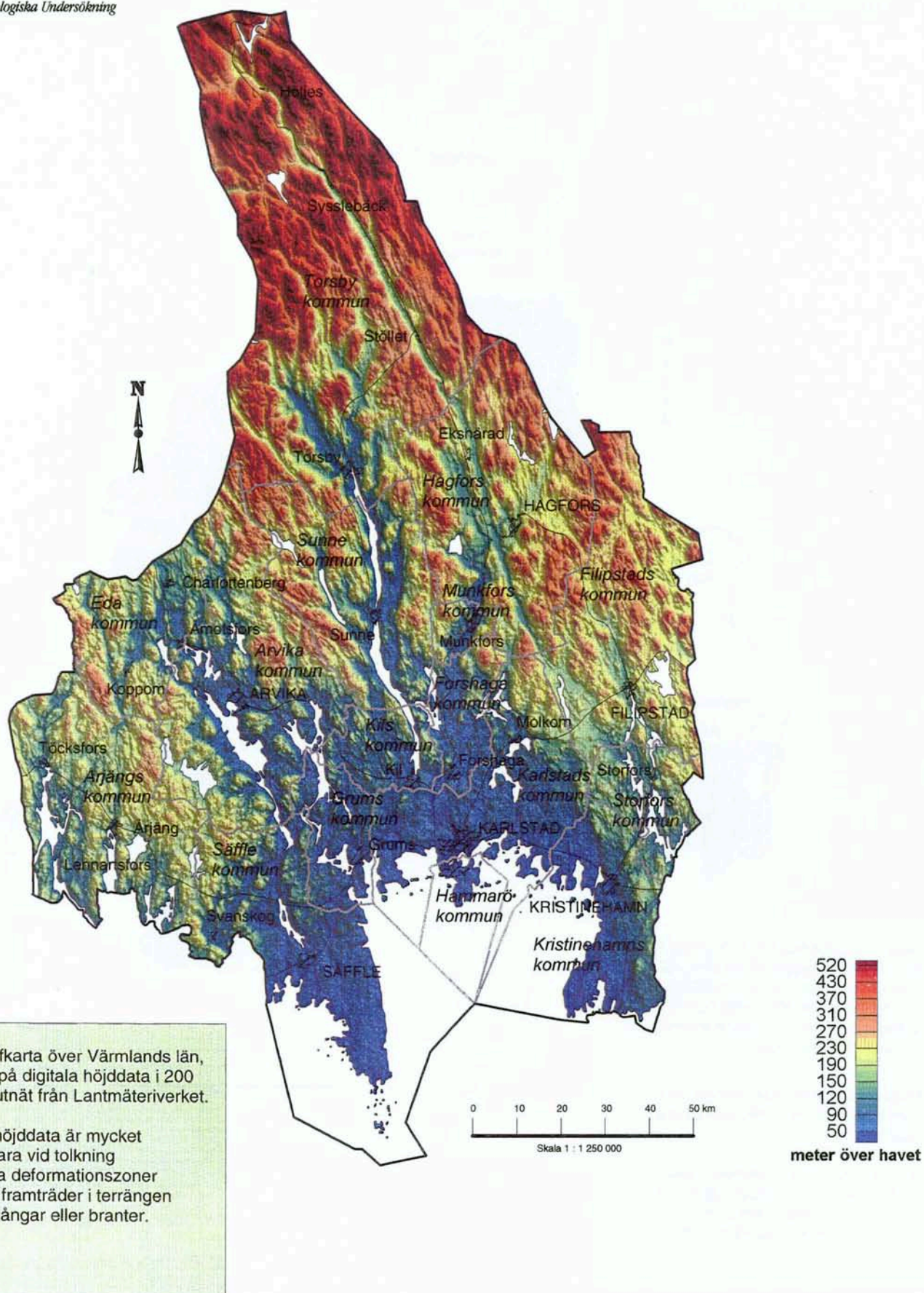


Magnetisk anomalikarta över Värmlands län. Kartan är baserad på data i 200 meters rutnät och visar variationer i det jordmagnetiska fältet vilka huvudsakligen orsakas av halten magnetiska mineral i berggrunden.

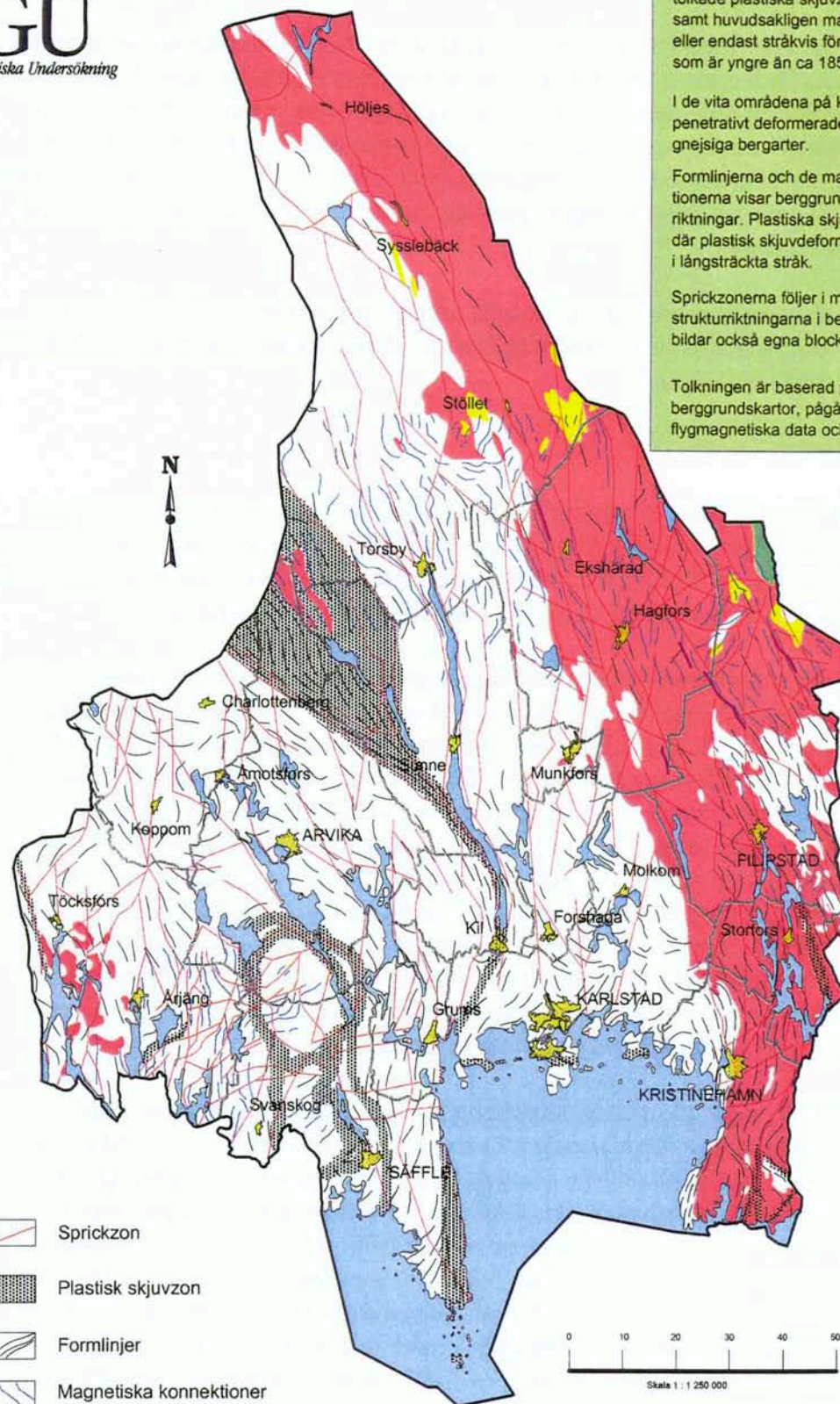
Flygmätningarna, som endast täcker en begränsad del av länet, har utförts av SGU.

Huvuddelen av det flygmätta området domineras av magnetiskt bandade, gnejsiga bergarter. I nordost och sydväst finns magnetiskt mer homogena bergarter.

Figur 11. Magnetisk anomalikarta över Värmlands län



Figur 12. Höjdreliëfkarta över Värmlands län



Deformationszonskarta över Värmlands län med formlinjer, magnetiska konnektioner, tolkade plastiska skjuvzoner och sprickzoner, samt huvudsakligen massformiga eller endast stråkvis förskiffrade bergarter som är yngre än ca 1850 miljoner år.

I de vita områdena på kartan dominerar penetrativt deformerade, mer eller mindre gnejsiga bergarter.

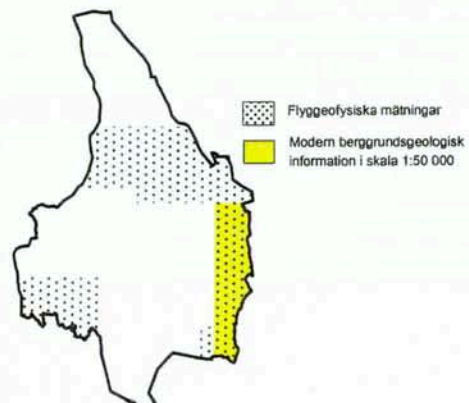
Formlinjerna och de magnetiska konnektionerna visar berggrundens strukturella riktningar. Plastiska skjuvzoner har markerats där plastisk skjuvdeformation dokumenterats i långsträckta stråk.

Sprickzonerna följer i många fall de äldre strukturriktningarna i berggrunden men bildar också egna blockmönster

Tolkningen är baserad på data från SGUs berggrundskartor, pågående arbeten, flygmagnetiska data och höjddata.

-  Sprickzon
-  Plastisk skjuvzon
-  Formlinjer
-  Magnetiska konnektioner
-  Diabas
-  Sandsten (Dalasandsten)
-  Vulkanisk bergart, massformig eller endast stråkvis förskiffrad
-  Djupbergart, massformig eller endast stråkvis förskiffrad

0 10 20 30 40 50 km
Skala 1 : 1 250 000



Figur 13. Deformationskarta över Värmlands län

skjuvzonsrelaterad. I de flesta fall har dock en omkristallisation skett efter det att deformationen upphört. Därför har vissa kraftigt deformerade bergarter, t.ex. de bandade gnejserna väster om Mylonitzonen, inte markerats som plastiska skjuvzoner även om bergarternas nuvarande karaktär förmodligen är resultatet av skjuvzonsrelaterad deformation. Genom tolkning av befintlig information, såväl berggrundsgeologisk som geofysisk, har det ej varit möjligt att med säkerhet urskilja ytterligare plastiska zoner utöver de som återfinns på de tryckta berggrundskartorna.

Vissa av de tolkade sprickzonerna är väl belagda, medan andra behöver kontrolleras och bekräftas innan deras existens och utbredning kan fastställas. Kartans innehåll bör därför tills vidare betraktas med försiktighet.

Plastiska skjuvzoner

Som framgår av Figur 13 finns ett antal plastiska skjuvzoner i länet, vilka alla är av sen-svekonorvegisk ålder. Huruvida de anlagts tidigare och endast reaktiverats i svekonorvegisk tid går dock inte att avgöra. Rörelserna i slutfasen av den svekonorvegiska orogenesen har varit så kraftiga att det är dessa som idag helt karakteriserar zonerna strukturellt.

Den mäktigaste och mest betydelsefulla plastiska skjuvzonen är den s.k. Mylonitzonen /9, 41, 42, 43/, som löper utmed Värmlandsnäs östra strand och vidare mot nordväst in i Norge där den slutligen täcks av fjällberggrund. Söderut fortsätter Mylonitzonen genom Västra Götalands län ner till kustområdet norr om Varberg. Den är som smalast, ca 1-2 km, i trakten av Kil och breder ut sig till en bredd av ca 25 km upp mot norska gränsen, se Figur 13. Vidare karakteriseras den av både branta till vertikala och relativt flacka stupningar. I de branta partierna dominerar horisontalrörelser där det västra blocket har rört sig söderut, s.k. sinistral rörelse, medan överskjutningsrörelser dominerar i de flacka partierna. Som tidigare nämnts delar Mylonitzonen upp Värmlands län i två berggrundsgeologiskt sett olika block. Själva zonen domineras av kraftigt förskiffrade till mylonitiska bergarter tillhörande det östra blocket, men i västra delen av zonen förekommer även bergarter tillhörande det västra blocket, ofta tektoniskt blandade med östra blockets bergarter.

Talrika formlinjer, se Figur 13, med en ungefärlig N-S-lig orientering är markerade i området öster om linjen Kristinehamn-Klarälvsdalen. Detta område karakteriseras av stråkvis deformerade TMB-bergarter till skillnad från den mer eller mindre penetrativa, gnejsiga deformationen väster om linjen Kristinehamn-Klarälvsdalen. I sydöstra delen av länet, intill gränsen mot Örebro län, har ett antal plastiska skjuvzoner med NO-, NV- och N-S-lig orientering markerats. Dessa utgör kraftigt deformerade, relativt välavgränsade zoner som tillhör den Svekonorvegiska frontens deformationszon /44/. I den övriga delen av området, öster om linjen Kristinehamn-Klarälvsdalen, där inga skjuvzoner markerats, är bergarterna också karakteriserade av inhomogen, mer eller mindre kraftig skjuvdeformation, men deformationen är inte lika välavgränsad och enskilda zoner är därför svåra att definiera. Vidare förekommer områden som endast är svagt deformerade till massformiga, s.k. tektoniska linser, vilka varierar i storlek från hundratals meter till 10-tals kilometer.

