

R-98-30

Översiktsstudie av Stockholms län

Geologiska förutsättningar

Ildikó Antal, Torbjörn Bergman, Christer Persson,
Michael Stephens, Bo Thunholm, Magnus Åsman

Sammanställning och slutsatser

Michael Stephens och Rune Johansson

Sveriges Geologiska Undersökning (SGU)

Augusti 1998

Svensk Kärnbränslehantering AB

Swedish Nuclear Fuel
and Waste Management Co
Box 5864

SE-102 40 Stockholm Sweden

Tel 08-459 84 00

+46 8 459 84 00

Fax 08-661 57 19

+46 8 661 57 19



ISSN 1402-3091

SKB Rapport R-98-30

Översiktsstudie av Stockholms län

Geologiska förutsättningar

Ildikó Antal, Torbjörn Bergman, Christer Persson,
Michael Stephens, Bo Thunholm, Magnus Åsman

Sammanställning och slutsatser

Michael Stephens och Rune Johansson

Sveriges Geologiska Undersökning (SGU)

Augusti 1998

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

INNEHÅLLSFÖRTECKNING

i

1	Inledning	1
2	Viktiga geologiska faktorer vid lokaliseringen av ett djupförvar	1
3	Stockholms län i ett regionalt geologiskt perspektiv	5
	Berggrundsgeologi	5
	Jordartsgeologi och jordskalv	5
	Hydrogeologi	5
4	Bergarter och berggrundens homogenitet	11
	Ytbergarter	11
	Djupbergarter	11
	Gångbergarter	14
	Berggrundens homogenitet	14
5	Mineral- och bergartsresurser	15
	Översikt över mineral- och bergartsresurser	15
	Metalliska mineralresurser	17
	Icke-metalliska mineralresurser	17
	Nyttosten	18
	Pågående prospektering	18
	Potentiellt prospekteringsintressanta områden	18
6	Deformationszoner	18
	Definitioner och metodik	18
	Plastiska skjuvzoner	20
	Sprickzoner och förkastningar	21
	Deformationszoner i tid och rum	21
7	Jordarter, jorddjup samt sen- och postglaciala rörelser i jordskorpan	24
	Isavsmältning och postglacial utveckling	24
	Jordarter och jorddjup	24
	Sen- och postglaciala rörelser i jordskorpan inkluderande jordskalv	25
8	Hydrogeologi	30
	Grundvattnets bildning och strömning	30
	Grundvattentillgångar	34
	Berggrundens genomsläpplighet	34
	Grundvattnets kemi	34
9	Geologiska förutsättningar för lokalisering av ett djupförvar	38
	Sammanfattande slutsatser	38
	Områden lämpliga för vidare undersökning	40
10	Referenser	44
BILAGA		
A	Geologiska 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 Stockholms län, se Figur 1.

Länsöversikten baseras på befintlig, ibland ofullständig information i form av analoga eller digitala berggrundsgeologiska kartor, jordartskartor och tematiska kartor av olika slag samt beskrivningar till dessa kartor, se Figur 2. Digitala höjddata och flyggeofysisk information har använts framför allt för studier av deformationszoner, medan data från bland annat SGUs brunnsarkiv nyttjats för studier av jordmäktighet, hydrogeologi och vattenkemi. I de följande kapitlen redovisas i detalj vilka data som använts för respektive delstudie. Moderna berggrundsgeologiska kartor i skala 1:50 000, jordartsgeologiska kartor i skala 1:50 000 och flyggeofysiska data täcker över hälften av länets yta. Omfattningen av länsöversikten har inte medgivit att hänsyn kunnat tas till detaljstudier i enskilda områden.

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

2 Viktiga geologiska faktorer vid lokaliseringen av ett djupförvar

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





Berggrunden bör 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 tiotals, ibland hundratals miljoner år sedan, men det finns en tendens att yngre rörelser följer äldre zoner, s.k. reaktivering. Eventuella framtida rörelser i berggrunden kan därför antas i stor utsträckning komma att ske längs tidigare utbildade deformationszoner. I deformationszoner har berggrunden i många fall en inhomogen uppbyggnad och bör på grund av detta behandlas med försiktighet. Dessutom kan vissa mineraliseringar förekomma längs deformationszoner som då kan betraktas som potentiellt malmintressanta. Zonerna kan också medföra bergtekniska komplikationer.

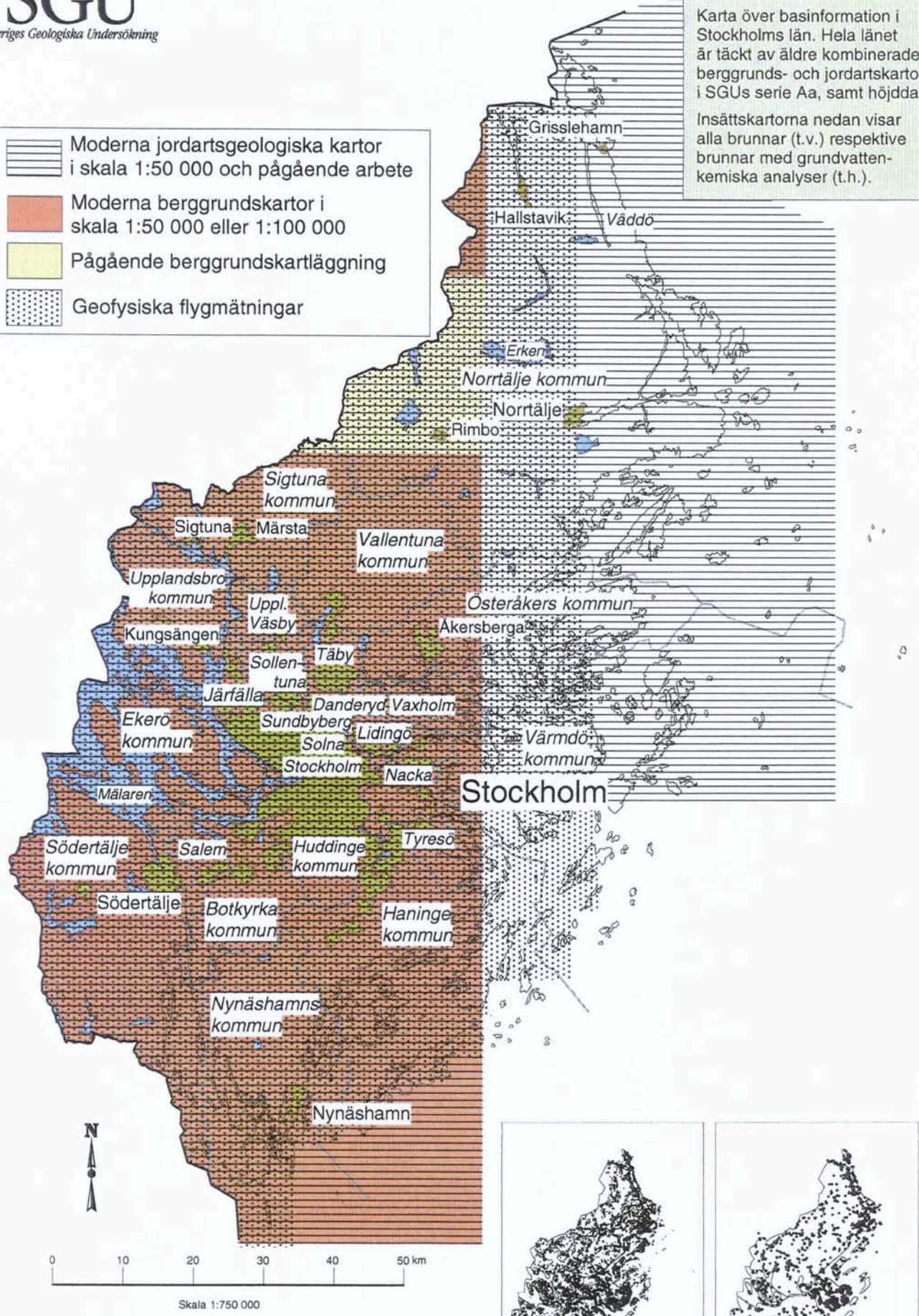
Jordlagrens sammansättning och mäktighet saknar direkt betydelse för den långsiktiga säkerheten. Däremot påverkas förutsättningarna för att göra nödvändiga undersökningar av berg-



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

-  Moderna jordartsgeologiska kartor i skala 1:50 000 och pågående arbete
-  Moderna berggrundskartor i skala 1:50 000 eller 1:100 000
-  Pågående berggrundskartläggning
-  Geofysiska flygmätningar

Karta över basinformation i Stockholms län. Hela länet är täckt av äldre kombinerade berggrunds- och jordartskartor i SGUs serie Aa, samt höjddata. Insättskartorna nedan visar alla brunnar (t.v.) respektive brunnar med grundvattenkemiska analyser (t.h.).



Figur 2. Basgeologisk och geofysisk information i Stockholms län (sammanställning augusti 1997)

grunden inför lokaliseringen av ett djupförvar. Mäktiga och komplexa jordlager försvårar även själva anläggningsarbetet. Isälvsavlagringar bör behandlas med försiktighet på grund av deras stora betydelse för grundvattenförsörjningen.

Med sen- och postglaciala rörelser i jordskorpan 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 bergrörelser kan utlösas efter nästa istid.

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

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

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

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

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

3 Stockholms län i ett regionalt geologiskt perspektiv

Berggrundsgeologi

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

Berggrunden inom Stockholms län utgörs till största delen av kraftigt omvandlade äldre djupbergarter (ca 1890-1870 miljoner år) och metasedimentära bergarter (ca 1900 miljoner år) samt mindre områden med metavulkaniska bergarter (ca 1900 miljoner år). Prefixet "meta" betecknar att bergarten har genomgått omvandling (metamorfos). I länets centrala del förekommer ett större område samt flera mindre massiv med massformig och välbevarad yngre granit.

Stockholms län utgör en perifer del av mellansveriges malmprovins och inom länet förekommer ett antal järn- zink-, bly- och silverförekomster. För närvarande sker ingen malmbrytning i länet. Ett fåtal mindre undersökningstillstånd på koppar, nickel och guld finns dock inom länet.

En bred plastisk skjuvzon följer kusten i länets nordligaste del. Skjuvzoner förekommer också t.ex. väster och norr om Stockholm. Yngre, spröda deformationszoner (sprickzoner och förkastningar) följer i många fall de äldre plastiska zonerna, s.k. reaktivering, men bildar också egna system.

Jordartsgeologi och jordskalv

Huvuddelen av länet ingår i "Nordöstra Götalands och östra Svealands berg- morän- och lerområde", medan kustregionen i sydost tillhör "Östkustens berg- och lerområde" /3/. Berget är välblottat, speciellt i kustområden, se Figur 4 /4/. Morän har relativt stor utbredning främst i Uppland och i området kring Södertälje, se Figur 4. Isälvsavlagringar förekommer dels i form av åsar, dels som stora deltaliknande avlagringar t.ex. Pålamalm söder om Stockholm. Finkorniga sediment dominerar i sänkor och dalgångar. Hela länet ligger öster om det bälte där jordskalv förekommer mer frekvent, se Figur 5.

Hydrogeologi

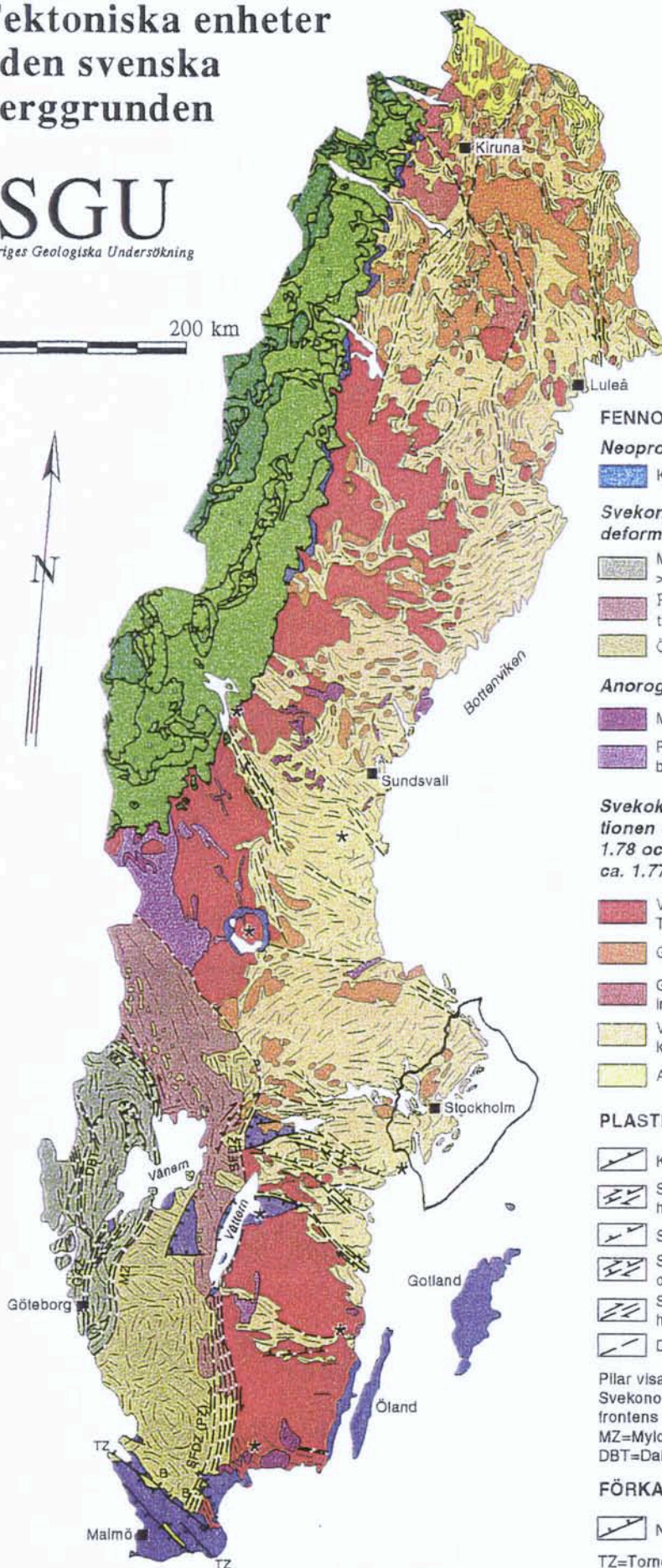
Landets grundvattentillgångar i jord och berg framgår av Figur 6 /5/ och kloridhalten i berggrunden för hela Sverige redovisas i Figur 7 /6/. Grundvattenförhållandena i både jord och berg styrs av de hydrologiska, topografiska och geologiska förhållandena. Stockholms län kännetecknas av sprickdalslandskap, särskilt i de södra och centrala delarna, med tämligen små höjdskillnader. De kustnära områdena domineras av kalt berg eller tunna jordlager. I de inre delarna av länet återfinns morän och finkorniga sediment. Grundvattentillgångar för allmän vattenförsörjning återfinns i stråk med sand- och grusavlagringar. Berggrundsvattnet utgör en viktig tillgång för den enskilda vattenförsörjningen.