Utmed den norra Vänerstranden, öster om Mylonitzonen, är en plastisk skjuvzon med O-V-lig orientering markerad, se Figur 13. Skjuvzonen följer i princip utbredningen av den s.k. Hammaröformationen, se Figur 8, vars bergarter omtolkats som till största delen kornförminskade djupbergarter i en plastisk skjuvzon, den s.k. Hammaröskjuvzonen /32/.

I området väster om Mylonitzonen, mellan Säffle och Svanskog och norrut upp mot Arvika, har plastiska skjuvzoner markerats, se Figur 13, vilka bildar ett närmast koncentriskt mönster. Dessa zoner har flack stupning och utgör överskjutningar i det s.k. Glaskogens skollkomplex /9, 45, 46/. Detta innebär att bergarterna inne i skollkomplexet har glidit ovanpå de underliggande bergarterna, förmodligen från väster mot öster. Den plastiska skjuvzonen sydost om Årjäng, se Figur 13, utgör också en flack överskjutningszon. Här har dock rörelsen varit från söder mot norr /9, 40/.

I den sydvästligaste delen av länet har en NNV-lig skjuvzon med brant stupning markerats väster om Töcksfors, intill gränsen mot Norge, se Figur 13. Den utgör en del av den s.k. Dalslandzonen som från området söder om Töcksfors fortsätter via sjösystemen söderut in i Västra Götaland.

Sprickzoner och förkastningar

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

I östra Värmland, öster om Mylonitzonen, dominerar sprickzoner med N-S-, NO- och NV-lig orientering, se Figur 13. De dominerande sprickzonerna har således ungefär samma orientering som den plastiska strukturella trenden. Lokala avvikelser förekommer dock, t.ex. i Kristinehamns- och Hagforsområdet där sprickzonernas orientering avviker kraftigt från orienteringen av de plastiska strukturerna. Den regionalt mest framträdande sprickzonen/förkastningen utgörs av Klarälvsdalen med förlängning söderut mot Kristinehamn. Zonen är uppskattningsvis flera 100 m bred och framträder mycket tydligt i höjdreliëfkartan, se Figur 12, samt i det avsnitt av den magnetiska anomalikartan, se Figur 11, som täcker zonen mellan Hagfors och Stället.

Andra regionalt framträdande sprickzoner löper utmed Mylonitzonen, från Värmlandsnäs östra strand och vidare norrut förbi Kil, genom Frykensäjöarna till området söder om Sunne och vidare i NV-lig riktning in i Norge. Zonernas orientering, mer eller mindre parallellt med den plastiska deformationstrenden, tyder på senare, spröd reaktivering i den mäktiga svaghetszon som Mylonitzonen utgör.

Sprickzonerna i västra Värmland, väster om Mylonitzonen, uppvisar ett mycket mer oregelbundet mönster med riktningar i N-S, O-V, NV och NO. Detta sammanfaller med den större variationen även i formlinjernas orientering i västra jämfört med östra Värmland.

Karaktären på rörelsen i sprickzoner/förkastningar är ofta svår att bestämma. Detta beror i första hand på att zonerna i regel inte är blottade vilket omöjliggör direkta observationer. Exempel på zoner med en framträdande horisontalrörelse är de O-V-liga zonerna norr om

Säffle där det norra blocket rört sig västerut i förhållande till det södra /7/. I en vägs kärning på E18 öster om Kristinehamn, vid länsgränsen mellan Värmlands och Örebro län, finns ett exempel på en NNO-lig förkastning i vilken vertikalkräsler dominerar. Det östra blocket har rört sig upp över det västra utefter det östligt stupande förkastningsplanet /12/.

Vid eventuella framtida mer detaljerade studier måste både stupningen av och karaktären på rörelsen i sprickzonerna klarläggas, liksom utbredningen av flacka sprickzoner samt kortare zoner vilka inte har beaktas i denna översiktliga sammanställning.

Deformationszoner i tid och rum

Den äldsta plastiska deformationen av länets berggrund är ca 1850-1800 miljoner år gammal och utbildad under den svekokarelska orogenesisen. Deformationen präglar de äldsta yt- och djupbergarterna i den östligaste delen av länet. Inga plastiska skjuvzoner som är relaterade till den svekokarelska orogenesisen har dock identifierats. Den regionala deformation som dominerar Värmland, öster om Mylonitzonen, har skett under den svekonorvegiska orogenesisen för ca 1100-900 miljoner år sedan. Även berggrunden väster om Mylonitzonen är strukturellt präglad av denna orogenes, men de äldsta yt- och djupbergarterna deformerades redan i samband med den gotiska orogenesisen för ca 1650-1550 miljoner år sedan. Några plastiska skjuvzoner av gotisk ålder är inte kända.

Alla de plastiska skjuvzoner som markerats i deformationszonskartan, se Figur 13, är utbildade i slutfasen av den ca 1100-900 miljoner år gamla svekonorvegiska orogenesisen. Efter ca 900 miljoner år höjdes berggrunden och deformationen övergick p.g.a. kallare förhållanden från att ha varit plastisk till att bli spröd.

Att bestämma åldern på sprickzoner är svårt. I de fall zonerna har reaktiverats är det den sista rörelsen som är viktig att tidsbestämma. Några metoder för exakt datering finns inte, utan endast en relativ ålder kan i bästa fall anges, d.v.s. om sprickzonen är äldre eller yngre än någon väldokumenterad bergart eller struktur. Generellt kan det fastslås att sprickzonerna inom länet bildades eller har åtminstone reaktiverats efter den svekonorvegiska orogenesisen, d.v.s. under de senaste 900 miljoner åren. Berggrunden var för 900 miljoner år sedan fortfarande tillräckligt varm för att kunna deformerast plastiskt och inte spricka.

Den NNV-liga förkastningen utmed Klarälvsdalen ner till Kristinehamn och den NNO-liga förkastningen öster om Kristinehamn vid länsgränsen till Örebro län går att med vissa avbrott följa söderut till Billingen i Västra Götalands län. Här utgör en förkastning den västra begränsningen av de fanerozoiska sedimentära bergarternas utbredning och förmodligen även för de ca 280 miljoner år gamla diabaser som ligger överst. Denna förkastning och förmodligen även de ovan nämnda i östra Värmland har således åtminstone reaktiverats för ca 280 miljoner år sedan eller senare. Att Klarälv-Kristinehamnsförkastningen har rört sig i fanerozoisk tid indikeras också av att den utgör den östliga begränsningen av det subkambriska peneplanet norr om Väneren, samt att den i förlängningen in i Norge skär igenom och förkastar de kaledoniska överskjutningsplanen. Sannolikt har även flertalet av de andra N-S-, NNO- och NNV-liga sprickzonerna, t.ex. förkastningarna utmed Mylonitzonen, rört sig i fanerozoisk tid (se också Lidmar-Bergström /47/).

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

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

Kännedomen om jordartsgeologin inom Värmlands län grundar sig främst på länskartan i skala 1:200 000 /48/, och den kartläggning i skala 1:50 000 som SGU utfört senare inom länets sydöstra del /49, 50, 51, 52/. Tidigare hade kartläggning i skala 1:50 000 gjorts i de södra länsdelarna /14, 15, 16, 17, 18, 19, 20, 21, 22, 23, 24, 25, 26, 27, 28, 29, 30/. En liten del av det sydvästra hörnet ingår i en äldre karta i skala 1:100 000 /31/. Jordartskartan, se Figur 14, är ett utdrag från jordartskartan i Berg och jord /53/. I vetenskapliga publikationer och rapporter redovisas också viktig kvartärgeologisk information /54, 55, 56, 57, 58, 59, 60/. För en allmän orientering om den kvartära utvecklingen i landet hänvisas till Fredén /53/.

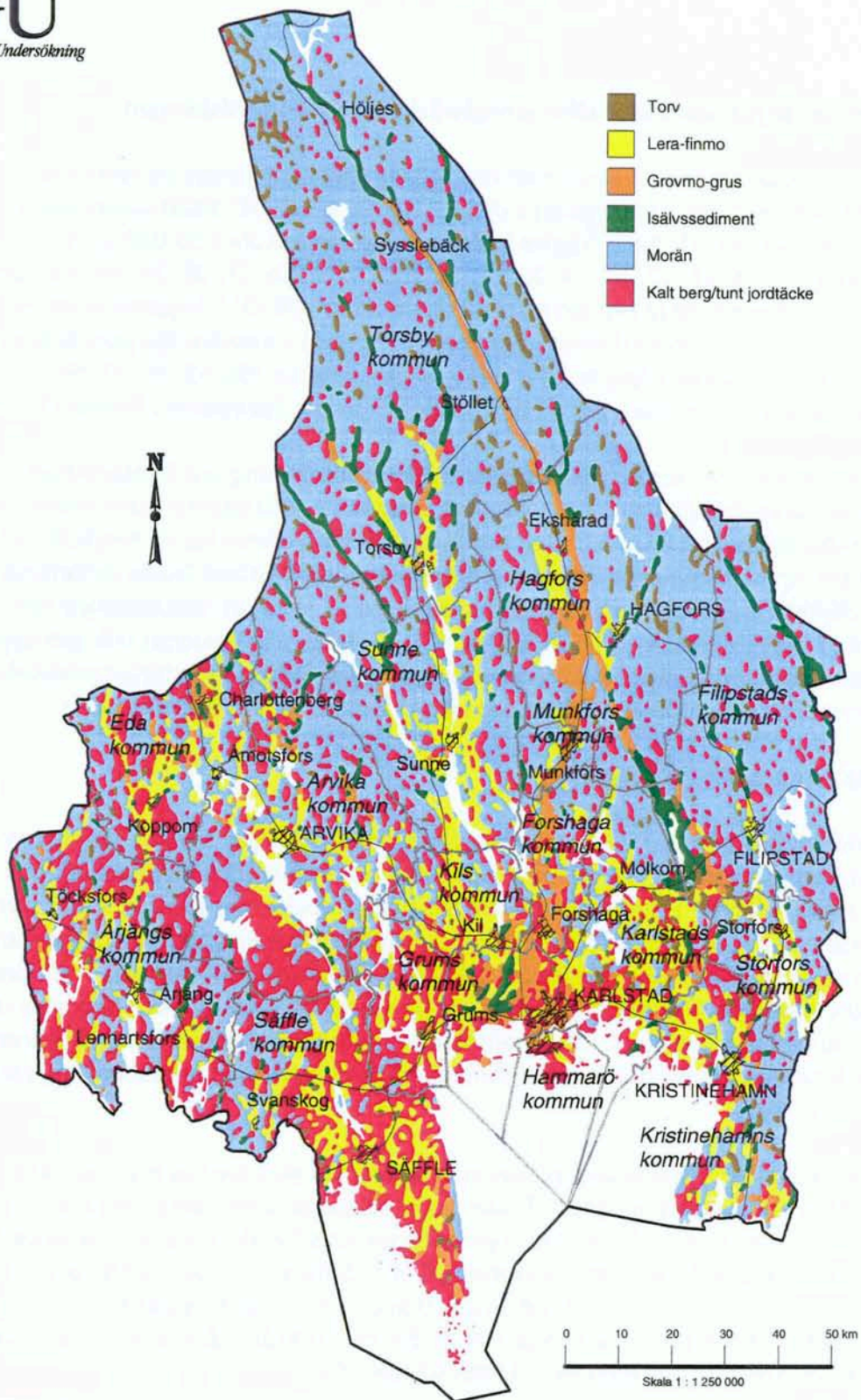
Landskapets storformer har stor betydelse för jordarternas utbredning och förekomstsätt, och även höjden över havet bestämmer vissa jordarters utbredning. Exempelvis förekommer inte lerjordar på nivåer högre än 180 m.ö.h. Den nordligaste delen av länet har en bergkull- och förfjällrelief med toppar som når ca 700 m.ö.h. Vänerområdets slättland har en medelhöjd av 60-70 m.ö.h. Slättens gräns mot norr är flikig beroende på att sprickor, förkastningar och andra strukturer i berggrunden med ungefärligen N-S-lig sträckning eroderats och gett upphov till dalstråk och sjösystem. Länets sydvästra del är starkt genomdraget av smala sprickdalar med sjöar, torvmarker och sediment. Värmland tillhör Vänerens dräneringsområde.

Isavsmältning och postglacial utveckling

Då klimatet vid istidens slut blev varmare avsmälte inlandsisen. Detta skedde genom ytavsmältning och frontavsmältning. Den senaste inlandsisen avsmälte från Värmland för ca 10 500-9 700 år sedan /60, 61/. I stora drag drog sig iskanten tillbaka från söder mot norr men avvikelser i isfrontens sträckning förekom lokalt. Under tillfälliga klimatförsämringar stannade iskanten upp och stora isälvsavlagringar bildades. Dessa ligger i israndstråk som förekommer i södra länsdelen. Sådana topografiskt betingade deltan förekommer vid högsta kustlinjen och är vanligen mycket stora, t.ex. Brattforsheden, väster om Filipstad och Gräsmarksdeltat i Sunne kommun. Inlandsisens mäktighet under huvudskedet har uppskattats till mellan 2 000 och 2 500 m /62/.

När inlandsisen avsmälte, började den av ismassan nedtryckta jordskorpan 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. Nivåer för högsta kustlinjen är baserade på bl.a. deltaytor. Nivån för HK är i sydligaste länsdelen ca 155 m.ö.h. och i den norra ca 230 m.ö.h. /61/. Landhöjningen är i dag i söder ca 0,35 m/100 år och i norr ca 0,45 m/100 år. För ca 9 000 år sedan hade Väneren isole-rats från havet och övergått från havsvik till Stor-Väneren /55/.

Länets jordarter har bildats huvudsakligen i samband med den senaste inlandsisens avsmältning, s.k. glaciala jordarter, och tiden därefter, s.k. postglaciala jordarter. Äldre jordarter är kända från länets norra del /63, 64/. Ett granfynd äldre än ca 50 000 år har påträffats i Frykstamon norr om Kil /65/.



Jordarter inom Värmlands län. Kartan redovisar huvuddragen av länets jordartsgeologi. Kartans skala har medfört kraftig generalisering och för att kunna redovisas har storleken på vissa jordartsförekomster överdrivits - detta gäller t.ex. för isälvssedimenten i många av åsarna.

Figur 14. Översiktskarta visande berg i dagen och jordartsfördelningen i Värmlands län

Jordarter och jorddjup

Bergblottningsgrad, jordartsfördelning och jorddjup

Bergblottningsgraden och jordartsfördelningen framgår av översiktskartan, se Figur 14. I sydvästra och sydligaste delen är blottningsgraden måttlig till hög, i övriga delar av länet måttlig till låg. Moränen har stor utbredning och förekommer i ett flertal avlagringsformer.

Isälvsedimenten, främst grus och sand, bildar åsar och deltan som avsatts i N-S-liga isälvsstråk, främst i den mellersta och norra delen av länet. I områden under HK har svallningen varit intensiv på de markanta bergbranterna. Svallsediment – klapper, grus och sand – finns längs slutningarna. Sand är vanligt förekommande i Klarälvsdalen. De finkorniga sedimenten, lera-finmo har stor utbredning i Vänerområdets slättland och i de stora dalgångarna. Myrmarker finns främst i norra och östra delen av länet.

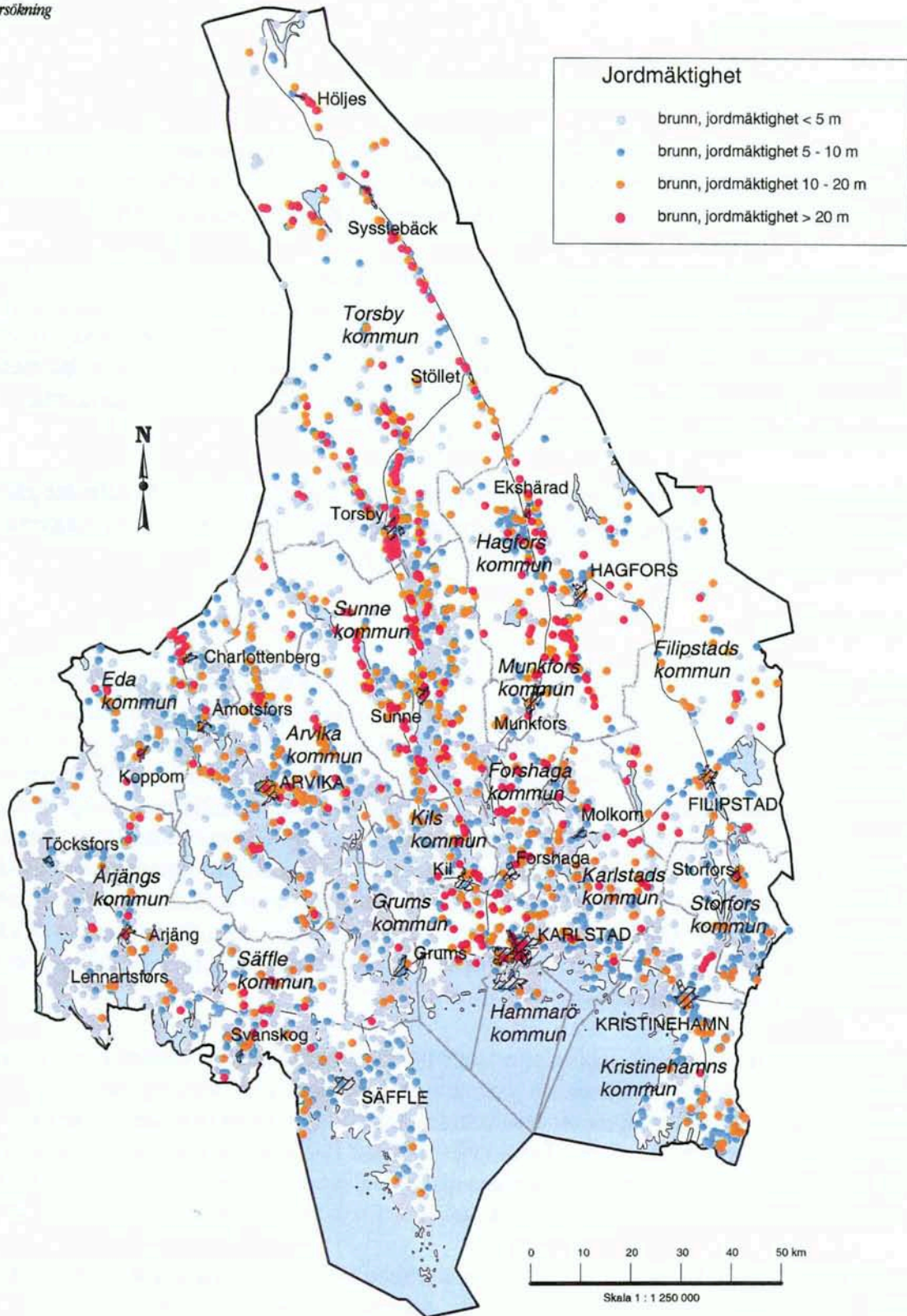
Jordtäcket mäktighet kan växla starkt från en plats till en annan, se Figur 15. Allmänt gäller att jordmäktigheten avtar mot höjderna. De största jorddjupen finns i de stora dalgångarna, t.ex. nära 100 m vid Syslebäck och drygt 60 m söder om Kil.

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 utom den sydvästligaste och sydligaste delen. Övriga jordarter underlagras vanligen av morän. Moränen är i allmänhet tunnare på höjderna och saknas ofta helt på topparna, se Figur 16a. Kornstorleksfördelningen är starkt beroende av moränens ursprungsbergarter och följaktligen av bergartssammansättningen. Sandig-moig morän dominerar. Grova graniter ger ofta en storblockig morän medan finkornigare graniter ger en blockrik morän. Stor- och rikblockiga områden är vanligt förekommande i norra och östra länsdelen, se Figur 16b. Främst i Karlstads och Kristinehamns kommuner finns svärmar av låga moränryggar, s.k. De Geermoräner, som avsatts invid isfronten. En annan typ är s.k. dödismorän, som bildar ett oregelbundet mönster av ryggar, kullar och sänkor. Dödismorän förekommer i terrängen ovanför högsta kustlinjen.

Isälvsedimenten har transporterats och sorterats i isälvar i och under inlandsisen 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, se Figur 16c. Inom länet finns ett flertal avlagringsformer. Åsar är vanligt förekommande i dalgångar i den norra delen. Isälvsdeltan förekommer i anslutning till HK, t.ex. Gräsmarksdeltat i Sunne kommun och Brattforsheden i Filipstads kommun.

Glacial lera, mjäla och finmo har avsatts av smältvatten från den avsmältande inlandsisen på ett visst avstånd till isfronten. Finmo dominerar inom högt belägna områden under HK. Jordarten minskar nedåt i omfattning i samma utsträckning som leran tar över. Den glaciala leran är under torrskorpan halvfast till lös. Färgen varierar, men vanligen är den mörkgrå till gråblå. I östra Värmland är den rödaktig, se Figur 16d. Utpräglad varvighet förekommer i den sydöstra delen, se Figur 16d. Glacial lera överlagras lokalt av svallsediment.



Jordmäktighet i ca 8200 brunnar. Data från SGUs brunnarkiv. Lokala avvikelser förekommer. Uppe på höjder är mäktigheten oftast liten eller måttlig (<10 m).

Figur 15. Jordmäktighet i Värmlands län (sammanställning oktober 1998)



Figur 16. Exempel på jordarter i Värmlands län.

a) På höjderna är moräntäcket tunt eller saknas helt. Hälleberghöjden, ca 10 km ONO om Molkom. Foto C. Fredén 1996.



b) Stor- och rikblockig moränya öster om Lungen, Filipstads kommun. Foto C. Fredén 1998.



c) Stora isälsavlagringar består av runda stenar, grus och sand i olika lager. Hammartegen, norr om Truvemossen i Karlstads kommun. Foto C. Fredén 1993.



d) Varvig röd glacial lera med störda strukturer. Sjöändan, norr om Kristinehamn. Foto C. Fredén 1998.

Postglaciala jordarter

Postglaciala sediment utgör omlagringsprodukter av glaciala jordarter och har bildats efter det att inlandsisen lämnat området. De postglaciala sedimenten har en ganska ojämn fördelning. De finns i princip i hela området under HK. Grova sediment, grus, sand och grovmo, påträffas främst i anslutning till de stora isälvsavlagringarna och i Klarälvsdalen. Finkorniga sediment, finmo-lera, förekommer på Vänerslätten och längs de nedre delarna av de större vattendragen.

Av vinden omlagrade sediment förekommer på några platser. Flygsand bildar dyner och dessa är främst knutna till stora isälvsavlagringar, t.ex. Sörmon väster om Karlstad och Brattfors-heden. Flygmo bildar ett tunt täcke på moränhöjder invid isälvsavlagringar, t.ex. väster om Brattfors-heden.

Organiska jordar domineras av torv och torvmarkerna utgörs av kärr och mossar. Stora högmossar finns i södra delen av länet. I länets norra del utgörs torvmarkerna av blandmyrar, som innefattar partier med mossar och kärr.

Sen- eller postglaciala rörelser i jordskorpan inkluderande jordskalv

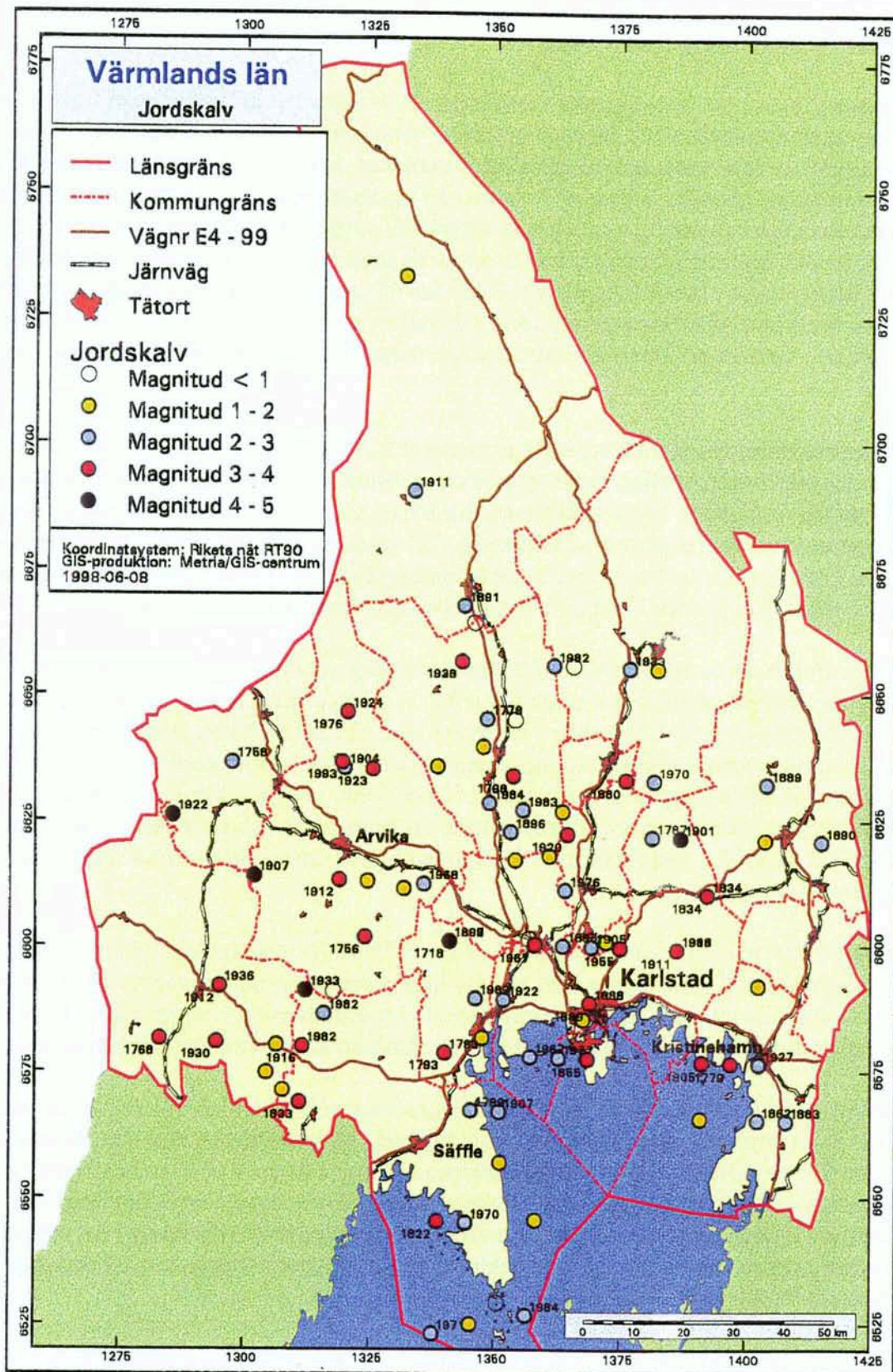
Observationer av sen- eller postglaciala rörelser i jordskorpan, som ger sig tillkänna som sprickbildningar, förkastningar och seismisk aktivitet har rapporterats från norra Sverige /66/. Vissa forskare menar att sådana rörelser även ha förekommit i andra delar av Sverige och då huvudsakligen som en följd av landhöjningen /67, 68, 69/. En sammanfattande analys av det nuvarande kunskapsläget beträffande jordskorperörelser och seismisk aktivitet i landet har presenterats av Muir Wood /70/.