Tektoniska enheter i den svenska berggrunden

SGU

Sveriges Geologiska Undersökning

0 200 km



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

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

FANEROZOISKA SEDIMENTÄRA OCH MAGMATISKA BERGARTER SAMT IMPAKTSTRUKTURER

- Fanerozoiska sedimentära bergarter och diabas
- Jurassiska och kretaceiska basaltkupper
- Underkambriskt alkalint magmatiskt komplex (Alnön)
- 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 deforma- tionen efter ca. 1.80 Ga i norra Sverige, mellan ca. 1.78 och 1.56 Ga i centrala södra Sverige, och mellan ca. 1.77 och 1.40 Ga i sydöstligaste Sverige)

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

PLASTISKA STRUKTURER

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

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

FÖRKASTNINGAR

- Normalförkastning
- TZ=Tornquistzonen

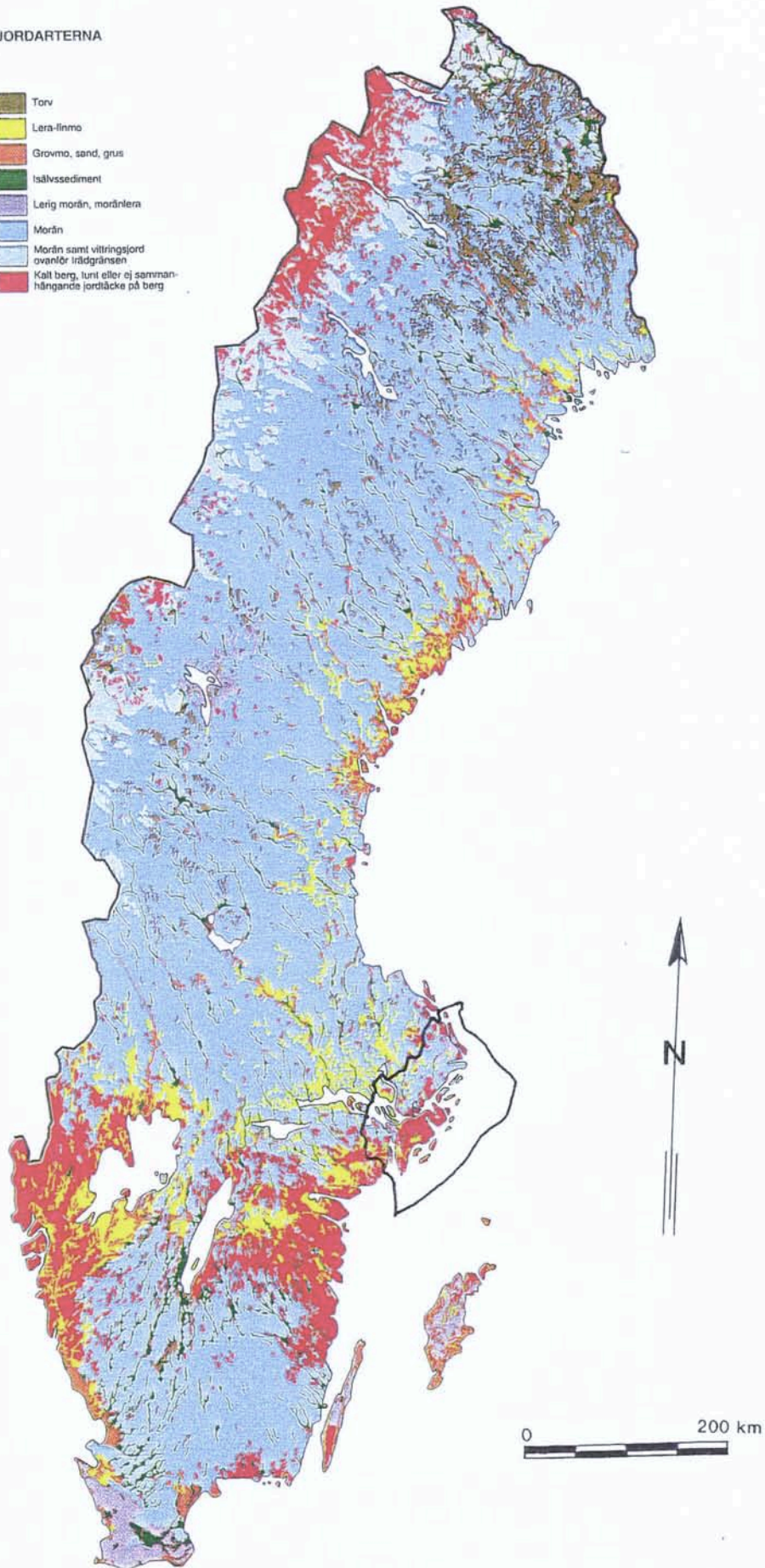
TMB*=Transskandinaviska magmatiska bället
1 Ma=1 miljon år, 1 Ga=1000 miljoner år

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

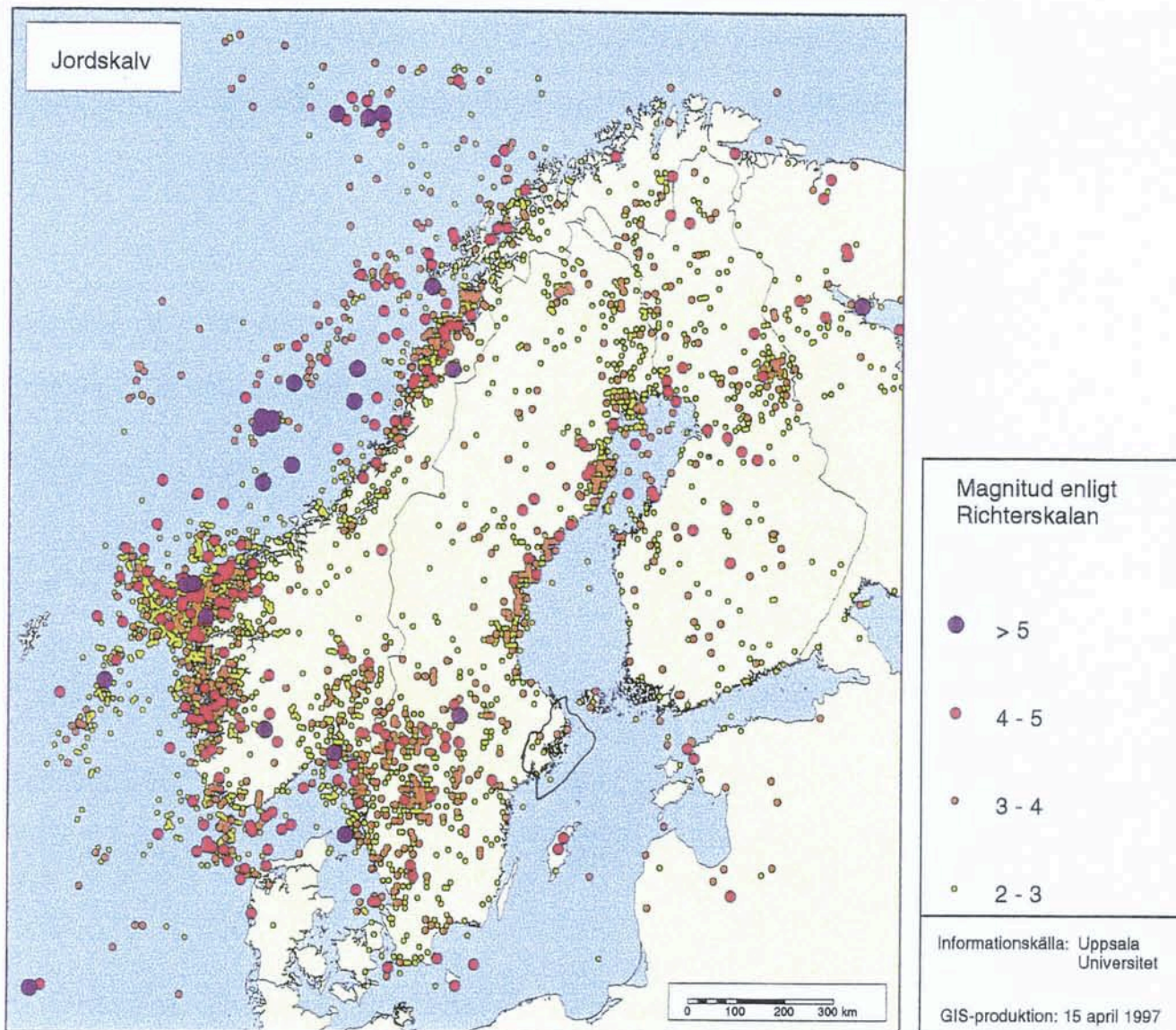
Figur 3. Huvudgeologiska enheter i den svenska berggrunden. Stockholms län är markerat med en svart linje

JORDARTERNA

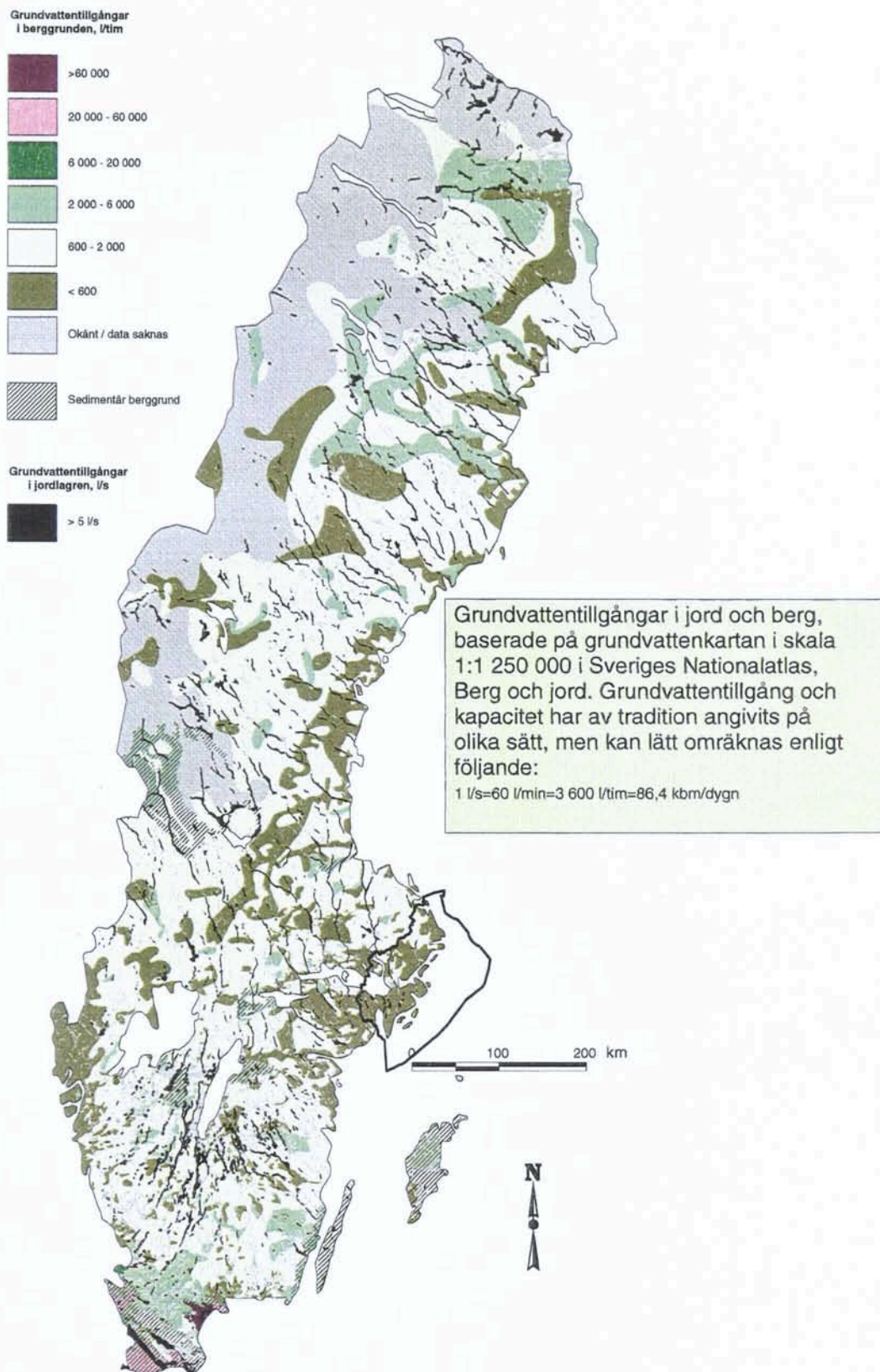
-  Torv
-  Lera-linno
-  Grovmo, sand, grus
-  Isalvsediment
-  Lerig morän, moränlera
-  Morän
-  Morän samt vittringsfjord ovanför isägränsen
-  Kall berg, luti eller ej sammanhängande jordtücke på berg



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

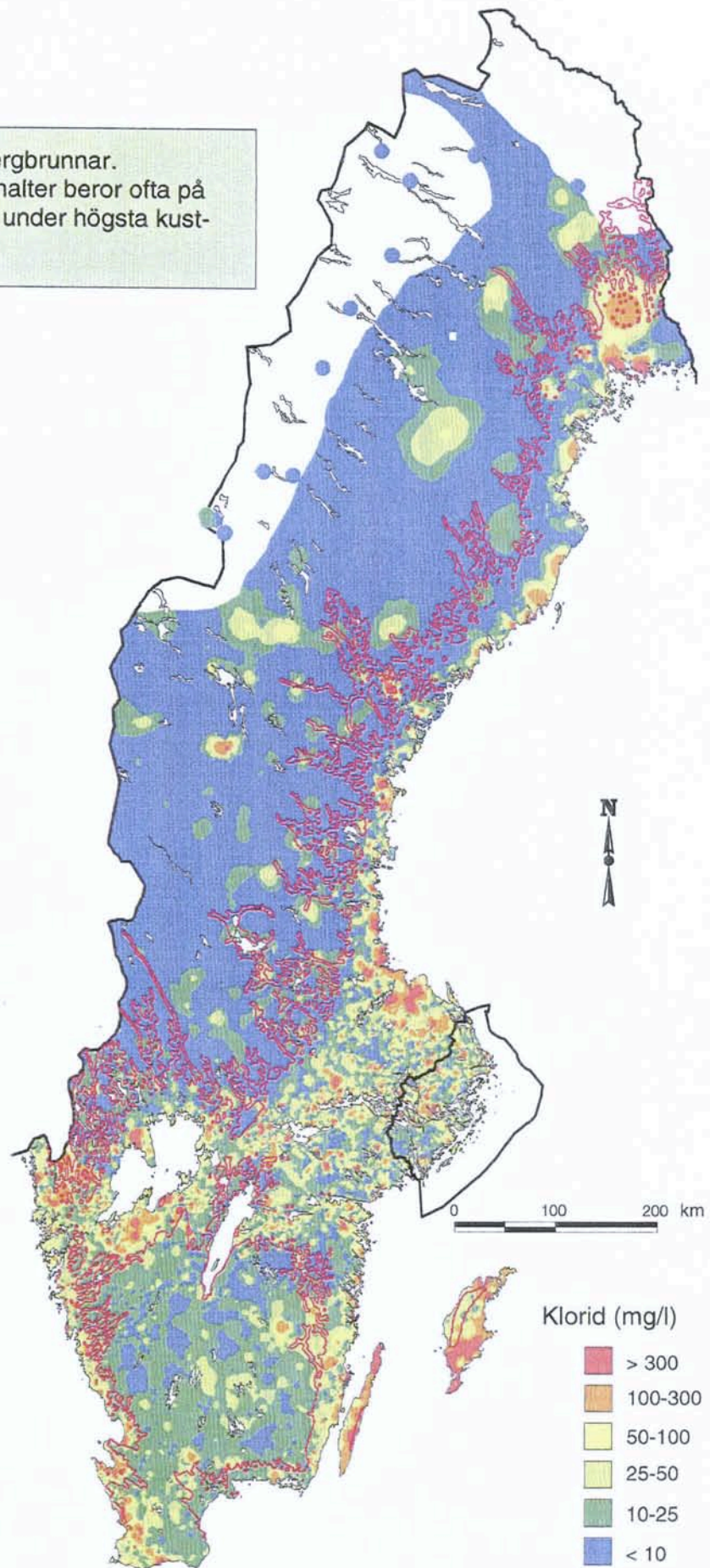


Figur 5. Registrerade jordskalv i Nordeuropa fram till 1993. Uppgifterna har hämtats från en databas vid Uppsala universitet. Stockholms län är markerat med en svart linje