Förekomsten av ett dylager på ca 20 m djup i en isälvsavlagring vid Gängene, ca 15 km OSO om Årjäng, har tolkats som effekten av en tillfällig dränering av en bäck. Dylagrets ålder har daterats till ca 1100 år /56/ och orsaken till den tillfälliga dräneringen har tolkats som ett resultat av ett jordskalv. Norr om Kristinehamn har störningar i den varviga leran noterats, se Figur 16d. De störningar och förkastningar som observerats lokalt i isälvsediment har tolkats som orsakade av avsmältning av infrusna isblock, tryckavlastning eller porvattenavgång i samband med eller efter inlandsisens avsmältning.

En sammanställning av jordskalv i Nordeuropa för tiden fram till 1993 visar att länets södra del berörs av ett område inom vilket jämförelsevis många jordskalv är registrerade, se Figur 17. 79 skalv har haft en magnitud större än 2 och bland dessa finns fem skalv med en magnitud av 4 till 5. Det största – magnitud 4,9 – skedde den 10 januari 1907 i Glaskogen, ca 15 km VSV om Arvika. Det senaste skalvet i databasen hade magnituden 3,4 och inträffade den 12 november 1993 i trakten av Gunnarskog, norr om Arvika.

8 Hydrogeologi

I grundvattenkartan med beskrivning över Sverige /71/ redovisas bl.a. grundvattentillgångar, grundvattnets kvalitet, hydrologi och vattenförsörjning. I föreliggande sammanställning av de hydrogeologiska förhållandena i Värmland har detta material kompletterats med analyser av Lantmäteriverkets höjddata, SMHIs avrinningsdata och data från SGUs brunnsarkiv. Syftet



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

har varit att beskriva grundvattnets strömningsmönster och berggrundens hydrauliska konduktivitet (genomsläpplighet). För att beskriva grundvattnets kemiska status i Värmlands län jämfört med övriga län har även grundvattenkemiska data från SGUs brunnsarkiv bearbetats

Grundvattnets bildning och strömning

Grundvattnet ingår i det hydrologiska kretsloppet /5, 71/. Av den nederbörd som faller i länet avdunstar ungefär hälften /71/. Återstoden tillförs grundvattnet, med undantag för en mindre del som rinner av från markytan till sjöar och vattendrag. När de övre marklagren har nått en viss vattenmättnad, sjunker överskottet vidare ned i marken och bildar grundvatten. Genom tyngdkraftens inverkan rör sig sedan grundvattnet från högre terrängavsnitt mot lägre. Vilka vägar det tar och hur fort strömningen sker, beror på grundvattenytans lutning samt jordlagrens och berggrundens genomsläpplighet. Områden där grundvattnets strömning är uppåtriktad brukar benämnas utströmningsområden. I de fall trycknivån ligger högre än marknivån kan källor och våtmarker bildas. Grundvatten strömmar också ut i botten av sjöar och vattendrag.

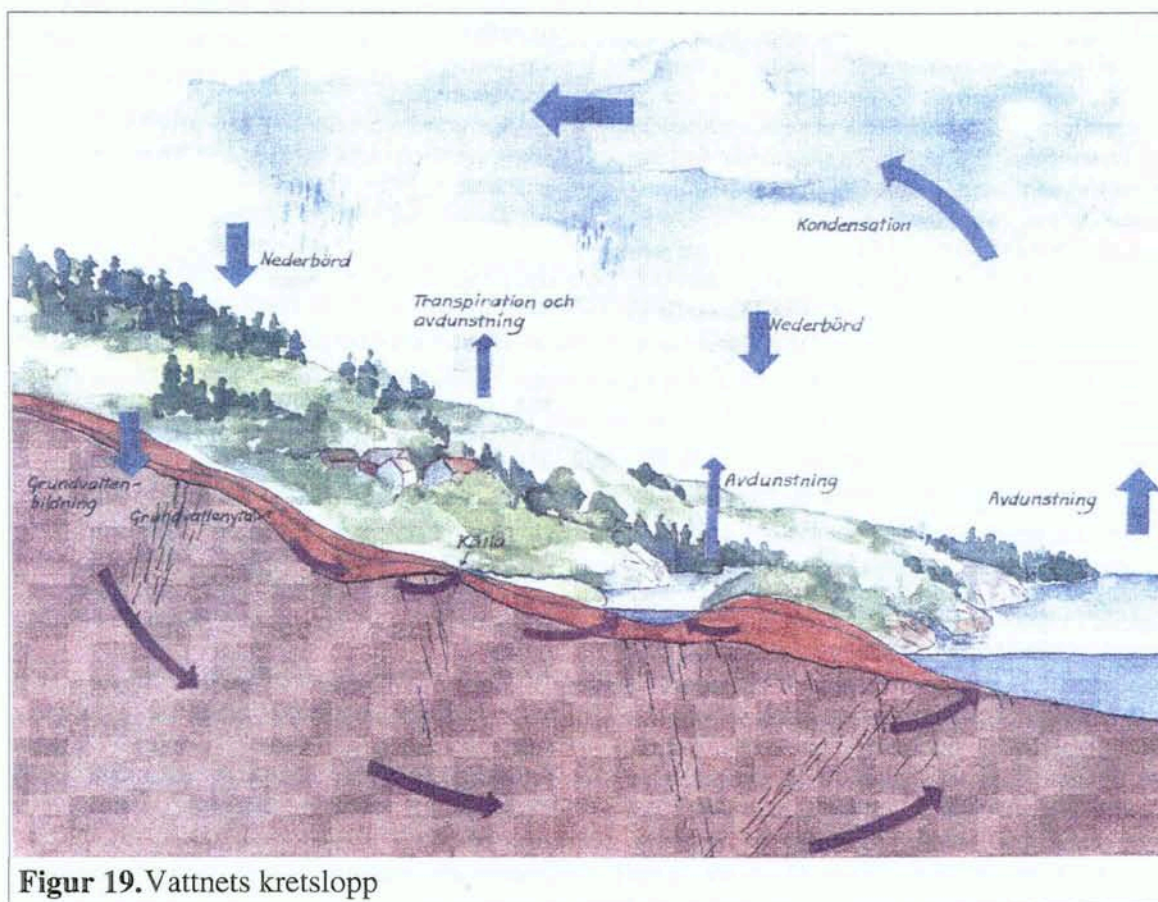
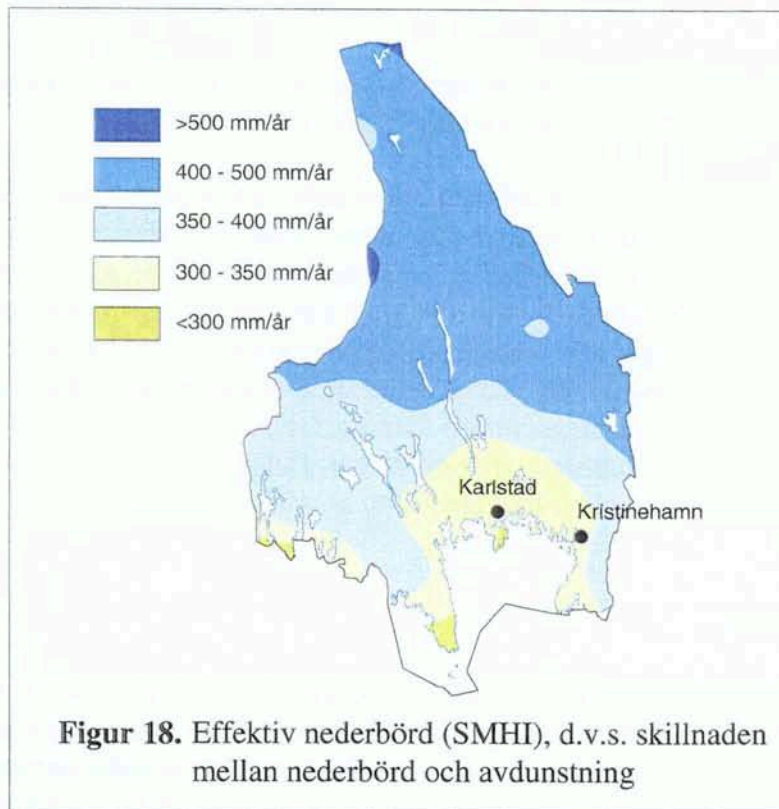
Grundvattenbildningens storlek bestäms av markens infiltrationskapacitet och den effektiva nederbörden (skillnaden mellan nederbörd och avdunstning). Den effektiva nederbörden i Värmlands län framgår av Figur 18. Den har beräknats utifrån en vidareutveckling av den metod som använts för beräkning av avrinning /72/. Endast en mindre del av det vatten som infiltreras i marken tillförs berggrunden. Detta beror på berggrundens, i jämförelse med jordlagrens, mycket låga genomsläpplighet och obetydliga magasinierande förmåga.

Den ytliga grundvattenströmningen i jordlagren och berggrundens övre delar styrs främst av de lokala topografiska förhållandena, se Figur 19 /71/. 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 Värmlands län är tämligen stora med en högsta nivå 691 m.ö.h., se också Figur 12. Stora höjdskillnader medför att grundvattnets flödeshastighet ökar och att omsättningstiden blir jämförelsevis kort. Höjdområdena i de norra delarna av länet kan betraktas som inströmningsområden av regional karaktär. Det är i första hand i dessa områden som grundvattnets djupa, långa strömbanor kan utbildas. Grundvattnets strömning i det regionala perspektivet sker sedan mot de låglänta delarna i söder och mot dalgångarna där de långväga strömbanorna i stället blir uppåtriktade.

En faktor som påverkar grundvattnets utströmning i det långsiktiga perspektivet är den landhöjning som pågått sedan den senaste nedisningen. Landets höjning medför att landytan ökar och att strandnivån förskjuts utåt, s.k. strandförskjutning. Detta medför att länet i ett långt



tidsperspektiv alltmer får karaktären av ett regionalt inströmningsområde. Landhöjningen är i dag i den södra delen ca 0,35 m/100 år och i den norra ca 0,45 m/100 år.

Sjöar, vattendrag och avrinningsområden med tillhörande vattendelare i länet framgår av Figur 20 /72/. Avrinningsområdena delas in i huvudavrinningsområden och biflödenas avrinningsområden. Huvudavrinningsområden har sin utloppspunkt i havet och är större än 200 km². Biflödenas avrinningsområden är större än 1000 km² och har sin utloppspunkt i ett större vattendrag. Av Figur 20 framgår att i Värmlands län sker ytvattnets avrinning huvudsakligen till Vänern via ett antal vattendrag. Ett viktigt undantag är dock den nordvästligaste delen av länet som ingår i Glommas avrinningsområde i Norge. Grundvattnets lokala och regionala strömning följer i huvudsak ytvattnets avrinningsvägar. Det kan dock inte uteslutas att de djupa, långa strömbanorna som utgår från länets höjdområden avviker från det regionala avrinningsmönstret.

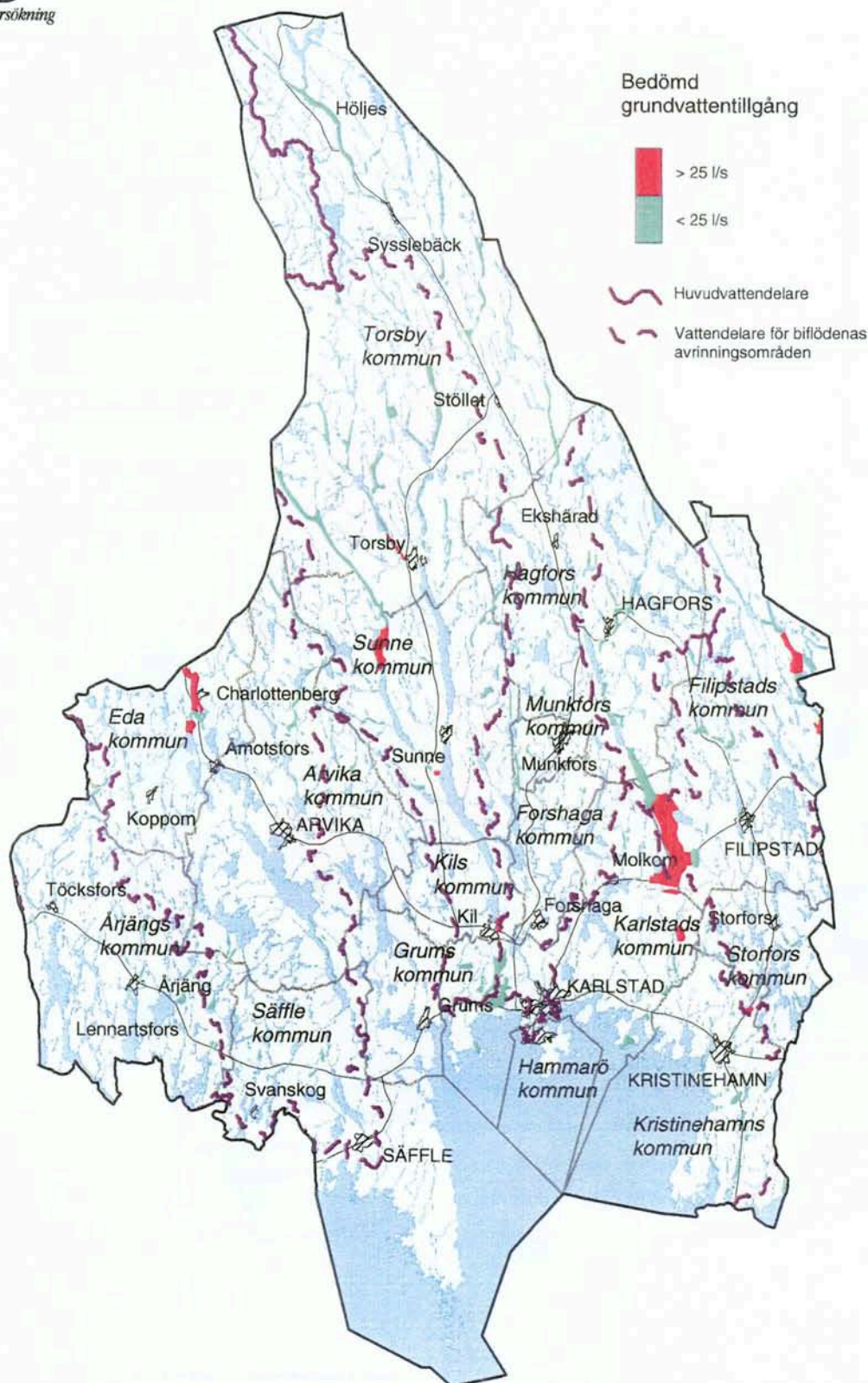
Grundvattentillgångar

Grundvattentillgångar av regional betydelse i Värmlands län återfinns i stråken med isälvsavlagringar. Genom att jämförelsevis stora grundvattenmängder kan lagras och transporteras i isälvsavlagringarna, har dessa fått betydelse för den kommunala vattenförsörjningen i länet. I Figur 20 redovisas bedömda grundvattentillgångar i åsarna enligt SGUs grundvattenkarta över Sverige /71/. De avsnitt som bedöms ha uttagsmöjligheter överstigande 25 l/s utgör i allmänhet viktiga regionala tillgångar. Övriga åsavsnitt utgör på flera håll viktiga lokala tillgångar för den kommunala vattenförsörjningen. 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

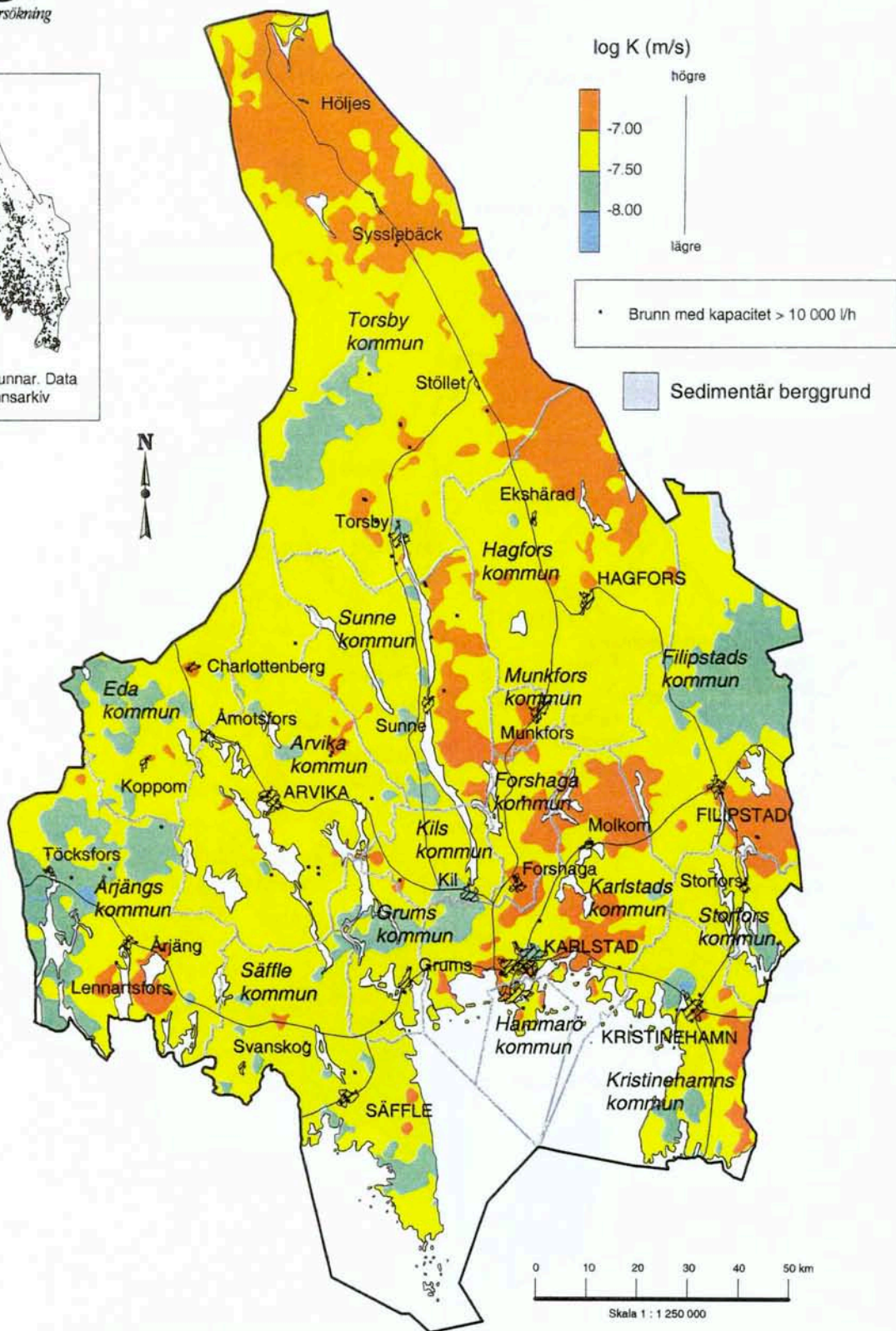
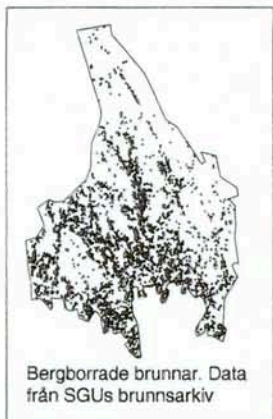
Berggrundens genomsläpplighet (hydrauliska konduktivitet, K) har beräknats med hjälp av uppgifter om brunnsdjup, avsänkning och uttagskapacitet från ca 7 000 brunnar i SGUs brunnarsarkiv /73/. Brunnarna är ojämnt fördelade inom länet med flertalet brunnar belägna i anslutning till samhällen och längs älvdalarna. Områden med låg brunnstäthet har sämre noggrannhet hos de interpolerade ytorna. Den beräknade hydrauliska konduktiviteten för brunnarna varierar i allmänhet mellan 10⁻⁶ och 10⁻⁸ m/s. Medianvärde för beräknat K är 5,6x10⁻⁸ m/s. Vid beräkningen har brunnar med mindre djup än 20 m i den kristallina berggrunden samt brunnar med större totaldjup än 140 m uteslutits. Vidare har samtliga energibrunnar uteslutits eftersom de vanligtvis är mycket djupa. Koncentrationen av energibrunnar till tätorter skulle därmed ge skenbart lägre genomsläpplighet i dessa områden. Beräknade värden bedöms vara representativa för berggrundens genomsläpplighet ned till ca 100 m djup.

Berggrundens hydrauliska konduktivitet har, baserat på en geostatistisk analys, interpolerats över länet, se Figur 21. Resultatet visar de regionala variationerna i genomsläpplighet. De norra delarna av länet har förhållandevis hög genomsläpplighet. 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 (122 st).



Grundvattentillgångar av regional betydelse i Värmlands län finns i de stora isälvsavlagringarna. Sjöar och vattendrag utgör recipienter för grundvattnet i både jordlagren och berggrunden. Vattendelare enligt SMHI.

Figur 20. Grundvattentillgångar och vattendelare i Värmlands län



Berggrundens genomsläpplighet (hydrauliska konduktivitet, K) i Värmlands län. Analys baserad på data i SGUs brunnarsarkiv (ca 7000 bergborrade brunnar).

Figur 21. Berggrundens genomsläpplighet i Värmlands län (sammanställning okt 1998)

Erfarenheter från borrhålsundersökningar visar att genomsläppligheten i den kristallina berggrunden avtar med djupet /74/. Skillnaden i hydraulisk konduktivitet mellan nivån 100 m och 500 m under markytan kan uppgå till flera tiopotenser, vilket har stor betydelse för grundvattnets uppehållstid och strömningsvägar. Den densitetsskillnad som föreligger mellan det söta, ytliga vattnet och det djupare, salta medför att grundvattenomsättningen ytterligare reduceras. Även på stora djup kan dock grundvattnets strömning påverkas av enskilda vattenförande sprickor och sprickzoner med en betydligt större genomsläpplighet än omgivande berggrund.

Grundvattnets kemi

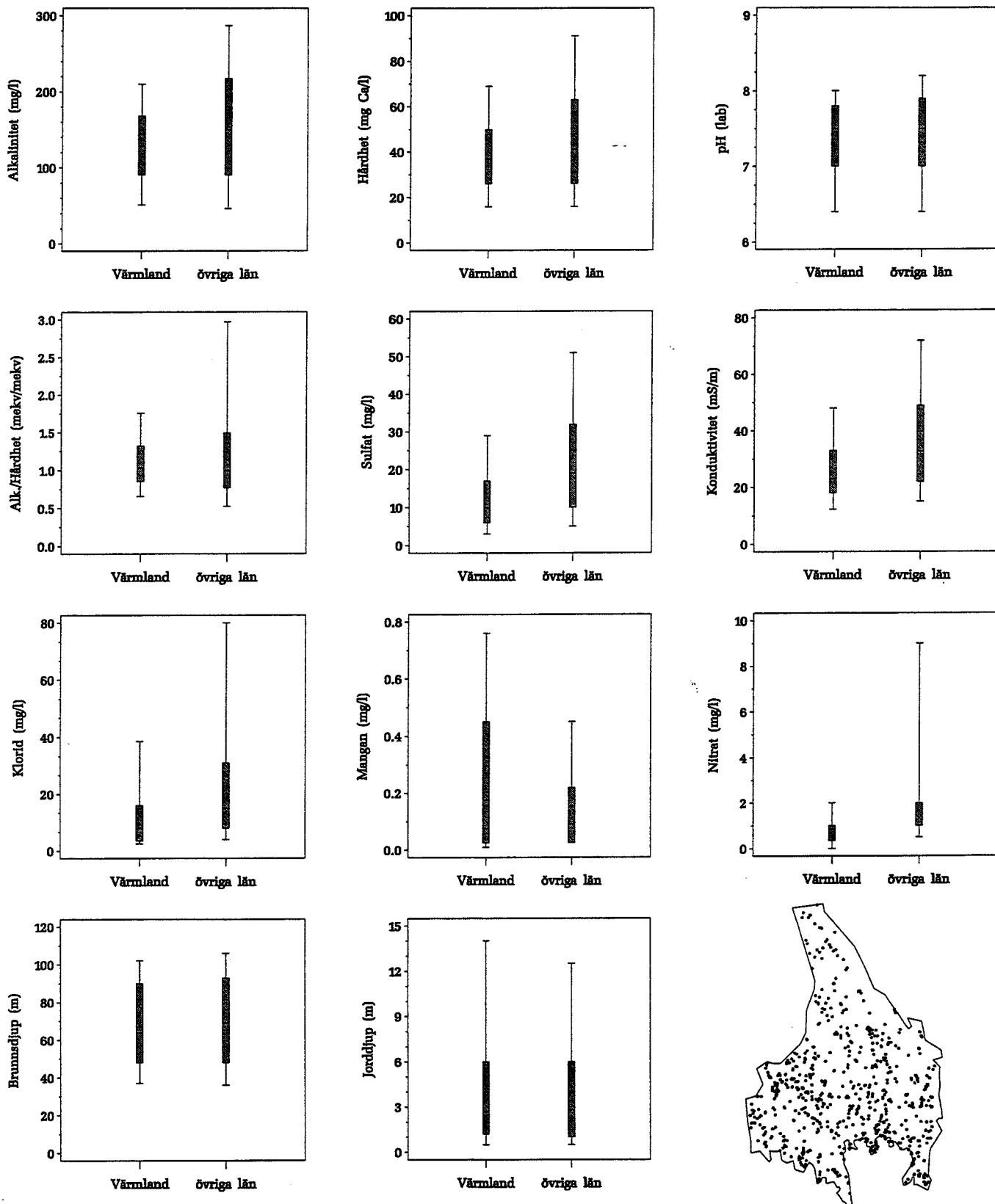
Beskrivningen av grundvattnets kemiska status baseras på en jämförelse mellan ca 800 bergborrade brunnar i Värmlands län och ca 10 900 brunnar från övriga delen av landet /4/, se Figur 22. Brunnar i lättvittrade, huvudsakligen sedimentära bergarter har inte beaktats. Brunnarna är främst koncentrerade till samhällen och älvdalarna, vilket kan medföra att grundvattenkemin i de utvalda brunnarna avviker något från länets genomsnittliga tillstånd. Den grafiska presentationen utgörs av så kallade "box-plottar" där den undre och övre kanten på varje "box" visar undre respektive övre kvartilen. Den horisontella markeringen inom varje "box" visar medianvärdet. Den understa och översta markeringen visar 10- respektive 90-percentilen.