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

4 Bergarter och berggrundens homogenitet

Berggrunden inom Stockholms län redovisas översiktligt i Figur 8, hämtad från Engqvist och Fogdestam /7/. Den följande beskrivningen av länets bergarter grundar sig huvudsakligen på information hämtad från beskrivningarna till de moderna berggrundskartorna i skala 1: 50 000 och 1:100 000 /8, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 15, 16, 17, 18/, vilka finns att tillgå för större delen av länet, Figur 2, samt på den preliminära översiktliga berggrundskartan Uppsala /19/. Berggrundskartering pågår för närvarande i området väster om Norrtälje (S. Bergman). Fotografier på några av länets vanligaste bergarter visas i Figur 9.

Ytbergarter

Länets ytbergarter domineras av metasedimentära bergarter och mindre stråk med metavulkaniska bergarter. Dessa bildades för ca 1900 miljoner år sedan. På Ekerö i Mälaren finns också ett mindre område med yngre sandsten (ca 1500-1250 miljoner år), s.k. ”mälarsandsten” (ej på kartan i Figur 8). Mälarsandstenen kan korreleras med det större område av s.k. jotnisk sandsten som finns i området utanför kusten vid Vaddö i länets nordöstra del.

Metavulkaniska bergarter

De metavulkaniska bergarterna domineras av sura (kvartsrika) och skiktade bergarter, och utgör sällan arealmässigt några större enheter (gul färg på kartan i Figur 8). De har sina största utbredningsområden i Stockholms skärgård på öarna Runmarö, Nämndö, Ornö och Utö samt i länets nordligaste del öster om Hallstavik. I Stockholms skärgård är metavulkaniterna vanligtvis associerade med kristallin kalksten och är på flera platser också malmförande och kraftigt veckade, se Figur 9a.

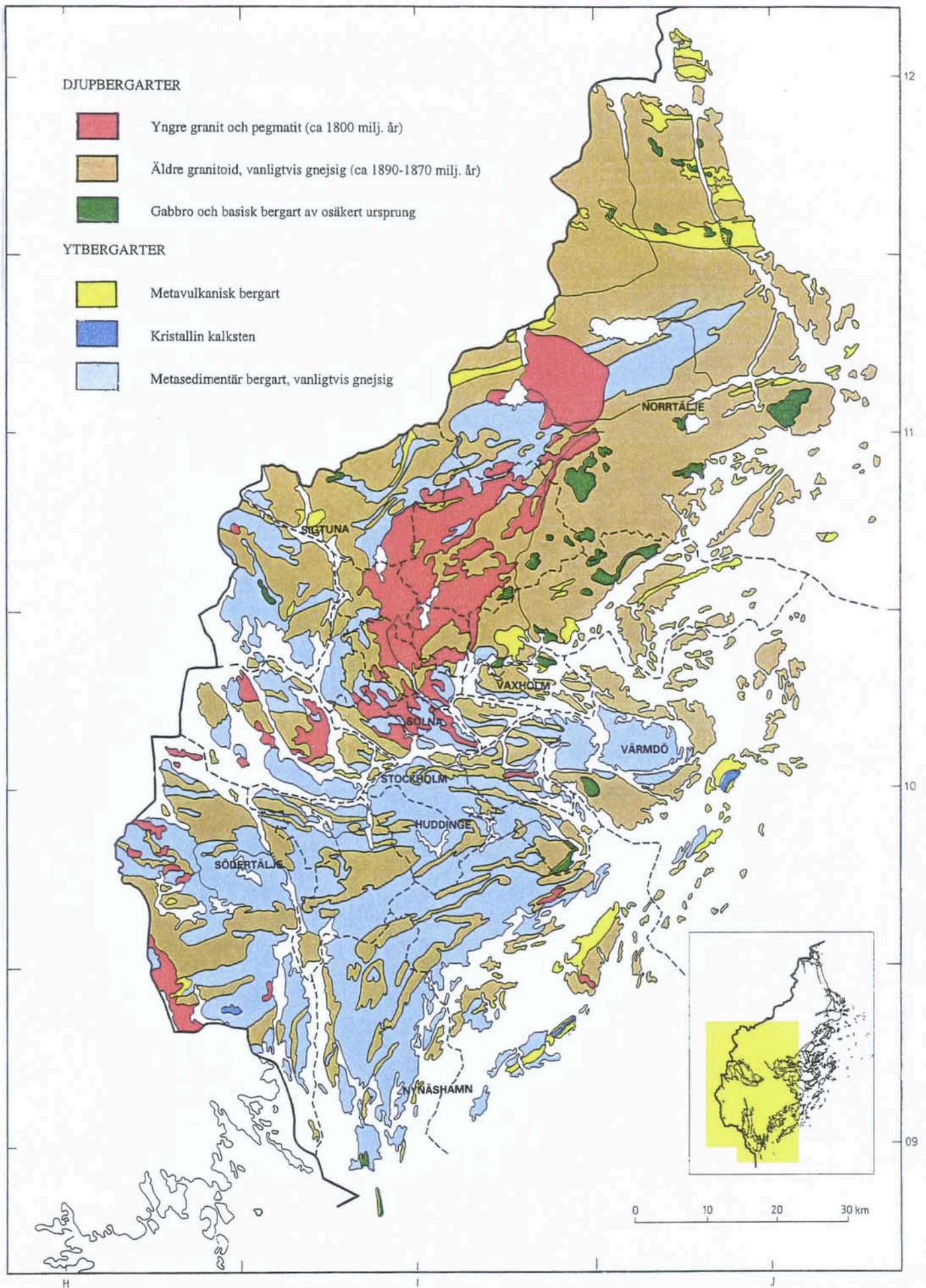
Metasedimentära bergarter

De metasedimentära bergarterna (ljus blå färg på kartan i Figur 8) utgör en betydande komponent i framför allt den södra delen av Stockholms län. De täcker ca 40% av länets yta och är arealmässigt tillsammans med de äldre granitoiderna den vanligaste bergartstypen. I de södra och mellersta delarna dominerar argillitiska (glimmerrika) bergarter, vilka vanligtvis är utbildade som ådergnejser, se Figur 9b. Ådringen definieras av ljusa kvarts- och fältspatdominerade lager omväxlande med mörkare, glimmerrika skikt. I länets norra delar är de metasedimentära bergarterna vanligtvis mer arenitiska (sandiga) i sin sammansättning.

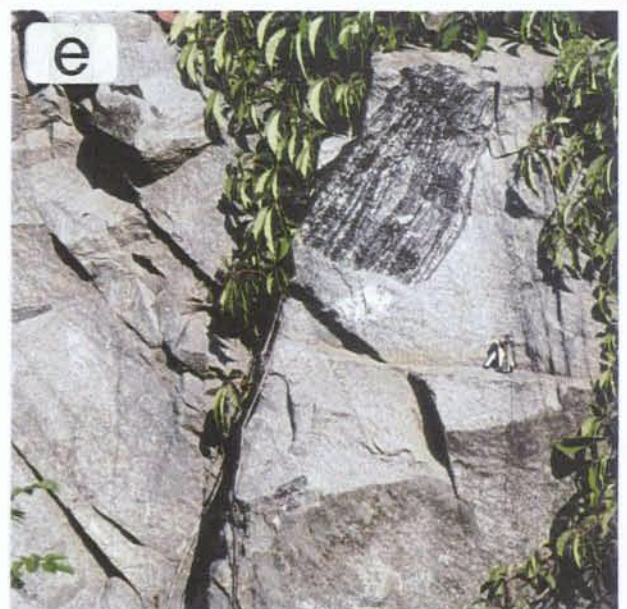
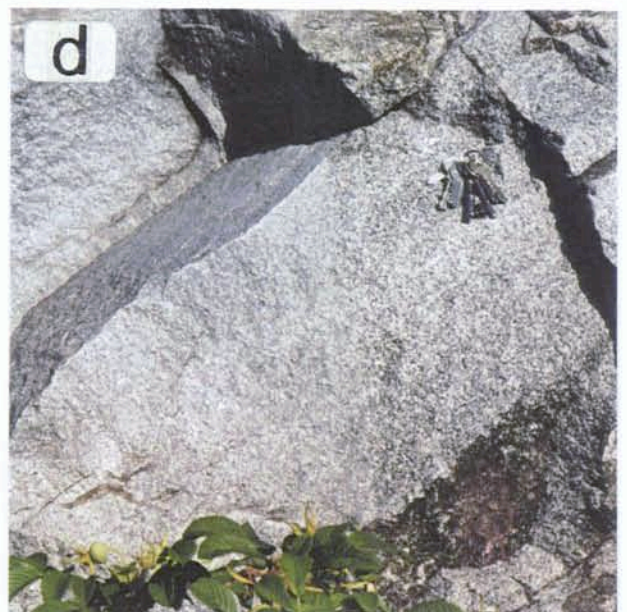
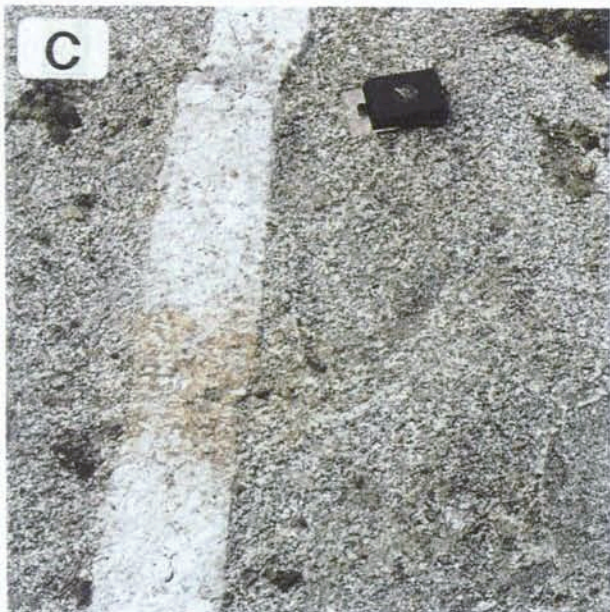
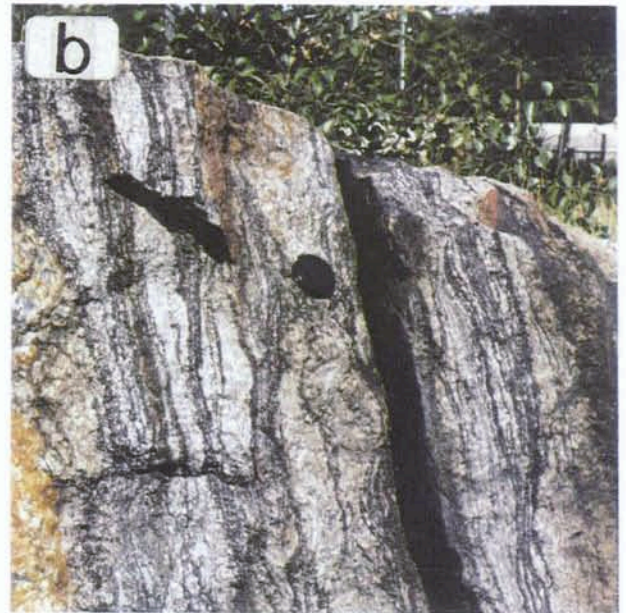
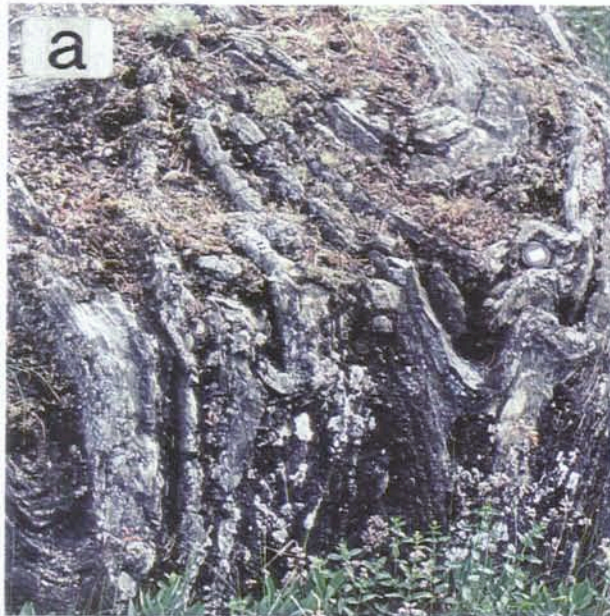
Tillsammans med ovan beskrivna metavulkaniska och metasedimentära bergarter förekommer också mindre inlagringar av kristallin kalksten (mörkt blå färg på kartan i Figur 8). Dessa bildar sällan några större mäktigheter utan är i allmänhet endast några tiotals meter tjocka. Ett fåtal större sammanhängande områden finns dock på t.ex. Utö och Runmarö samt i området söder om Södertälje, se Figur 8.

Djupbergarter

Djupbergarter utgörs av äldre (ca 1890-1870 miljoner år) granitoid- och gabbrointrusioner samt yngre (ca 1800 miljoner år) graniter och pegmatiter som bildades under olika stadier av den svekokarelska orogenesisen.



Figur 8. Förenklad berggrundskarta över Stockholms län. Kartan baseras på modern berggrundskartering i skala 1:50 000 och 1:100 000 huvudsakligen i länets centrala och södra delar, se insättskarta. Övriga delar baseras på äldre undersökningar med varierande kvalitet



Figur 9. Bergarter i Stockholms län. a) Veckad bergartssekvens av kalksten och metavulkanit från Utö. b) Metasedimentär ådergnejs från Västberga strax söder om Stockholm. c) Äldre granitoid med pegmatitgång från Björknäs ca 8 km öster om Norrtälje. d) Yngre granit (Stockholmsgranit) från Roslagstull i Stockholm. e) Stockholmsgranit med inneslutning av metasedimentär ådergnejs. Fotografi a är taget av Ingmar Lundström, övriga av Torbjörn Bergman.

Äldre djupbergarter (ca 1890-1870 miljoner år)

De äldre djupbergarterna indelas i granitoider (brun färg i Figur 8) och gabbro (grön färg i Figur 8). Granitoiderna karaktäriseras vanligtvis av betydande gnejsighet samt stor variation i utseende och sammansättning. Dominerande är dock granodiorit och tonalit. I länets södra delar är dessa i stor utsträckning kraftigt ådergnejsomvandlade och större områden med homogena granitoider är ovanliga. I länets norra delar är de äldre granitoiderna mer homogena och välbevarade. Medelkorniga och svagt förskiffrade granitoider dominerar i denna del, se Figur 9c. Vid Åkersberga strax norr om Stockholm har en äldre granitoid daterats till ca 1875 miljoner år /20/. I trakten mellan Åkersberga och Norrtälje är också gabbro relativt vanligt förekommande i ca 1-20 km² stora områden. Gabbbron är huvudsakligen medelkornig och i allmänhet massformig.

Yngre graniter och pegmatiter (ca 1800 miljoner år)

De yngre graniterna (röda på kartan i Figur 8) upptar stora delar av länet mellan Stockholm och Rimbo. Graniterna är vanligtvis massformiga och kan huvudsakligen indelas i två typer. Den ena är en medel- till finkornig, jämnkornig typ som vanligen benämns "Stockholmsgranit", se Figur 9d. Färgen är övervägande grå, men röda varianter förekommer lokalt. Den andra typen är en medelkornig till småporfyrisk granit där kalifältspat bildar cm-stora rektangulära "ögon". Den senare typen förekommer huvudsakligen i större självständiga massiv i området sydväst om Norrtälje. I anslutning till dessa massiv uppträder rikligt med pegmatitgångar i den omgivande berggrunden. Den grå "Stockholmsgraniten" bildar vanligtvis mindre områden vilka i stor utsträckning följer utbredningen av de metasedimentära gnejserna. Graniterna är lokalt inhomogena med betydande inslag av fragment av de omgivande gnejserna, se Figur 9e. "Stockholmsgranit" har daterats till ca 1803 miljoner år /21/.

Gångbergarter

Förekomsten av diabas i Stockholms län är av relativt underordnad betydelse och större diabaser (>50 m breda) saknas nästan helt. I länets västligaste del uppträder dock en större gång med ONO-lig riktning, se Figur 13. Mindre gångar, som är decimeter- till meterbreda, förekommer sparsamt över hela länet och lokalt uppträder dessa gångar i svärmar med huvudsakligen VNV-lig och N-S-lig utbredning. Sådana områden förekommer t.ex. i trakten kring Södertälje och på Södertörn och vidare i ett stråk åt nordväst genom Mälaren via Lovön, se Figur 13.

Berggrundens homogenitet

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

De metasedimentära bergarterna är i håll-skala vanligtvis mycket inhomogena genom sammansättningsvariationer och ådring. Den generellt uppträdande ådringen gör dock att bergarten i ett större perspektiv (100 m skala) ofta kan betraktas som relativt homogen. De äldre granitoiderna i länets norra del framstår till övervägande del som homogena. Lokalt förekommer dock betydande inslag av pegmatitgångar i anslutning till de yngre graniterna. De mindre

områdena av äldre granitoid i länets södra delar är vanligtvis mindre homogena och övergångar till metasedimentära gnejser är vanligt förekommande.

De större områdena med yngre granit norr om Stockholm är i allmänhet relativt homogena, massformiga eller endast svagt förskiffrade. Lokalt förekommer dock en betydande sprickighet i dessa graniter. I stockholmstrakten är de yngre graniterna vanligtvis inhomogena genom betydande inslag av ytbergarter och äldre granitoider.

5 Mineral och bergartsresurser

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

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

Information om länets gruvor och bergtäkter har huvudsakligen hämtats från de befintliga berggrundskartorna i skala 1:50 000 och 100 000 /8, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 15, 16, 17, 18/, den preliminära översiktliga berggrundskartan Uppsala /19/, Malm i Sverige del 1 /22/, Riksantikvarieämbetets inventering av natursten i byggnader /23/, en inventering av kvarts och fältspatförekomster i Sverige /24/ samt SGUs register över bergtäkter som är baserat på uppgifter från länsstyrelsen. Uppgifter om pågående prospektering kommer från Bergmästarämbetet via SGUs Mineralkontor i Malå.

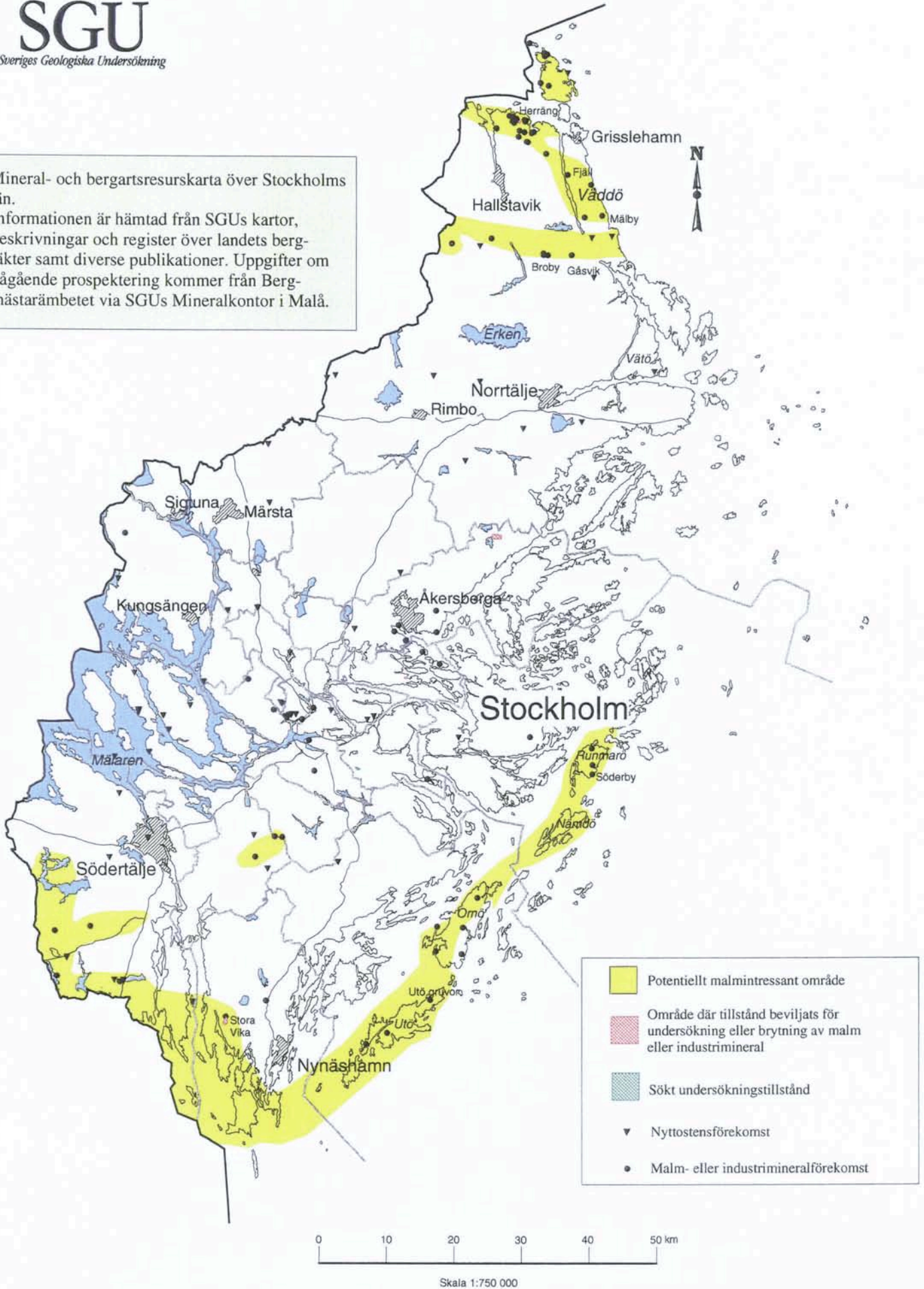
Översikt över mineral- och bergartsresurser

Länets malmfyndigheter utgörs huvudsakligen av järnmalmer knutna till de metavulkaniska bergarterna i Stockholms skärgård och i länets nordligaste del, se Figur 10. Enstaka järnmalmförekomster finns också i länets sydvästra del. Tillsammans med järnmalmerna finns lokalt också mindre förekomster med koppar, zink och bly.

För närvarande pågår ingen malmbrytning i Stockholms län. Ett fåtal mindre områden är dock beviljade för prospektering efter koppar, zink och nickel. Ett område där undersökningstillstånd för guld och silver har ansökts finns också.

Den grå jämnkorniga ”Stockholmsgraniten” har varit föremål för brytning, som råvara till gat- och kantsten, på ett stort antal platser inom länet. Vid sidan om granitbrytning har också kvarts och fältspat brutits i pegmatiter på några platser, t.ex. i Åkersbergatrakten och på Runmarö och Ornö. Produktion av krossberg sker idag på ca ett tiotal platser i länet.

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



Figur 10. Mineral och bergartsresurskarta över Stockholms län (sammanställning augusti 1997).

Metalliska mineralresurser

Järnmalmsbrytning finns dokumenterat från ett flertal platser inom länet och följer huvudsakligen utbredningen av de metavulkaniska bergarterna. Den största malmproduktionen har skett vid Herräng i länets nordligaste del och på Utö i Stockholms södra skärgård. Mindre förekomster finns också på Vaddö och i ett stråk vidare väster ut samt i ett par områden öster och söder om Södertälje, se Figur 10.

Herrängsfältets malmer utgörs huvudsakligen av magnetitskarnmalmer och är i stora delar också rikt impregnerade med sulfidmineral. Brytningen i Herräng upphörde 1961. På norra Vaddö har också järnmalm brutits i liten omfattning på några platser. Den största av dessa är Mälby gruvor som brutits till 96 m djup. På fastlandet fortsätter järnmalmsstråket med Gåsviks- och Broby gruvor vilka är knutna till ett mindre kalkstenslager i de äldre granitoiderna.

Järnmalmen på Utö bröts troligen redan på 1500-talet och har sedan dess brutits under olika perioder fram till slutet av 1800-talet. Malmen utgörs huvudsakligen av kvartsbandade järnmalmer med inslag av skarnjärnmalm och dolomitisk kalksten. Stora delar av järnmalmerna är också kraftigt impregnerade av sulfidmineral såsom magnetkis, zinkblände och blyglans. Blyglansen är något silverhaltig varför försöksbrytning av silver skedde under 1600-talet, dock utan större framgång. Lokalt förekommer också litium-förande pegmatitgångar. Grundämnet litium upptäcktes för första gången i början av 1800-talet i mineral från Utö.

Den malmförande zonen på Utö fortsätter vidare åt norr via öarna Ornö, Nämndö och Runmarö. Där uppträder dock inga järnmalmer utan endast smärre sulfidmineraliseringar. En mindre brytning av zink- och blymalm har skett vid Söderby på Runmarö för framställning av zinkbaserat färgpigment, se Figur 10.

Under 1980-talet genomförde staten en större prospekteringskampanj efter silver i kristallin kalksten. Detta resulterade i ett flertal mindre förekomster i Södermanland och i sydvästra delen av Stockholms län /25/.

Vid Fjäll på norra Vaddö finns en mindre volframmineralisering knuten till granatskarn, se Figur 10.

Icke-metalliska mineralresurser

Produktionen av kvarts och fältspat från pegmatiter var i början av 1900-talet betydande inom Stockholms län. De flesta av de brutna förekomsterna var koncentrerad till Åkersbergatrakten och öarna Runmarö och Ornö, se Figur 10. Fyndigheterna vid Åkersberga bröts fram till mitten av 1940-talet. För närvarande sker ingen produktion inom länet.

Grafit är relativt vanligt förekommande i de metasedimentära gnejserna och smärre förekomster finns rapporterat från ett flertal platser i länets södra delar /25/. Någon produktion har dock aldrig skett från dessa förekomster.

Nyttosten

Inom Stockholms län finns ett stort antal platser där nyttosten brutits för olika ändamål, se Figur 10. Huvuddelen av dessa är bergtäkter för krossberg och produktion sker idag på ca ett tiotal platser. Tidigare, fram till mitten av 1940-talet, bröts "Stockholmsgranit" på ett flertal platser för bl.a. tillverkning av gat- och kantsten. Den största produktionen har skett i Solna-trakten och vid Stenhamra på Färingsö i Mälaren. Så sent som för något år sedan bröts äldre granit på Vätö nordost om Norrtälje i liten skala.

Pågående prospektering

Stockholms län tillhör inte de mest prospekteringsintressanta länen i landet och beviljade undersökningstillstånd (röd färg i Figur 10) finns endast på ett fåtal platser (samtliga till privatpersoner). Dessa är i huvudsak beviljade för koppar- och nickelprospektering med undantag för ett undersökningstillstånd för wollastonit och arsenik vid Stora Vika i länets södra del. Vid Herräng finns också ett gammalt utmål på järn. För närvarande finns endast en ansökan i Stockholms län om undersökningstillstånd hos bergmästarämbetet (grön färg i Figur 10) och den gäller guld, silver, koppar och zink.