Vittringsberoende variabler som alkalinitet, totalhårdhet och konduktivitet har något lägre värden i Värmlands län än i övriga landet medan pH är ungefär lika högt. Kvoten mellan alkalinitet och totalhårdhet är ungefär lika stor som riksgenomsnittet vilket innebär att antropogen påverkan av starka syror från nederbörden är ungefär lika stor som i övriga delar av landet. Under "naturliga" förhållanden är kvoten nära 1, d.v.s. alkaliniteten och totalhården är ungefär lika. Nitrathalten är betydligt lägre än i övriga delar av landet, vilket tyder på liten påverkan från jordbruk.

Kloridhaltens medianvärde är avsevärt lägre jämfört med övriga län (se även Figur 7 i inledningen). Låga kloridhalter är typiska för höglänta områden över högsta kustlinjen (HK, se röd linje på Figur 7). Låglänta områden under högsta kustlinjen har ofta höga kloridhalter, vilket kan bero på att relict saltvatten är vanligt förekommande. Den högsta kloridhalten som uppmätts i bergborrade brunnar i länet uppgår till 3 400 mg/l att jämföra med Östersjön och världshaven som har halter omkring 4 000 respektive 20 000 mg/l. Värmlands län är förhållandevis högt beläget, i allmänhet ovanför högsta kustlinjen, vilket innebär att risken för höga kloridhalter i allmänhet är liten.

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

Brunnsdjupen är något mindre än i övriga län vilket kan bidra till låga värden med avseende på alkalinitet, totalhårdhet och konduktivitet. Jorddjupen är dock ungefär lika stora som övriga län. Större delen av länet befinner sig över högsta kustlinjen vilket kan bidra till lägre jonstyrka hos grundvattnet.



Antal analyser i Värmlands län och övriga delen av landet:

	HCO ₃	Hårdhet	pH	HCO ₃ /Hårdhet	SO ₄	Konduktivitet	Cl	Mn	NO ₃	Jorddjup	Brunnsdjup
Värmland	792	792	792	791	456	718	790	512	490	487	792
Övriga län	10955	10276	11278	10258	6734	8548	10010	8906	8265	7907	11293

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

9 Geologiska förutsättningar för lokalisering av ett djupförvar

Sammanfattande slutsatser

Berggrunden i västra Värmland består främst av djupbergarter i form av gnejsiga granitoider och graniter. I mindre omfattning förekommer olika typer av metasedimentära och metavulkaniska bergarter. Övriga delar av länet domineras av djupbergarter tillhörande det Transskandinaviska magmatiska bältet (TMB). Gångbergarter i form av metadiabaser är mycket vanliga i området närmast öster om Mylonitzonen medan andra gångbergarter är sparsamt förekommande och då främst i östligaste delen av länet. Djupbergarterna, som dominerar länets berggrund, är generellt sett gynnsamma ur säkerhets- och byggnadsteknisk synpunkt. Även metasedimentära bergarter kan i vissa fall vara gynnsamma medan övriga bergarter är generellt sett olämpliga i detta sammanhang.

Berggrundens homogenitet varierar och inhomogeniteter kan förekomma i form av t.ex. deformationszoner, gångbergarter och inneslutningar. Den mest homogena berggrunden utgörs av djupbergarterna som tillhör TMB i den östligaste delen av länet. Berggrunden i den västra delen av TMB är inte lika homogen beroende på de vanligt förekommande metadiabaserna. Berggrunden i västra Värmland är betydligt mera inhomogen. Sammanfattningsvis bedöms berggrunden i Värmlands län som tämligen inhomogen, med undantag för den östra delen av det Transskandinaviska magmatiska bältet.

Malmer och mineraliseringar, framför allt järnmalmer, förekommer rikligt i Filipstads- och Persbergsområdet, medan övriga delar av länet endast uppvisar sporadiska förekomster. För närvarande pågår ingen malmbrytning. Bland *icke metalliska mineralresurser* kan nämnas brytning av kyanitkvartsit vid Hålsjöberg. Vidare har kvarts, fältspat och glimmer brutits i relativt obetydliga och sedan länge nedlagda fyndigheter. *Stenindustrin* har tidigare varit av liten betydelse jämfört med gruvverksamheten men under senare år har flera sten- och bergtäkter, främst för krossbergsproduktion, öppnats. Det enda större sammanhängande område som är intressant ur prospekteringssynpunkt är Filipstads-Persbergsområdet. Generellt bör dock kvartsläkta spröda deformationszoner betraktas som prospekteringsintressanta. Vad gäller nyttosten kan ett stort antal av länets bergarter komma att brytas, framförallt för användning som krossberg men även som prydnads- och byggnadssten.

Värmlands län genomkorsas av Mylonitzonen, som är en av de mäktigaste och mest betydelsefulla *plastiska skjuvzonerna* i den Fennoskandiska urbergsskölden. Exempel på andra plastiska skjuvzoner återfinns i de södra, centrala och östra delarna av länet. I området mellan Säffle och Arvika uppträder plastiska skjuvzoner med flack stupning. *Spröda deformationszoner* (sprickzoner och förkastningar) följer många av de plastiska zonerna, s.k. reaktivering, men bildar också egna system

Bland *jordarterna* har morän stor utbredning och förekommer i ett flertal avlagringsformer. Isälvsediment, främst grus och sand, bildar åsar och deltan, främst i den mellersta och norra delen av länet. Längs sluttningarna under HK finns svallsediment i form av klapper, grus och sand. Sand är vanligt förekommande i Klarälvsdalen och finkorniga sediment, lera-finmo, har stor utbredning i Vänerområdets slättland samt i dalgångarna. Myrmarker finns främst i norra och östra delen av länet. I sydvästra och sydligaste delen av länet är blottningsgraden måttlig till hög, annars måttlig till låg. Ansenliga *jorddjup*, i några fall närmare 100 m, återfinns i de stora dalgångarna. Den nuvarande *landhöjningen* uppgår till 0,35 m/100 år i söder och i norr

till ca 0,45 m/100 år. Vid Gängene, ca 15 km OSO om Årjäng, har ett dylager påträffats i en isälvsavlagring. Förekomsten har tolkats kunna vara en effekt av ett äldre jordskalv i samband med *postglacialer rörelser* i jordskorpan. Dylagret har daterats till ca 1100 år. Inom södra delen av länet är frekvensen av registrerade *jordskalv* förhöjd.

Ur *hydrogeologisk synvinkel* kan konstateras att berggrundens genomsläpplighet är förhållandevis hög i de norra delarna av länet. Emellertid är de lokala variationerna stora. Grundvattnets djupa, långa strömbanor utbildas i höjdområdena i norr, medan utströmning sker till de låglänta områdena i söder samt till dalgångarna. De tämligen stora höjdskillnaderna i länet medför att grundvattnets flödes hastighet ökar och att omsättningstiden blir jämförelsevis kort. Ytvattnets avrinning sker huvudsakligen till Väneren via ett antal vattendrag men ett viktigt undantag är dock den nordvästligaste delen av länet som ingår i Glommas avrinningsområde i Norge. Grundvattentillgångar av stor betydelse för den kommunala vattenförsörjningen återfinns i stråken med isälvsavlagringar. Berggrundsvatten utnyttjas också men är framför allt en viktig tillgång för den enskilda försörjningen.

Grundvattnets kemiska sammansättning visar på för riket normal påverkan av syror från nederbörden. Nitrathalten är betydligt lägre än i övriga delar av landet vilket tyder på liten påverkan från jordbruket. Kloridhalten är väsentligt lägre jämfört med övriga län. Låga värden är typiska för höglänta områden över HK. Höga värden i brunnar under HK kan bero på förekomst av relik saltvatten. I Värmlands län är risken för höga kloridhalter i brunnar i allmänhet 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- eller postglaciala rörelser.

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

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

Värmlands län har, ur geologisk synvinkel, indelats i områden som bedöms olämpliga respektive lämpliga för vidare studier med syfte att lokalisera ett djupförvar för använt kärnbränsle, se Figur 23. I de områden där bedömningen sannolikt olämpligt och sannolikt lämpligt har

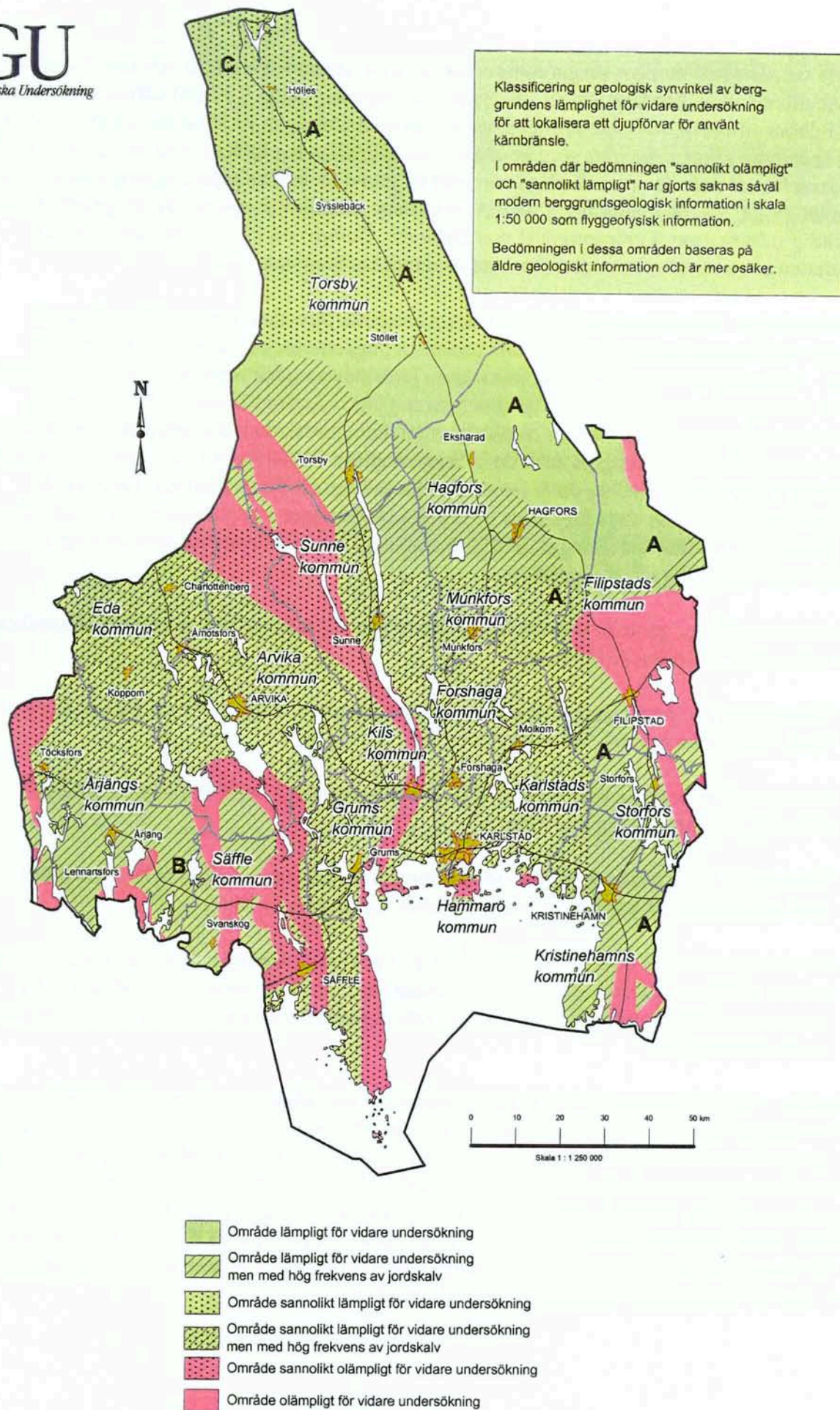
gjorts saknas såväl modern berggrundsgeologisk information i skala 1:50 000 som flyggeofysisk information. Modern jordartsgeologisk information i skala 1:50 000 saknas också i stort sett i dessa områden och bedömningen baseras då huvudsakligen på äldre geologiskt material och är mindre säker. Områden som bedömts som olämpliga har utökats med en ca 1 km bred randzon för att undvika att olämpliga områden på grund av osäker gränsdragning klassificeras som lämpliga. Någon rangordning mellan intressanta områden är inte möjlig på grundval av befintlig information. I gränsområdet mot Dalarnas, Örebro och Västra Götalands län har resultaten av motsvarande undersökningar av dessa län beaktats.

Bedömningen i länet baseras på undersökningsområdets förutsättningar med avseende på berggrundens sammansättning, framtida prospekteringsintresse och tolkade deformationszoner. Generellt kan konstateras att frekvensen jordskalv som har registrerats under historisk tid är förhöjd i den södra delen av länet och på en plats, i Årjängs kommun, har en möjlig indikation på postglaciala rörelser orsakade av ett äldre jordskalv dokumenterats. Jordtäckets sammansättning och mäktighet samt de hydrogeologiska förhållandena har i denna skala inte legat till grund för att gradera områden med olika geologiska förutsättningar. Detaljerade undersökningar, exempelvis förstudier av enskilda kommuner och platsundersökningar, krävs för att slutgiltigt identifiera berggrundsblock som uppfyller ovannämnda förutsättningar och andra krav som ställs på ett djupförvar.

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

- Ett stort område norr och öster om Filipstad och mindre områden i den sydvästra delen av länet, vilka är av intresse för mineralprospektering.
- Plastiska skjuvzoner med flack stupning (överskjutningar) i området mellan Säffle och Svanskog och norrut upp mot Arvika.
- Flera plastiska skjuvzoner, däribland Mylonitzonen, med huvudsakligen N-S- till NNW-lig samt med O-V-lig riktning i de södra och centrala delarna av länet.
- Ett mindre område i den norra delen av Filipstads kommun bestående av sandsten. Denna bergart tillhör en sekvens, den s.k. Dalasandstenen, som överlagrar äldre prekambrisk bergarter och visar en tendens till förhöjd vattengenomsläpplighet jämfört med andra prekambrisk bergarter.

Områden vilka tolkats som **lämpliga** eller **sannolikt lämpliga** för vidare undersökning utgör större delen av länet. Berggrunden inom dessa områden består huvudsakligen av skilda typer av gnejser samt i de östra och sydvästra delarna av länet mindre omvandlade respektive icke omvandlade graniter och associerade djupbergarter. Inom de områden som tolkats som lämpliga eller sannolikt lämpliga har regionalt betydande plastiska deformationszoner inte kunnat påvisas och bergarterna är inte intressanta ur prospekteringssynpunkt. Som tidigare påpekats är det berggrundsblocken mellan de uthålliga sprickzonerna och stråken av isälvsavlagringar som kan bli aktuella för lokalisering av ett djupförvar.



Figur 23. Översiktlig bedömning ur geologisk synvinkel av berggrundens lämplighet för vidare undersökning i Värmlands län. Områdena A, B och C refereras till i texten.

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

- Förekomsten av flera mindre plastiska skjuvzoner i den östra delen av länet (A i Figur 23) vilka inte har markerats i denna översiktliga studie.
- Förekomsten av ett dylager i en isälvsavlagring OSO om Årjäng (B i Figur 23) som möjligen har orsakats av postglaciala rörelser.
- De tämligen stora höjdskillnaderna i länet som medför att grundvattnets flödes hastighet ökar och att omsättningstiden blir jämförelsevis kort.
- Avrinning av ytvattnet i den nordvästligaste delen av länet (C i Figur 23) till Glommas avrinningsområde i Norge.
- Den relativt höga frekvensen av diabas- och metadiabasgångar närmast öster om Mylonitzonen, och de problem som detta kan medföra i form av inhomogen berggrund och ökad vattengenomsläpplighet längs kontakterna till dessa gångar.
- Kombinationen av flacka strukturer/bergartskontakter och inhomogen berggrund, vilket kan innebära svårigheter att från ytgeologin prognosticera djupförhållanden.
- Slutligen bör, på grund av den förhöjda frekvensen av registrerade jordskalv i den södra delen av länet, 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 göra 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., Thunholm, B., Johnson, J., Bertills, U. & Berntell, A., 1995:** Grundvattnets kemi i Sverige. Naturvårdsverket, rapport 4415, 1-52.
- 5 **Aastrup, M., Engqvist, P., Müllern, C.-F. & Söderholm, H., 1994:** Grundvattnet. I: C. Fredén (red.), *Berg och Jord*. — Sveriges Nationalatlas, 154-171.
- 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 **Lundegårdh, P.H., Lindh, A. & Gorbatshev, R., 1992:** Berggrundskarta över Värmlands län. Sveriges geologiska undersökning, Ba 45.
- 8 **Lundegårdh, P.H., 1995:** Beskrivning till berggrundskartan över Värmlands län, östra och mellersta Värmlands berggrund. Fyndigheter av nyttosten och malm i Värmlands län. Sveriges geologiska undersökning, Ba 45:1, 1-180.
- 9 **Lindh, A., Gorbatshev, R. & Lundegårdh, P.H., 1998:** Beskrivning till berggrundskartan över Värmlands län. Sveriges geologiska undersökning, Ba 45:2, 1-405.
- 10 **Björk, L., 1986:** Beskrivning till berggrundskartan Filipstad NV. Sveriges geologiska undersökning, Af 147, 1-110.
- 11 **Lundegårdh, P.H., 1987:** Beskrivning till berggrundskartan Filipstad SV. Sveriges geologiska undersökning, Af 157, 1-77.
- 12 **Wahlgren, C.-H., 1992:** Berggrundskartan 10E Karlskoga NV. Sveriges geologiska undersökning, Af 176.
- 13 **Wahlgren, C.-H., 1993:** Berggrundskartan 10E Karlskoga SV med del av Karlstad SO. Sveriges geologiska undersökning, Af 182.
- 14 **Törnebohm, A.E., 1870:** Några ord till upplysning om bladet "Åmål". Sveriges geologiska undersökning, Aa 34, 1-65.

- 15 **Blomberg, A., 1903:** Beskrifning till kartbladet Loka. Sveriges geologiska undersökning, Aa 118, 1-32.
- 16 **Blomberg, A., 1903:** Beskrifning till kartbladet Kristinehamn. Sveriges geologiska undersökning, Aa 122, 1-28.
- 17 **Blomberg, A., 1904:** Beskrifning till kartbladet Björneborg. Sveriges geologiska undersökning, Aa 124, 1-28.
- 18 **Blomberg, A., 1904:** Beskrifning till kartbladet Skagersholm. Sveriges geologiska undersökning, Aa 128, 1-23.
- 19 **Johansson, S. & Johansson, H.E., 1917:** Beskrivning till kartbladet Furuholmarna. Sveriges geologiska undersökning, Aa 136, 1-45.
- 20 **Sandegren, R. & Johansson, H.E., 1916:** Beskrivning till kartbladet Otterbäcken. Sveriges geologiska undersökning, Aa 145, 1-48.
- 21 **Sandegren, R. & Johansson, H.E., 1920:** Beskrivning till kartbladet Värmlandsnäs. Sveriges geologiska undersökning, Aa 143, 1-46.
- 22 **Sandegren, R. & Johansson, H.E., 1920:** Beskrivning till kartbladet Mässvik. Sveriges geologiska undersökning, Aa 148, 1-44.
- 23 **Sandegren, R., Högbom, A. & Svenonius, F., 1922:** Beskrivning till kartbladet Väse. Sveriges geologiska undersökning, Aa 151, 1-94.
- 24 **Sandegren, R., 1927:** Beskrivning till kartbladet Lurö. Sveriges geologiska undersökning, Aa 166, 1-42.
- 25 **Magnusson, N.H. & Granlund, E., 1928:** Beskrivning till kartbladet Filipstad. Sveriges geologiska undersökning, Aa 165, 1-119.
- 26 **Magnusson, N.H. & Assarsson, G., 1929:** Beskrivning till kartbladet Nyed. Sveriges geologiska undersökning, Aa 144, 1-108.
- 27 **Magnusson, N.H. & von Post, L., 1929:** Beskrivning till kartbladet Säffle. Sveriges geologiska undersökning, Aa 167, 1-96.
- 28 **Magnusson, N.H. & Sandegren, R., 1933:** Beskrivning till kartbladet Karlstad. Sveriges geologiska undersökning, Aa 174, 1-119.
- 29 **Sandegren, R. & Magnusson, N.H., 1937:** Beskrivning till bladet Forshaga. Sveriges geologiska undersökning, Aa 179, 1-117.
- 30 **Larsson, W. & Sandegren, R., 1956:** Beskrivning till kartbladet Vårvik. Sveriges geologiska undersökning, Aa 187, 1-166.

- 31 **De Geer, G., 1902:** Beskrifning till kartbladet Strömstad med Koster. Sveriges geologiska undersökning, Ac 1, 1-71.
- 32 **Berglund, J., Larson, S.Å. & Vinnefors, A., 1997:** Sveconorwegian extension-parallel deformation structures; example from the Hammarö Shear Zone, SW Sweden. GFF 119, 169-180.
- 33 **Page, L.M., Stephens, M.B. & Wahlgren, C.-H., 1996:** $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ geochronological constraints on the tectonothermal evolution of the Eastern Segment of the Sveconorwegian Orogen, south-central Sweden. I: T.S. Brewer (red.), *Precambrian Crustal Evolution in the North Atlantic Region*. — Geological Society Special Publication 112, 315-330.
- 34 **Söderlund, U., Jarl, L.-G., Persson, P.-O., Stephens, M.B. & Wahlgren, C.-H., 1998 (under tryckning):** Protolith ages and timing of deformation in the eastern, marginal part of the Sveconorwegian orogen, southwestern Sweden. *Precambrian Research*.
- 35 **Welin, E., Lundegårdh, P.H. & Kähr, A.-M., 1980:** The radiometric age of a Proterozoic hyperite diabase in Värmland, western Sweden. *Geologiska Föreningens i Stockholm Förhandlingar* 102, 49-52.
- 36 **Johansson, L. & Johansson, Å., 1990:** Isotope geochemistry and age relationships of mafic intrusions along the Protogine Zone, southern Sweden. *Precambrian Research* 48, 395-414.
- 37 **Welin, E., 1994:** Isotopic investigations of Proterozoic igneous rocks in southwestern Sweden. *Geologiska Föreningens i Stockholm Förhandlingar* 116, 75-86.
- 38 **Wahlgren, C.H., Heaman, L.M., Kamo, S. & Ingvald, E., 1996:** U-Pb baddeleyite dating of dolerites dykes in the eastern part of the Sveconorwegian orogen, south-central Sweden. *Precambrian Research* 79, 227-237.
- 39 **Statens Industriverk, 1983:** Berg och malm i Värmlands län. SIND PM 1983:8, 1-241.
- 40 **Wahlgren, C.-H., 1988:** The Järnsjön-Västra Silen shear zone - an example of Sveconorwegian thrusting in SW Värmland. *Geologiska Föreningens i Stockholm Förhandlingar* 110, 420-422.
- 41 **Magnusson, N.H., 1937:** Den centralvärmländska mylonitzonen och dess fortsättning i Norge. *Geologiska Föreningens i Stockholm Förhandlingar* 59, 205-228.
- 42 **Lindh, A., 1974:** The Mylonite Zone in south-western Sweden (Värmland): a re-interpretation. *Geologiska Föreningens i Stockholm Förhandlingar* 96, 183-197.