Potentiellt prospekteringsintressanta områden

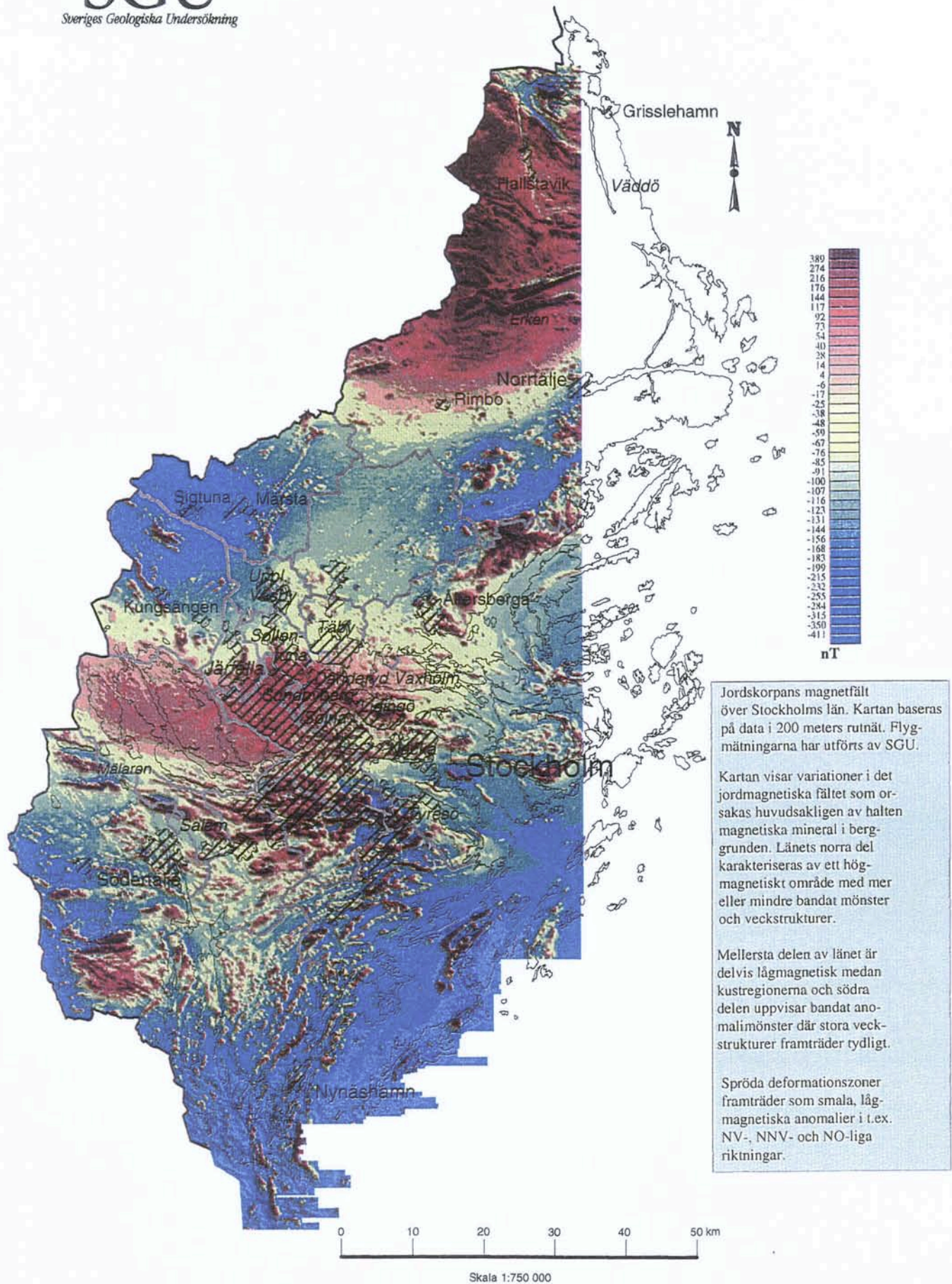
Potentiellt prospekteringsintressanta områden har markerats med gul färg i Figur 10. Dessa områden följer huvudsakligen de stråk med kristallin kalksten och metavulkaniska bergarter inom vilka mineraliseringar eller tidigare kända malmförekomster uppträder. De flesta av dessa fyndigheter är små och har i många fall varit utan större ekonomisk betydelse. Fyndigheterna visar dock att malmbildande processer har varit aktiva och det är därför naturligt att anta att framtida prospektering i regionen i första hand kommer att förläggas till dessa områden.

6 Deformationszoner

Definitioner och metodik

En *deformationszon* är en svaghetszon utefter vilken berggrunden på ömse sidor av zonen har rört sig i förhållande till varandra. Sker deformationen på stora djup under varma förhållanden deformeras bergarterna plastiskt, 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 bildades 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 /12, 13, 14, 15, 16, 17, 18, 26, 27, 28, 29, 30, 31, 32, 33, 34, 35/. Hänsyn har också tagits till redan utförda sammanställningar av dessa mätningar i digital form /36 samt pågående arbete av S. Bergman och L. Persson/. I områden där befintlig fältinformation är sparsam, t.ex. i den norra delen av länet, har formlinjerna kompletterats med tolkning av bandade anomalimönster på den flygmagnetiska kartan, se Figur 11,



Figur 11. Flygmagnetisk karta över Stockholms län

s.k. *magnetiska konnektioner*. Befintliga sammanställningar av magnetiska konnektioner /36/ har utnyttjats. Flygmätningarna i länet har utförts av SGU.

Formlinjer och magnetiska konnektioner återspeglar berggrundens storskaliga strukturriktningar. Sammanställning av dessa linjer ger ofta en antydning om förekomsten av plastiska skjuvzoner och mellanliggande domäner. Domänerna mellan skjuvzonerna kan utgöras av områden med regionalt mer homogen deformation eller områden med odeformerade bergarter. Plastiska skjuvzoner har markerats där planstrukturerna i långsmala stråk avviker i riktning från omgivande områden. Dessa zoner utmärks också av att planstrukturerna i den omgivande berggrunden ofta är inböjda mot skjuvzonerna. Förekomsten av starkt förskiffrade bergarter och myloniter är karakteristiskt för plastiska skjuvzoner och sådana bergarter har dokumenterats i vissa av de zoner som markerats i länet. Vid identifiering och begränsning av plastiska skjuvzoner har också flygmagnetiska data, se Figur 11, använts.

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

På kartan i Figur 13 visas tolkade sprickzoner och plastiska skjuvzoner samt formlinjer och magnetiska konnektioner. Vidare visas diabaser och yngre graniter/pegmatiter som vanligtvis är massformiga. Kartan över deformationszoner, se Figur 13, återspeglar zoner som är tolkade i samband med denna studie. Endast ett fåtal av dessa zoner är något belagda (se nedan) och de flesta zonerna behöver kontrolleras i fält innan deras existens och utbredning kan fastställas. Kartan bör därför tills vidare betraktas med försiktighet.

Plastiska skjuvzoner

Berggrundens strukturriktningar i Stockholms län varierar starkt beroende på storskalig veckning och inböjning av planstrukturerna mot de förmodade plastiska skjuvzonerna. Den regionala variationen i formlinjernas och de magnetiska konnektionernas orientering visar på förekomsten av en storskalig, S-formad veckstruktur inom länet. Norr om Stockholm, ända upp till sjön Erken nordväst om Norrtälje, har formlinjerna i domänerna mellan de förmodade plastiska skjuvzonerna huvudsakligen en NNO- till NO-lig orientering. Stockholmsområdet däremot karakteriseras av intensiv veckning och varierande orientering av formlinjer och magnetiska konnektioner med dominerande riktningar i NV till O-V men även N-S. Söder om Stockholm är strukturerna åter mer regelbundet planfolierade i NO- till N-S-lig riktning.

Som framgår av Figur 13 har ett antal plastiska skjuvzoner framtolkats. Dessa zoner är upp till flera kilometer breda och kan tillhöra ett regionalt betydelsefullt system av plastiska deformationszoner i den östra delen av centrala Sverige /37/. Den mest framträdande zonen, vilken utgör den östliga fortsättningen på den s.k. Singöskjuvzonen /36, 38/, förekommer nordväst om Grisslehamn i den norra delen av länet och stryker i VNV-lig riktning. Plastiska skjuvzoner i O-V- till VNV-lig riktning är också antydda i Stockholmsområdet i den centrala delen av länet där myloniter är vanliga /12/. Dessa fortsätter västerut mot trakten av Enköping (Uppsala län) och Eskilstuna (Södermanlands län) på den norra respektive södra sidan av

Mälaren. Skjuvzoner med NO-lig och även NNO-lig orientering förekommer företrädesvis norr om Stockholm.

Sprickzoner och förkastningar

Spröda deformationszoner utgörs vanligen av krossat berg vilket gör dem lättroderade. De uppträder vanligen som långsmala sänkor eller branter i terrängen. Bredden kan vara upp till flera hundra meter. Sprickzoner kan vara öppna och oläkta eller läkta och cementerade av 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 flygmagnetiska data. I håll kan dock små, flacka sprickzoner påträffas. Även inom de berggrundsblock som definieras av ett särskilt sprickzonsmönster förekommer sannolikt ännu mindre sprickzoner och sprickor, vilkas utbredning måste klarläggas vid mer detaljerade studier.

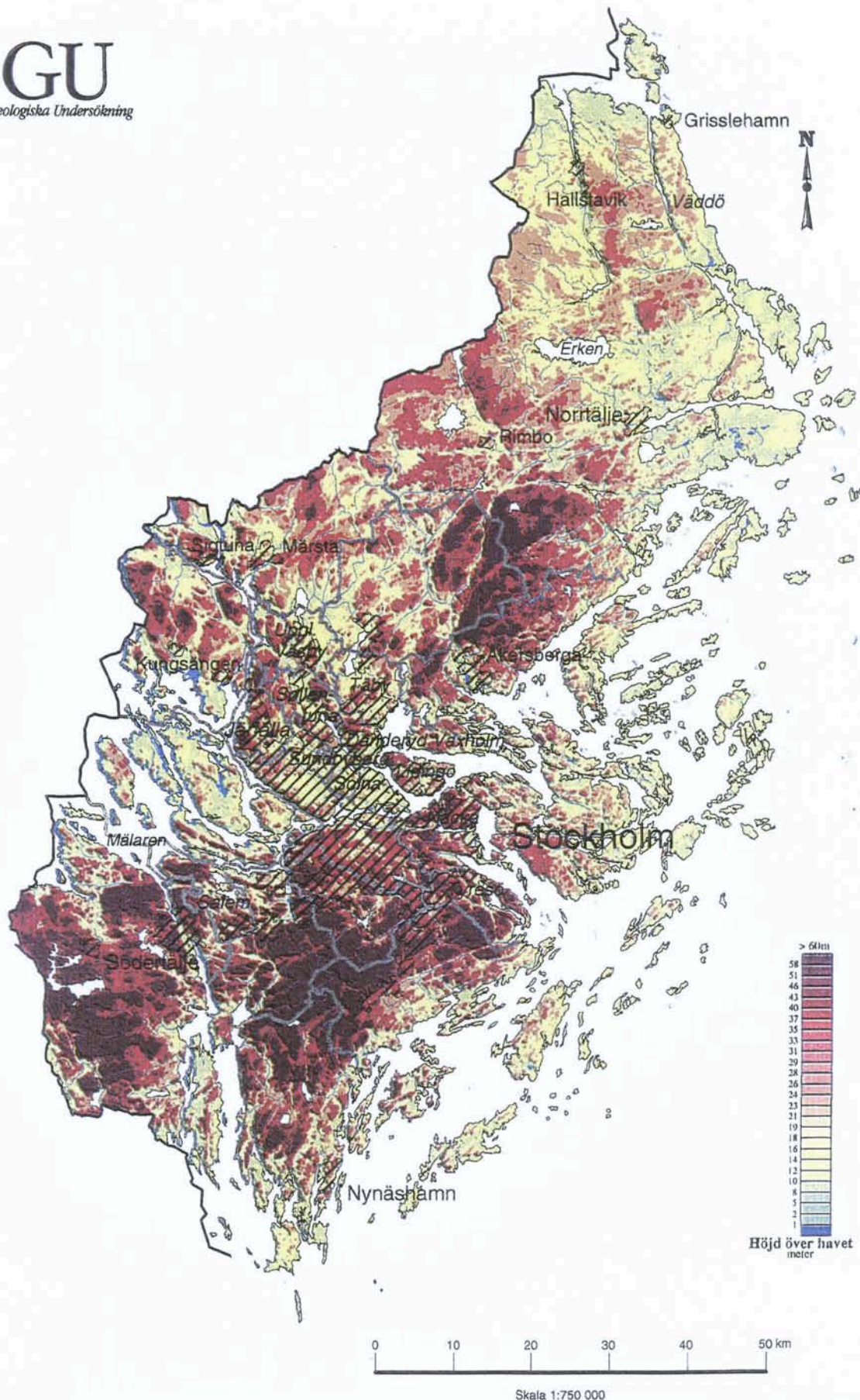
Sprickzonernas orientering inom Stockholms län varierar men domineras av tre olika riktningar, nämligen O-V till VNV, ONO till NO och NNV till N-S, se Figur 13. Generellt sett ger Figur 13 intrycket att berggrunden i länets norra delar är mindre uppsprucken än i resten av länet, som är präglad av många och mindre berggrundsblock. Denna slutsats kan dock vara skenbar, då man måste beakta att länets norra delar uppvisar en lägre topografisk relief, speciellt jämfört med området söder om Stockholm, varför höjddata är mindre användbart, samt att flygmagnetiska data saknas i kustregionen.

Deformationszoner i tid och rum

De äldsta deformationszonerna i Stockholms län är de plastiska skjuvzonerna i vilka deformationen kan begränsas till tidsintervallet ca 1850-1600 miljoner år. Dessa zoner bildades på mer än 10-15 kilometers djup. Som framgår av Figur 13 förekommer sprickzoner utmed flera av de plastiska skjuvzonerna, vilket tyder på att dessa reaktiverats vid senare spänningsutlösningar när bergarterna låg högre upp i jordskorpan. Andra sprickzoner, t.ex. de som stryker NNV till N-S, bildar ett eget system och korsar över de äldre, plastiska zonerna.

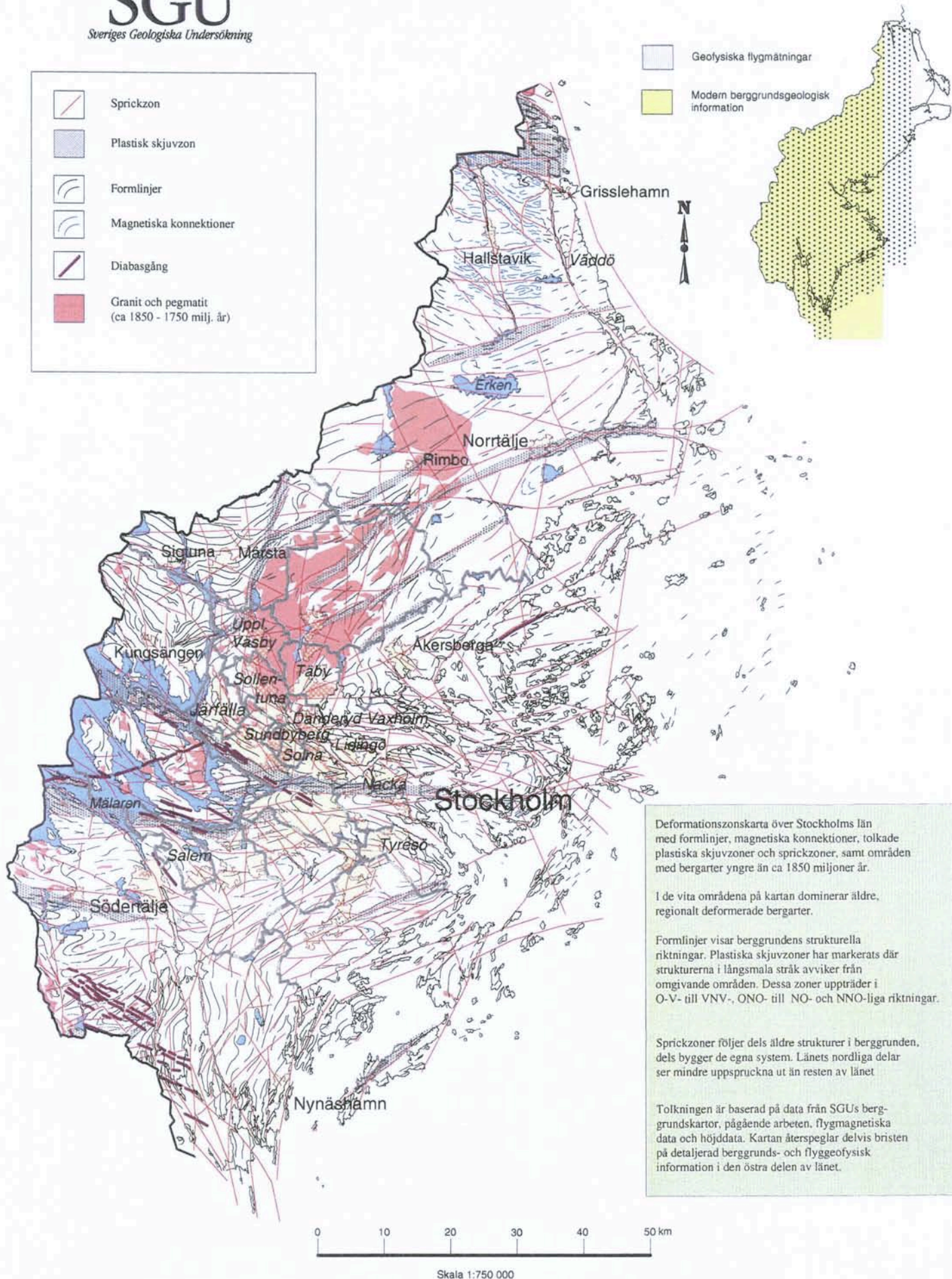
Den exakta åldern av sprickzonerna i länet är svårbestämd. De bildades under den långa tidsrymden från ca 1600 miljoner år och framåt i tiden, och rörelser har förmodligen skett åtskilliga gånger längs vissa förkastningar. Förkastningen som stryker i NNV-lig riktning längs länets raka NO-liga kust, utanför Vaddö, begränsar ett brett område mot öster under Ålands hav i vilket sandsten av jotnisk ålder förekommer /se också 39/. Förkastningsrörelser längs denna viktiga sprickzon kan sålunda vara samtida med eller senare än avsättningen av sandstenen, d.v.s. senare än för ca 1500 miljoner år sedan. Den nuvarande berggrundsytan i länet motsvarar i grova drag den plana erosionsyta som utbildades i senprekambrisk tid (före 545 miljoner år sedan), det s.k. subkambriska peneplanet. Stora nivåskillnader i denna berggrundsytan över korta avstånd beror på förkastningsrörelser efter denna tid. Detta gör det möjligt att avgöra de relativa rörelserna åtminstone efter för ca 545 miljoner år sedan för några av de större förkastningarna. I Figur 12 syns t.ex. att det östra blocket rört sig uppåt längs de NNV-liga förkastningarna vid Rimbo och Hallstavik, och att det sydöstra blocket har höjts längs en NO-lig förkastning söder om Rimbo.

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



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

Figur 12. Höjdreliëfkarta över Stockholms län



Figur 13. Deformationszonskarta över Stockholms län

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

Kännedomen om jordartsgeologin i Stockholms län grundar sig främst på den kartläggning som SGU genomfört under åren 1964 till 1997, och som presenterats i SGU serie Ae /8, 9, 10, 11, 40, 41, 42, 43, 44, 45, 46, 47, 48/ eller är under arbete (C. Persson), samt på olika specialarbeten. Inom delar av skärgården sydost om Stockholm saknas moderna jordartskartor.

Isavsmältning och postglacial utveckling

Den senaste inlandsisen avsmälte från området mellan 11 400 och 10 100 år sedan /49/, och isfronten var i stort sett orienterad i O-V. Över områdets sydligaste del var isavsmältningen långsam, 20-50 m per år. Troligen låg fronten periodvis också stilla. Den långsamma isavsmältningen orsakades av en förändring till kallare klimat under en period som varade 800 till 1 000 år och som benämns Yngre Dryas. För ca 10 700 år sedan inträdde en markant klimatförbättring, och isavsmältningen ökade till 200 till 300 m per år i områdets mellersta och norra delar. Under nedisningens huvudskede beräknas istäckets mäktighet ha varit mellan 2 000 och 2 500 m /50/, medan mäktigheten vid fronten var avsevärt mindre. Den högsta nivå till vilken dåtida Östersjön nådde (högsta kustlinjen, HK) var drygt 150 m över nuvarande havsyta. När landisen avsmälte började den av landisen nedtryckta jordskorpan att höja sig, först snabbt, senare i allt långsammare takt. De högst belägna områdena i länet, som ligger på Södertörn och når ca 110 m över havet, stack upp över havsytan för ca 10 500 år sedan. Strandförskjutningen är idag mellan 0,3 och 0,4 m/100 år i områdets södra del och drygt 0,5 m/100 år i dess norra del. Strandförskjutningen är idag samma som landhöjningen eftersom havsytans nivå är i stort sett konstant. Jordarterna har bildats i samband med den senaste landisens avsmältning, s.k. glaciala jordarter, och tiden därefter, s.k. postglaciala jordarter.

Jordarter och jorddjup

Bergblottningsgrad och jordartsfördelning

Bergblottningsgrad och jordartsfördelning framgår av översiktskartan i Figur 14. Berget har mycket hög blottningsgrad på Södertörn söder om Stockholm, i hela skärgården, norr om Åkersberga, på norra Vaddö och på fastlandet väster om Vaddö. Även inom övriga delar av länet är berget tämligen väl blottat. Morän är den dominerande jordarten i främst området norr om Stockholm, men har ganska obetydlig utbredning på Södertörn. Isälvs sediment har störst utbredning söder om Stockholm, där de ofta förekommer som stora deltaliknande avlagringar. Norr om Stockholm bildar isälvsavlagringarna vanligen åsar. Finkorniga sediment dominerar på Södertörn och i mälardalsregionen. Torvmarker, såväl kärr som mossar, förekommer ganska allmänt, men de är vanligen små. En schematisk karta över jorddjupen i länet presenteras i Figur 15.

Glaciala jordarter

Morän är det av landisen upplockade, bearbetade och avlagrade osorterade materialet. Moränen i området är övervägande sandig med normalblockig yta. Lokalt förekommer ytor som är blockrika och storblockiga, som t.ex. inom ett område nordost om Rimbo. På vissa ställen förekommer rikligt med små moränryggar av typ De Geermoräner t.ex. i området ca 10 km SSO om Sigtuna och på Stäksön, strax öster om Kungsängen. I Roslagen finns stora områden med lerig morän, och även moränlera förekommer. Dessa moräntyper, som är kalkhaltiga, har

vanligen normalblockig eller blockfattig yta, se Figur 16a. Den sandiga moränens mäktighet varierar. Inom områden med täta hållblottningar är moräntäcket vanligen högst ca 5 m, medan mäktigheten inom stora sammanhängande moränområden kan vara upp till 10 m. Lokalt har noterats moränmäktigheter på 10-20 m. Inom stora sammanhängande områden med lerig morän och moränlera är moränmäktigheten ofta omkring 10 m.

Isälvsediment har transporterats och sorterats i isälvar i och under isen och avlagrats vid isfronten under avsmältningen. Grus och sand dominerar. På Södertörn söder om Stockholm bildar isälvsedimenten vanligen utbredda, deltaliknande avlagringar, s.k. malmar, se Figur 16b. Dessa sammanbinds till N-S-liga stråk av ofta åsliknande isälvsavlagringar. Inom de stora malmarna kan isälvsedimentens mäktighet uppgå till 40-50 m. Norr om Stockholm är isälvsedimenten koncentrerade till mer eller mindre sammanhängande åsar. Isälvsedimentens mäktighet varierar mycket och är ofta 10-20 m men kan lokalt vara 35-40 m.

Glacial lera har avsatts av smältvatten från den retirerande isen och på ett visst avstånd från fronten. Den glaciala leran har stor utbredning och är i länets södra del den dominerande jordarten. Mäktigheten varierar. I länets södra del är leran ofta omkring 10 m, i stora dalgångar och bassänger 10-20 m, lokalt upp till 30 m. I länets norra del är den glaciala leran vanligen omkring 5-10 m, lokalt 20 m.

Postglaciala jordarter

Postglaciala sediment utgör omlagringsprodukter av glaciala jordarter och har bildats efter det att landisen lämnat området. Svallsediment i form av klapper, se Figur 16c, grus och sand uppträder i anslutning till isälvsavlagringar och exponerade moränhöjder. Mäktigheten är vanligen några meter men kan, främst i anslutning till de stora åsarna, vara betydligt större. I Stockholm har intill åsen noterats 20-25 m mäktiga lager av svallsand.

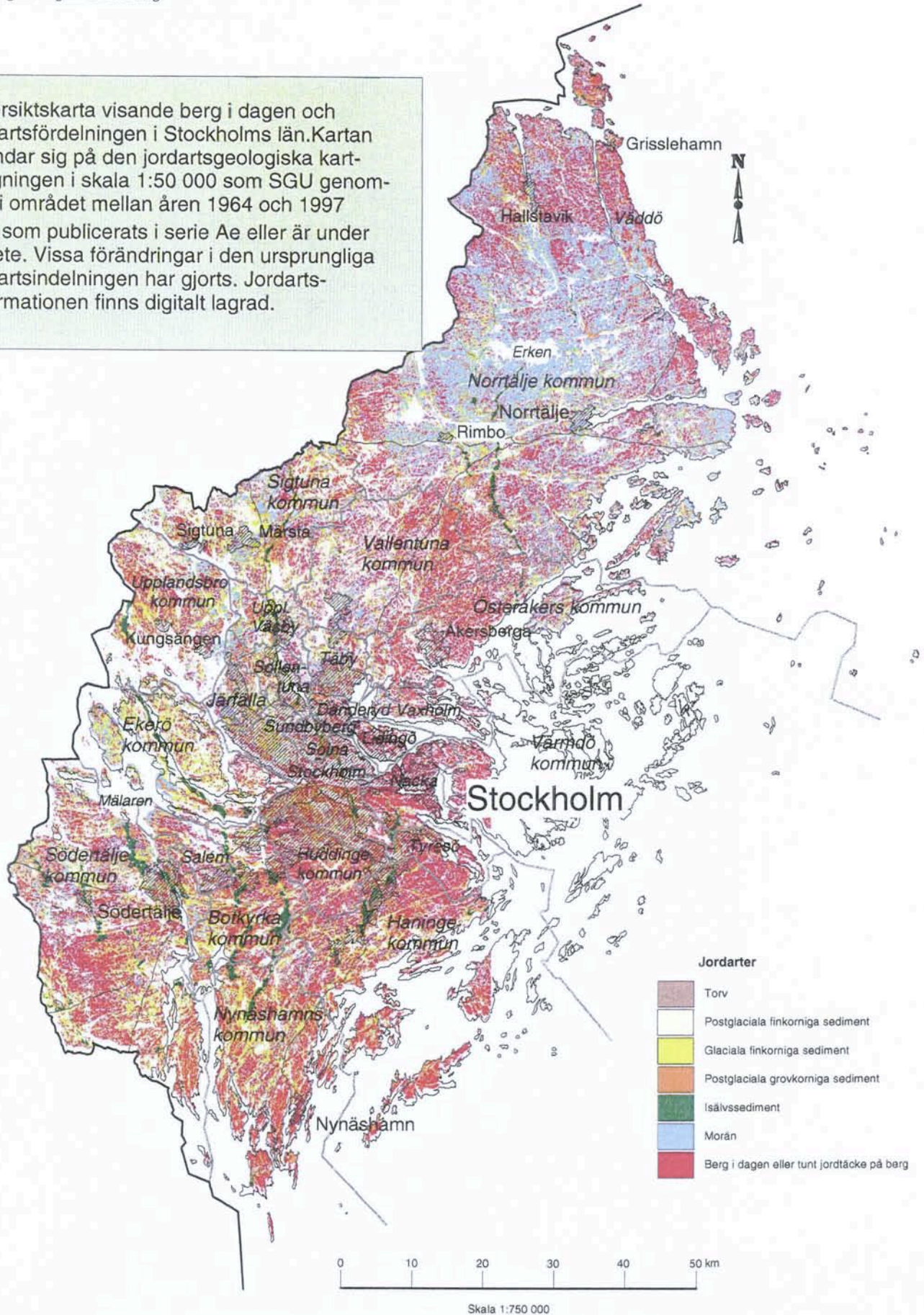
Postglaciala finkorniga sediment, vanligen olika leror, har avsatts i vikar och avsnörda bassänger. Dessa leror är grå till färgen och ofta 1-4 m, i undantagsfall närmare 10 m mäktiga. De överlagrar i regel glacial lera och förekommer i de lägsta delarna av sänkor och dalgångar. Stor utbredning har postglaciala leror främst i anslutning till Mälaren och inom låglänta områden norr och öster om Sigtuna.

Organiska jordarter domineras av torv. Torvmarker, såväl kärr som mossar, förekommer spridda i området. Flertalet torvmarker är små. I det höglänta Hanveden, ca 20 km söder om Stockholm, förekommer torvmarker allmänt i sänkor mellan berghällarna. En del något större torvmarker finns t.ex. intill Pålalm, ca 20 km söder om Stockholm, och norr och nordost om Märsta. Torvmäktigheten är vanligen mellan 1 och 5 m.