- 43 **Stephens, M.B., Wahlgren, C.-H., Weijermars, R. & Cruden, A.R., 1996:** Left-lateral transpressive deformation and its tectonic implications, Sveconorwegian orogen, Baltic Shield, southwestern Sweden. *Precambrian Research* 79, 261-279.
- 44 **Wahlgren, C.-H., Cruden, A.R. & Stephens, M.B., 1994:** Kinematics of a major fan-like structure in the eastern part of the Sveconorwegian orogen, Baltic Shield, south-central Sweden. *Precambrian Research* 70, 67-91.
- 45 **Zeck, H.P. & Malling, S., 1974:** The Gillberga synform (Precambrian Basement, SW Värmland, Sweden); literature synopsis and preliminary notes on its re-interpretation. *Bulletin of the Geological Society of Denmark* 23, 159-174.
- 46 **Gorbatshev, R., 1988:** Sveconorwegian thrusting in southwestern Sweden. *Geologiska Föreningens i Stockholm Förhandlingar* 110, 392-397.
- 47 **Lidmar-Bergström, K., 1994:** Berggrundens ytformer. I: C. Fredén (red.), *Berg och jord*. — Sveriges Nationalatlas, 44-54.
- 48 **Lundqvist, J., 1958:** Beskrivning till jordartskarta över Värmlands län. Sveriges geologiska undersökning, Ca 38, 1-229.
- 49 **Ericsson, B. & Lidén, E., 1982:** Beskrivning till jordartskartan Karlskoga SV. Sveriges geologiska undersökning, Ae 50, 1-73.
- 50 **Ericsson, B. & Grånäs, K., 1983:** Beskrivning till jordartskartan Karlskoga NV. Sveriges geologiska undersökning, Ae 54, 1-63.
- 51 **Fredén, C., 1997:** Jordartskarta över Karlstads kommun. Sveriges geologiska undersökning.
- 52 **Fredén, C., 1998:** Jordartskarta över Kristinehamns kommun. Sveriges geologiska undersökning.
- 53 **Fredén, C., 1994:** Jordarterna. I: C. Fredén (red.), *Berg och jord*. — Sveriges Nationalatlas, 104-119.
- 54 **Fredén, C., 1985:** Aeolian and beach sand on the glaciofluvial deposit Törne-
mon, Värmland, Sweden. *Geologiska föreningens i Stockholm förhandlingar* 107, 215-219.
- 55 **Fredén, C., 1988:** Marine life and deglaciation chronology of the Vänern Basin, southwestern Sweden. Sveriges geologiska undersökning, Ca 71, 1-80.
- 56 **Fredén, C., 1998:** Organogen avsättning i isälvsdeltat vid Gängene, Värmland. Sveriges geologiska undersökning, dokumentationsrapport 27613.

- 57 **Lundqvist, J. & Mejdahl, V., 1987:** Thermoluminescence dating of eolian sediments in central Sweden. *Geologiska föreningens i Stockholm förhandlingar* 109, 147-158.
- 58 **Lundqvist, J., 1996:** The late-glacial development of the upper Klarälven valley, Sweden. *Geologiska föreningens i Stockholm förhandlingar* 118, 49-62.
- 59 **Lundqvist, J., 1997:** Structure and rhythmic pattern of glaciofluvial deposits north of Lake Vänern, south-central Sweden. *Boreas* 26, 127-140.
- 60 **Wastegård, S., 1997:** Yoldia Sea calcareous fossil fauna in the vicinity of the Närke strait, south central Sweden. *Sveriges geologiska undersökning, Ca* 86, 179-185.
- 61 **Lundqvist, J., 1994:** Inlandsisens avsmältning. *I: C. Fredén (red.), Berg och jord.* — *Sveriges Nationalatlas*, 124-135.
- 62 **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.
- 63 **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* 753, 1-62.
- 64 **Fredén, C., 1987:** Dokumentation av jordskärningar vid byggandet av Kymmens kraftverk. *Sveriges geologiska undersökning, dokumentationsrapport* 25193.
- 65 **Fredén, C., 1990:** SJs förra grusgrop i Frykstamons nordvästslutning, ca 2 km NV om Apertin. *Sveriges geologiska undersökning, dokumentationsrapport* 6603.
- 66 **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.
- 67 **Mörner, N.-A., 1978:** Faulting, fracturing, and seismicity as functions of glacioisostasy in Fennoscandia. *Geology* 6(1), 41-45.
- 68 **Mörner, N.-A., 1979:** Earth movements in Sweden, 20 000 BP to 20 000 AP. *Geologiska Föreningens i Stockholm Förhandlingar* 100, 279-286.
- 69 **Mörner, N.-A., 1979:** The Fennoscandian Uplift and Late Cenozoic Geodynamics: Geological Evidence. *GeoJournal* 3.3, 287-318.
- 70 **Muir Wood, R., 1993:** A review of the seismotectonics of Sweden. *SKB TR* 93-13, 1-225.

- 71 **SGU, 1994:** Grundvattnet i Sverige. Sveriges geologiska undersökning, Ah 17 (karta, 1:1 miljon).
- 72 **SMHI, 1995:** Sveriges Vattensystem. I: B. Raab & H. Vedin (red.), *Klimat, sjöar och vattendrag*. — Sveriges Nationalatlas, 116-123.
- 73 **Carlsson, L. & Carlstedt, A., 1977:** Estimation of transmissivity and permeability in Swedish bedrock. *Nordic Hydrology* 8, 103-116.
- 74 **SKB, 1992:** SKB 91. Slutlig förvaring av använt kärnbränsle. Berggrundens betydelse för säkerheten.

BILAGA A

GEOLOGISK ORDLISTA

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

Albit. Natriumrik plagioklasfältspat.

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

Alkalinitet. Förmåga hos vatten att binda syror.

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

Amfibolit. Metamorf bergart bestående av huvudsakligen amfibol och plagioklas.

Anatektisk. Bildad genom uppsmältning av äldre bergarter.

Andalusit. Aluminiumsilikat.

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

Anomali. Lokal avvikelse.

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

Antropogen. Orsakad eller påverkad av människan.

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

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

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

Arkos. Sandsten som innehåller minst 25% fältspatfragment.

Aureol. Område med speciell karaktär kring en bergartsintrusion.

Axialplan. Se veckaxelplan.

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

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

Basalt. Basisk vulkanisk bergart.

Basisk bergart. Bergart med 45-52 viktprocent SiO₂.

Bergart. Sammanhållet aggregat av ett eller vanligen flera mineral.

Bentonit. Mjuk, plastisk lera.

Biotit. Mörkt glimmermineral.

Blyglans. Sulfidmineral. Blyglans är det viktigaste blymineralet.

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

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

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

Cordierit. Ett silikatmineral vanligt i metamorfa bergarter.

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

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

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

Diabasgång. Se diabas.

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

Digital. Representation av data med hjälp av siffror.

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

Diopsid. Se pyroxen.

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

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

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

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

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

Eem. Värmeperioden före Weichsel-istiden.

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

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

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

Fanerozoikum. Geologisk tidsålder, yngre än 545 miljoner år.

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

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

Finmo. Jordart med kornstorleken 0.02-0.06 mm.

Flygsand. Sand avlagrad av vinden.

Flyttblock. Stora av inlandsisen transporterade block.

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

Fossil. Förstenade lämningar efter djur och växter.

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

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

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

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

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

Glaciation. Nedisning.

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

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

Gnejsgranit. Omvandlad (förgnejsad) granit.

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

Granatådergnejs. Granatförande ådergnejs.

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

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

Grus. Jordart med kornstorlek 2-20 mm.

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

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

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

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

Hematit. Järnoxidmineral.

HK = Högsta Kustlinjen

Hornblände. Se amfibol.

Hybridbergart. Blandbergart.

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

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

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

Ignimbrit. Vulkanisk bergart avlagrad av ett pyroklastiskt flöde.

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

Illit. Glimmerliknande lermineral.

Inlandsis. Ismassa som täcker stora delar av en kontinent.

Interglacial. Tiden mellan två istider.

Intermediär bergart. Bergart med 52-65 viktprocent SiO₂.

Interstadial. Tiden mellan två kallare perioder inom samma istid.

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

Isostasi. Jämviktstillstånd i jordskorpan.

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

Isälvsavlagring. Se isälvs sediment.

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

Jordart. Lösa avlagringar på jordytan.

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

Kalcit. Kalciumkarbonat. Huvudmineral i kalksten.

Kalifältspat. En kaliumrik fältspat.

Kalksten. Bergart bestående av i huvudsak kalcit.

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

Klorit. Glimmerliknande, vanligen grönt, silikatmineral.

Koboltglans. Ett silvervitt kobolthaltigt sulfidmineral.

Konduktivitet. Elektrisk ledningsförmåga hos vatten.

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

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

Kraton. Konsoliderad och stabil del av den kontinentala jordskorpan.

Kratonisering. Konsolidering och stabilisering av jordskorpan.

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

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

Kvarts. Kiseldioxid (SiO_2).

Kvartsit. Mycket hård, kvartsrik, sedimentär bergart.

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

Landhöjning. Höjning av landytan i förhållande till havsytan.

Laumontit. Silikatmineral bildat genom omvandling av fältspat.

Lava. Magma som trängt ut på jordytan.

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

Lera. Jordart med kornstorlek < 0.002 mm.

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

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

Lineament. Rak eller svagt böjd långsträckt struktur.

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

Magma. Smält berg.

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

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

Magnetiska konnektioner. Se formlinjer.

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

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

Magnitud. Mått på styrkan av en jordbävning.

Malm. En mineralkoncentration som är ekonomiskt brytvärd.

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

Marmor. Genom metamorfos omkristalliserad kalksten eller dolomit.

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

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

Metabasit. Omvandlad basisk bergart.

Metamorf. Omvandlad.

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

Metasedimentär bergart. Omvandlad, ursprungligen sedimentär bergart.

Metavulkanisk bergart. Omvandlad, ursprungligen vulkanisk bergart.

Metavulkanit. Omvandlad, ursprungligen vulkanisk bergart.

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

Migmatitgranit. Granit bildad genom uppsmältning av äldre berggrund.

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

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

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

Mjåla. Jordart med kornstorlek 0.002-0.02 mm.

Mo. Jordart med kornstorlek 0.02-0.2 mm.

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

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

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

Moränbacklandskap. Kuperad terräng av morän.

Muskovit. Ljust glimmermineral.

Mylonit. Finkornig bergart bildad genom mycket stark plastisk deformation.

Mylonitzonen. En starkt mylonitiserad zon i Sydvästsveriges gnejsberggrund.

Nefelin. Ett fältspatliknande mineral rikt på natrium.

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

Neosom. Nybildat (rekristalliserat) material i en migmatit.

Neotektonik. Unga tektoniska rörelser i jordskorpan.

Norit. Basisk djupbergart.

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

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

Orogen. Se orogent bälte.

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

Orogenes. Bergskedjebildning.

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

Paleosom. Rester av moderbergarten i en migmatit.

Pechblände. Uranmineral.

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

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

Permeabel. Genomsläpplig.

pH. Surhetsgrad hos vatten.

Pimpsten. Ljus, porös, pyroklastisk bergart.

Plagioklas. En fältspat rik i sodium och kalcium.

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

Plastisk skjuvzon. Se plastisk deformation.

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

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

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

Postglacial. Efter istiden (post=efter)

Prehmit. Silikatmineral.

Prekambrium. Geologisk tidsålder, äldre än 545 miljoner år.

Primorogen. Se tidigorogen.

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

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

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

Pyroklastiskt fall. Nedfall av vulkaniska utbrottsprodukter från luften.

Pyroxen. Mineralgrupp med prismatisk kristallform.

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

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

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

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

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

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

Resistivitet. (Elektriskt) motstånd.

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

Rörelsebelopp. Mått på storleken av t ex en förkastning.

Sand. Jordart med kornstorlek 0,06-2,0 mm.

Sandsten. Se arenit.

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

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

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

Sedimentgnejs. Gnejsomvandlad sedimentär bergart.

Sedimentär bergart. Till en bergart hopläkt sediment.

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

Sen-glacial förkastning. Se neotektonik.

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

Siljansringen. Rund struktur vid Siljan bildad vid meteoritnedslag.

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

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

Sillimanit. Aluminiumsilikat.

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

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

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

Skjuvzon. Ett linjärt berggrundsområde som kännetecknas av intensiv deformation.

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

Sköl. Zon med svagare berg än omgivningen.

Skira. Ett oregelbundet slingrande parti i en bergart.

Smektit. Ett lermineral. Viktig beståndsdel i bentonit.

Susceptibilitet. En bergarts förmåga att magnetiseras.

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

Sprickzon. Se spröd deformation.

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

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

Stratigrafiska (undersökningar). Undersökningar som syftar till att utreda bergarternas inbördes åldersförhållanden.

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

Strukturella formlinjer. Se formlinjer.

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

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

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

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

Sur bergart. Bergart med > 65 viktprocent SiO₂.

Svallning. Vågornas eroderande verkan på en strand.

Svallsediment. Genom svallning frigjort material som sedan avsatts.

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

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

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

Tidigorogen. Beteckning på de äldsta djupbergarterna i en orogenes.

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

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

Torkspricka. Spricka uppkommen genom uttorkning av en finkornig sediment.

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

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

Totalhårdhet. Sammanlagda halten av kalcium och magnesium i vatten.

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

Tremolit. Se amfibol.

Tuff. Bergart bestående av bl a vulkanisk aska.

Tuffit. Bergart bestående av vulkanisk aska blandad med sediment.

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

Ultrabasisk bergart. Djupbergart med extremt låg (< 45 viktprocent) SiO₂.

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

Ur. Se units of radiation.

Urbergssköld. Se kraton.

Urgranit. Äldre benämning på tidigorogena sura djupbergarter.

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

Veckaxel. Omböjningslinjen för ett veck.

Veck. Böjd planstruktur i berg.

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

VLF (Very Low Frequency) -mätning. Elektromagnetisk mätmetod som kan användas för påvisning av brantstående kroppar eller strukturer med hög elektrisk ledningsförmåga.

Vulkanisk aska. Finkornig produkt vid vulkanutbrott.

Vulkanisk bergart. Bergart bildad genom vulkaniska processer.

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

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

Vulkanit. Se vulkanisk bergart.

Weichsel-Istiden. Den senaste istiden i Sverige.

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

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

Ådergnejs. En form av migmatit med ådrig struktur.

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