Sen- och postglaciala rörelser i jordskorpan inkluderande jordskalv

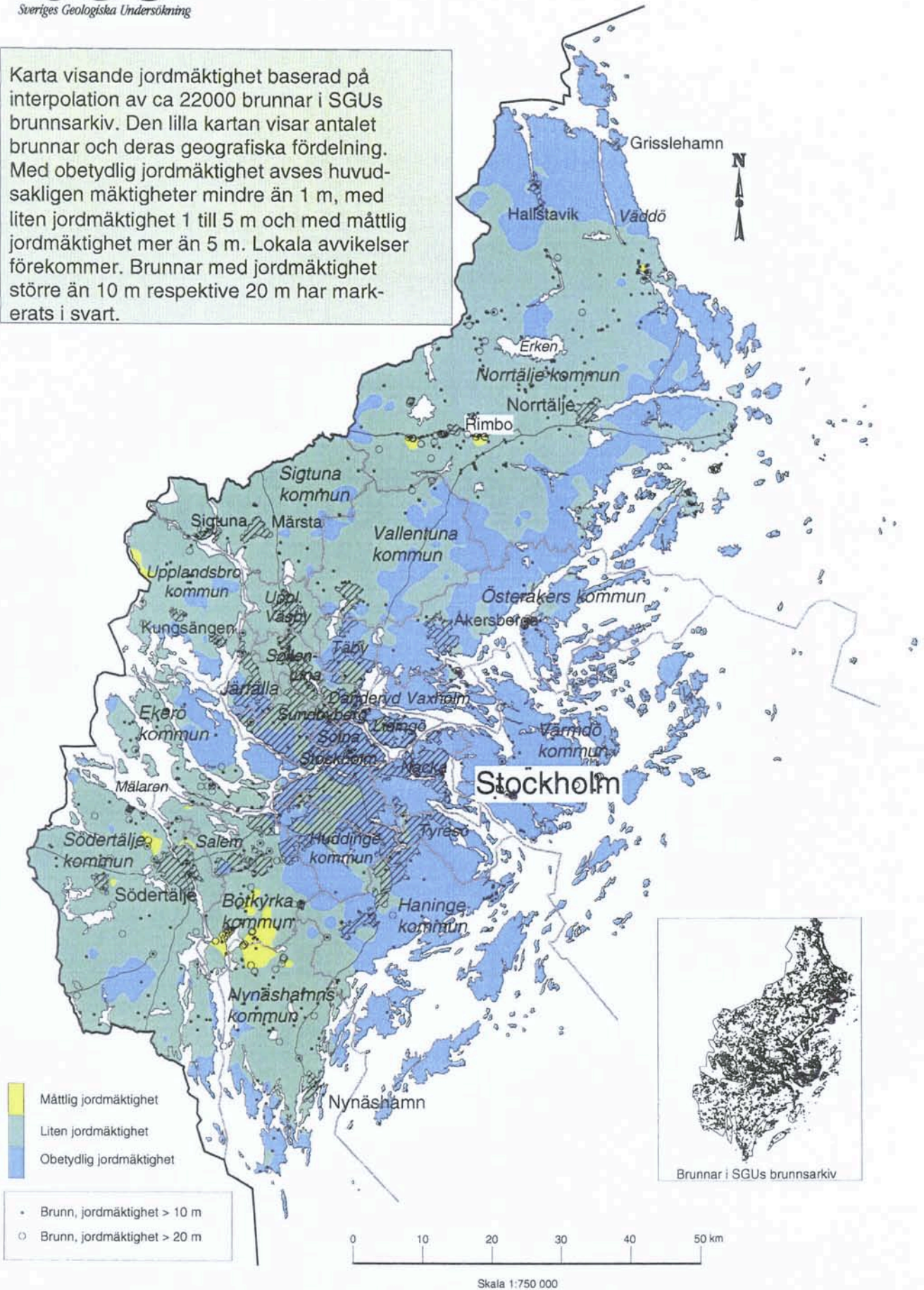
Sen- och postglaciala rörelser i jordskorpan, vilka ger sig tillkänna som sprickbildningar, förkastningar och seismisk aktivitet, har dokumenterats från norra Sverige /51, 52/. En granskning och sammanfattning av denna typ av rörelser i Sverige har gjorts av Muir Wood /53/. Mörner /54, 55, 56/ anser att sådana rörelser förekommit också i andra delar av landet, huvudsakligen som en följd av den snabba landhöjningen, och att vissa blockrika De Geermoräner i Bromma i Stockholm är betingade av seismisk aktivitet. Också Gillbergagrytet, se Figur 16d, ett extremt blockrikt område ca 6 km sydväst om Hallstavik, har anförts som ett resultat av

Översigtskarta visande berg i dagen och jordartsfördelningen i Stockholms län. Kartan grundar sig på den jordartsgeologiska kartläggningen i skala 1:50 000 som SGU genomfört i området mellan åren 1964 och 1997 och som publicerats i serie Ae eller är under arbete. Vissa förändringar i den ursprungliga jordartsindelningen har gjorts. Jordartsinformationen finns digitalt lagrad.

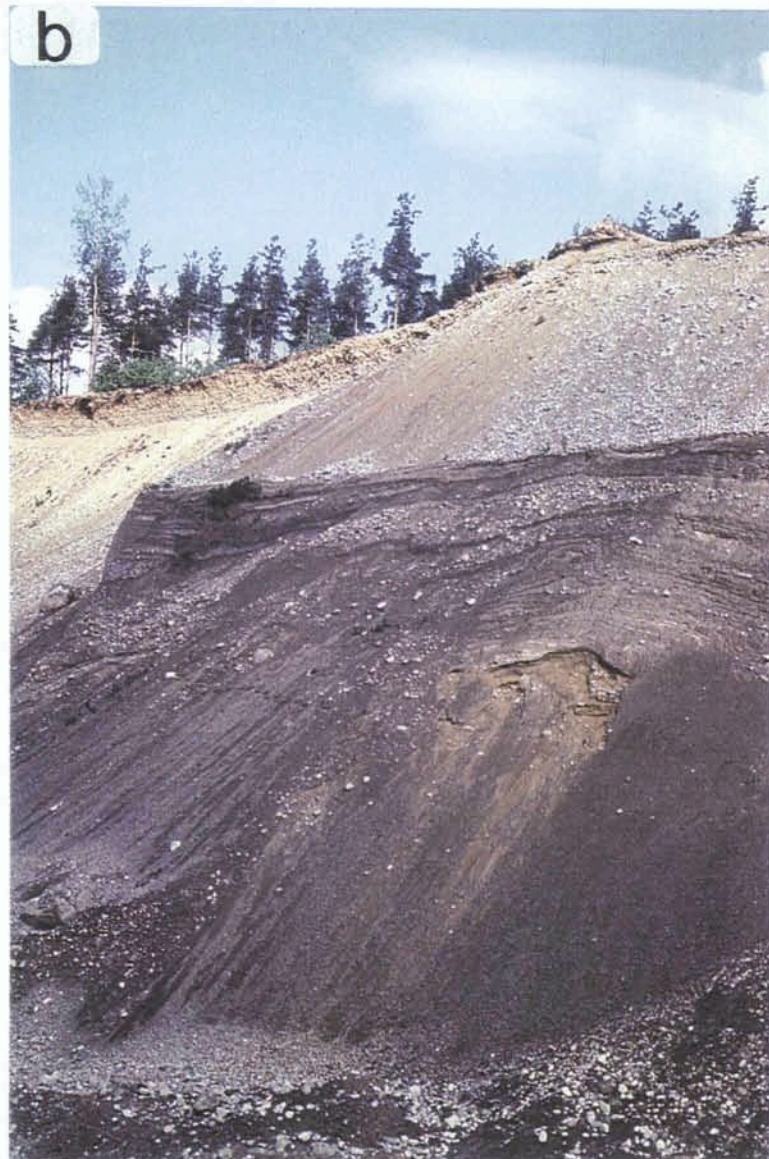


Figur 14. Översigtskarta visande berg i dagen och jordartsfördelningen i Stockholms län (sammanställning augusti 1997)

Karta visande jordmäktighet baserad på interpolation av ca 22000 brunnar i SGUs brunnarkiv. Den lilla kartan visar antalet brunnar och deras geografiska fördelning. Med obetydlig jordmäktighet avses huvudsakligen mäktigheter mindre än 1 m, med liten jordmäktighet 1 till 5 m och med måttlig jordmäktighet mer än 5 m. Lokala avvikelser förekommer. Brunnar med jordmäktighet större än 10 m respektive 20 m har markerats i svart.



Figur 15. Jordmäktighet i Stockholms län (sammanställning augusti 1997)



Figur 16. Jordarter i Stockholms län. a) Lerig morän har stor utbredning i länets norra del, där också moränlera förekommer. Båda moräntyperna innehåller ordovicisk kalksten och har i regel blockfattig yta, vilket gör dem lämpliga som odlingsmark, som t.ex. söder om sjön Erken norr om Norrtälje. Bilden är tagen vid N. Järsö strax nordost om Erken. Foto C. Persson 1989. b) De stora isälvsavlagringarna på Södertörn har ofta deltaliknande form, som Pålamalm ca 20 km OSO om Södertälje. Bilden är från avlagringen vid Sorunda, ca 15 km nordväst om Nynäshamn, som enligt undersökningar uppbyggs av upp till 60 m sand och grus. Foto C. Persson 1975



Figur 16. Jordarter i Stockholms län. c) När landet höjde sig ur havet utsattes exponerade områden för kraftig svallning av vågorna. Det finkorniga materialet sköljdes bort och kvar blev block och sten, som lokalt bildar klapperfält. Sådana klapperfält, som här på Nåttarö öster om Nynäshamn, påträffas på många ställen i skärgården. Foto C. Persson 1975. d) Gillbergagrytet, som är en samling av extremt många och stora block, kan närmast karaktäriseras som ett uppspräckt hållparti. Man kan på flera ställen se hur de glacialrepade blocken ursprungligen passat ihop. Foto C. Persson 1989

”seismotektoniska” rörelser /57/. Områden med blockrik och storblockig morän finns dock på många ställen i grannskapet, närmast i ett brett N-S-ligt stråk strax väster om länsgränsen i anslutning till sjön Vällen, ca 15 km VSV om Hallstavik. Bortsett från ett antal registrerade jordskalv har inga belägg för sen- och postglaciala rörelser i området framkommit i samband med SGUs jordartsgeologiska kartläggning. De störningar och förkastningar som noterats lokalt i isälvsediment, har under kartläggningen tolkats som orsakade av avsmältning av infrusna isblock, tryckavlastning eller porvattenavgång i samband med eller efter landisens avsmältning.

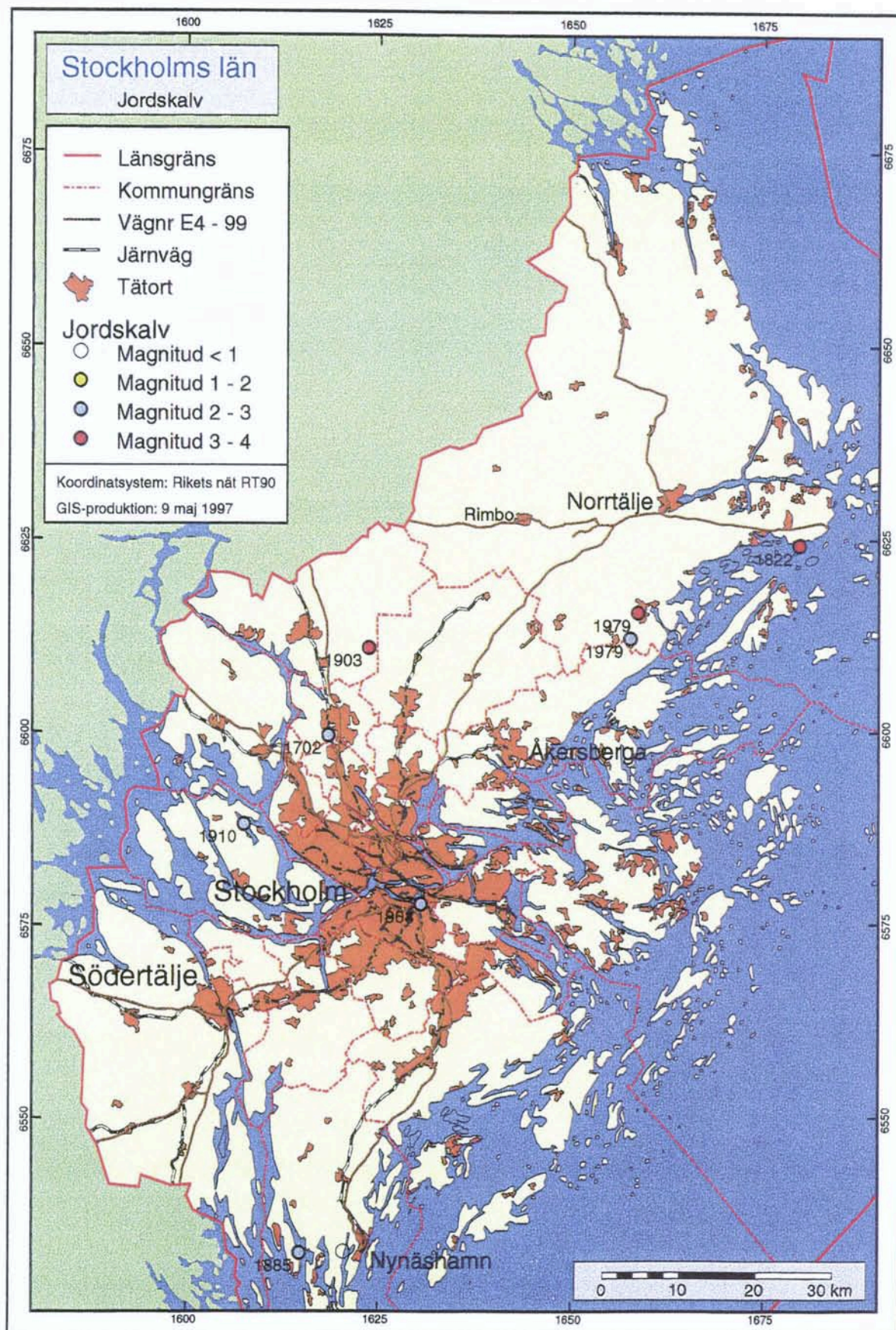
En sammanställning av jordskalv i Norden visar att länet ligger öster om det bälte inom vilket många jordskalv har registrerats och som sträcker sig från sydvästra Sverige till södra norrlandskusten och vidare norrut längs kusten, se Figur 5. Enligt uppgifter från samma databas finns 12 skalv registrerade från länet, se Figur 17. Det äldsta registrerade skalvet är från 1702 i trakten av Upplands Väsby ca 20 km norr om Stockholm och hade magnitud 2,7. Under 1800-talet noterades tre skalv: 1822 på södra Rådmansölandet ca 20 km OSO om Norrtälje med magnitud 3,0, 1853 i Stockholm med magnitud 2,7 och 1885 från södra Södertörn väster om Nynäshamn, också det med magnitud 2,7. Övriga registrerade 8 skalv hänför sig till 1900-talet. 1903 finns en notering från drygt 30 km norr om Stockholm med magnitud 3,0 och från 1904 från Stockholm med magnitud 2,2. 1910 registrerades ett skalv med magnitud 2,2 på Svartsjölandet nordväst om Stockholm. Från år 1979 finns tre registreringar, alla från den 23 december, från ett område ca 15 km söder om Norrtälje. Skalven hade magnitud 0, 2,6 respektive 3,1. Från 1980 finns en registrering från ca 25 km öster om Nynäshamn med magnitud 2,4 och från 1984 en registrering från Nynäshamn med magnitud 0.

8 Hydrogeologi

I grundvattenkartan med beskrivning över Stockholms län /7/ redovisas bl.a. grundvattentillgångar, grundvattnets kvalitet, hydrologi, vattenförsörjning och insamlade grundvattenutredningar. I föreliggande sammanställning av de hydrogeologiska förhållandena i länet har detta material kompletterats med analyser av Lantmäteriverkets höjddata, SMHIs avrinningsdata och data från SGUs brunnsarkiv. Syftet har varit att beskriva grundvattnets strömningsmönster och berggrundens hydrauliska konduktivitet (genomsläpplighet). För att beskriva grundvattnets kemiska status i Stockholms län jämfört med övriga landet har även grundvattenkemiska data från SGUs brunnsarkiv bearbetats.

Grundvattnets bildning och strömning

Grundvattnet ingår i det hydrologiska kretsloppet /5, 58/. Av den nederbörd som faller i länet avdunstar ungefär två tredjedelar /7/. Återstoden tillförs grundvattnet, med undantag för en mindre del, som rinner av från markytan till sjöar och vattendrag. När de övre marklagren har nått en viss vattenmättnad, sjunker överskottet vidare ned i marken och bildar grundvatten. Genom tyngdkraftens inverkan rör sig sedan grundvattnet från högre terrängavsnitt mot lägre. Vilka vägar det tar och hur fort strömningen sker, beror på grundvattenytans lutning samt jordlagrens och berggrundens genomsläpplighet. Områden där grundvattnets strömning är uppåtriktad benämns utströmningsområden. I de fall trycknivån ligger högre än marknivån kan källor och våtmarker bildas. Grundvatten strömmar också ut i botten av sjöar och vattendrag.



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

Grundvattenbildningens storlek bestäms av markens infiltrationskapacitet och den effektiva nederbörden (skillnaden mellan nederbörd och avdunstning). Den effektiva nederbörden i Stockholms län framgår av Figur 18. Den har beräknats utifrån en vidareutveckling av den metod som använts för beräkning av avrinning /59/. Endast en mindre del av det vatten som infiltreras i marken tillförs berggrunden. Detta beror på berggrundens, i jämförelse med jordlagrens, mycket låga genomsläpplighet och obetydliga magasinering förmåga.

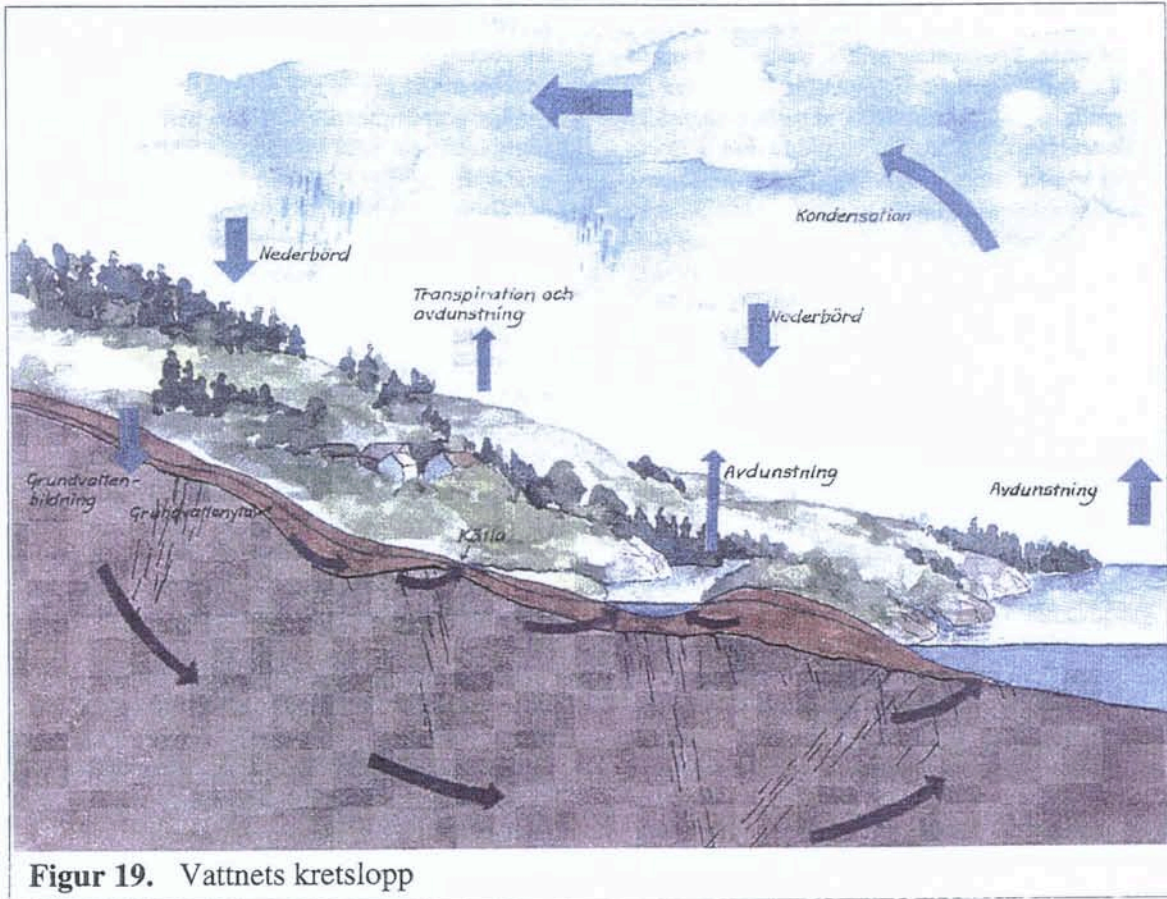
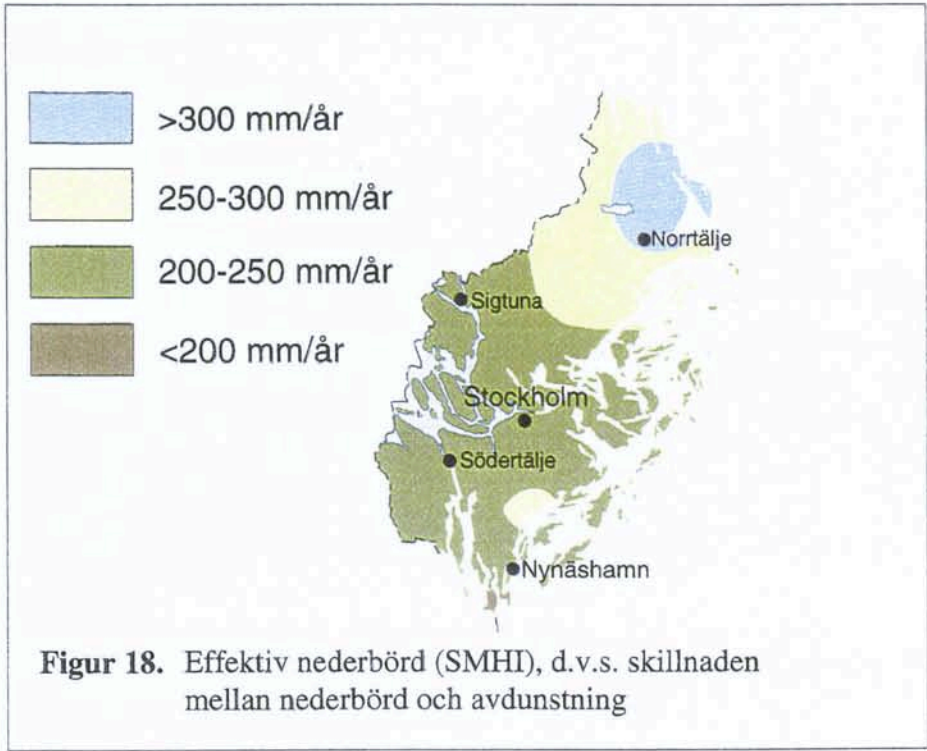
Den ytliga grundvattenströmningen i jordlagren och berggrundens övre delar styrs till största delen av de lokala topografiska förhållandena, se Figur 19 /58/. Uppehållstiden för grundvattnet är kort, innan utströmning sker till lågpunkter i terrängen som våtmarker, källor och recipienter. Den djupare 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 (hydrauliska konduktivitet). 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 Stockholms län är små med en högsta marknivå 110 m.ö.h. Regionala skillnader kan med utgångspunkt från de topografiska förhållandena, se Figur 12, påvisas i länet. Höjdområdena i de södra och sydvästra delarna av länet kan betraktas som inströmningsområden av regional karaktär. Det är i första hand i dessa delar av länet som grundvattnets djupa, långa strömbanor kan utbildas. Grundvattnets strömning i det regionala perspektivet sker sedan mot de låglänta delarna av länet och mot kusten där de långväga strömbanorna i stället blir uppåtriktade. Utströmningen av grundvatten sker i första hand till större vattendrag och sjöar samt till Östersjön.

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. Nuvarande strandförskjutning, vilken är densamma som landhöjningen då havsytans nivå är konstant idag, är mellan 0,3 och 0,4 m/100 år i områdets södra del och drygt 0,5 m/100 år i dess norra del.

Länets sjöar, vattendrag och avrinningsområden med tillhörande vattendelare framgår av Figur 20 /59/. 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 en stor del av Stockholms län sker ytvattnets avrinning via mindre vattendrag till Östersjön och till Mälaren. I de norra delarna av länet sker avrinningen via ett antal åar. Grundvattnets lokala och regionala strömning följer i huvudsak ytvattnets avrinningsvägar. Det kan dock inte uteslutas att grundvatten som bildas i höjdområden utanför länet, utbildar djupa, långa strömbanor som avviker från det regionala avrinningsmönstret, d.v.s. som skär huvudvattendelarna.



Grundvattentillgångar

Grundvattentillgångar av regional betydelse i Stockholms län återfinns i de stora stråken med isälvsavlagringar, t.ex. Stockholmsåsen och Uppsalaåsen /7/. Genom att stora grundvattentillgångar kan lagras och transporteras i isälvsavlagringarna, har dessa fått stor betydelse för den kommunala vattenförsörjningen. I Figur 20 redovisas bedömda grundvattentillgångar i åsarna enligt SGUs grundvattenkarta över Stockholms län /7/. De avsnitt som bedöms ha uttagsmöjligheter överstigande 25 l/s utgör i allmänhet viktiga regionala tillgångar. Övriga åsavsnitt utgör på flera håll viktiga tillgångar för den kommunala vattenförsörjningen lokalt. Även berggrundsvatten nyttjas i den kommunala vattenförsörjningen men några stora tillgångar av regional betydelse bedöms inte förekomma. Däremot utgör berggrundsvattnet en viktig tillgång för den enskilda vattenförsörjningen.

Berggrundens genomsläpplighet

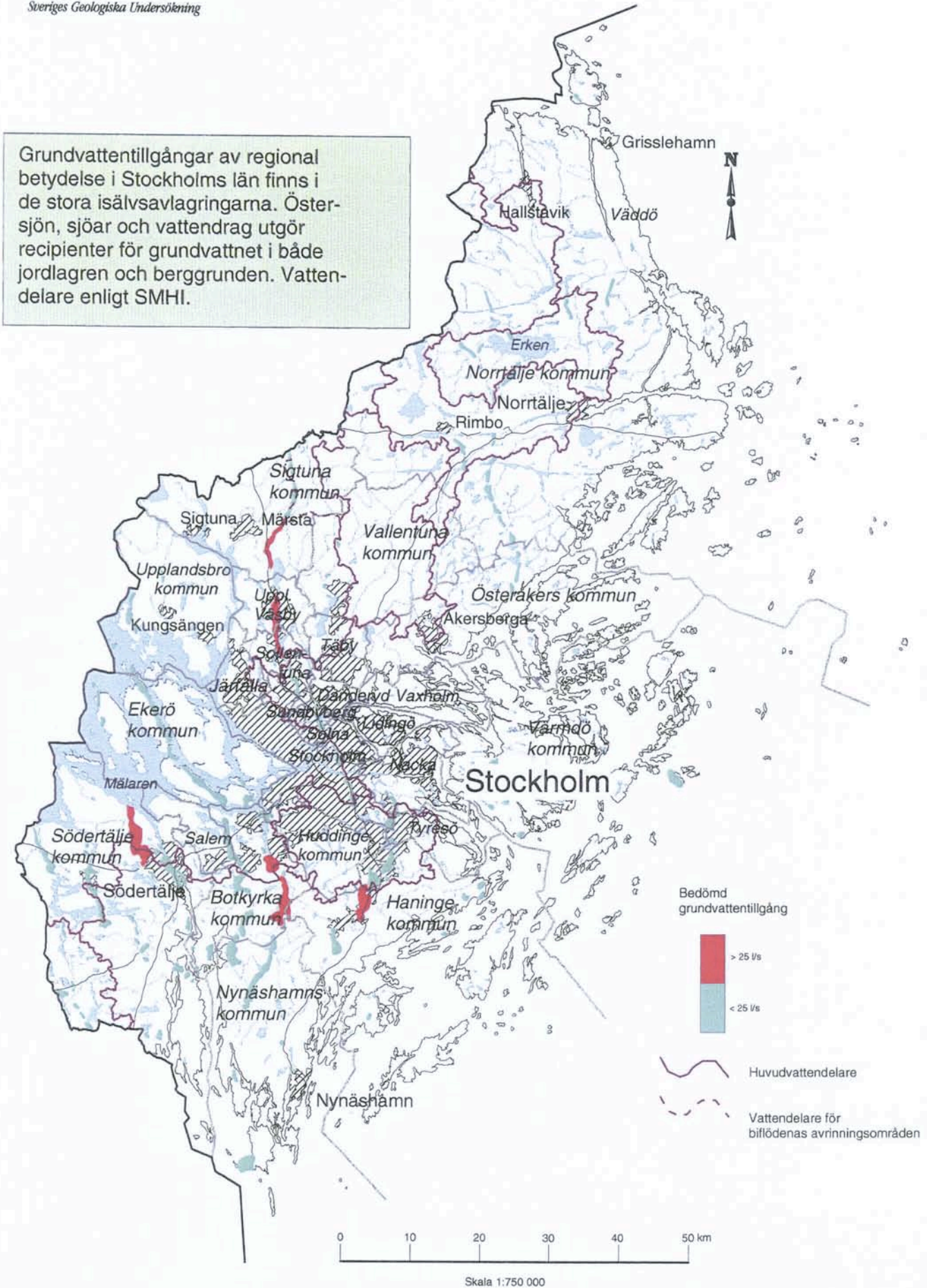
Berggrundens genomsläpplighet (hydrauliska konduktivitet, K) i Stockholms län har beräknats /60/ med hjälp av uppgifter om brunnsdjup, avsänkning och uttagskapacitet från ca 15000 brunnar i SGUs brunnsarkiv. Den beräknade hydrauliska konduktiviteten för brunnarna varierar i allmänhet mellan 10^{-6} och 10^{-9} m/s. Medianvärde för beräknat K är $2,2 \times 10^{-8}$ m/s. Vid beräkningen har brunnar med mindre djup än 20 m i den kristallina berggrunden samt brunnar med större totaldjup än 140 m uteslutits. Vidare har samtliga energibrunnar uteslutits eftersom de vanligtvis är mycket djupa. Koncentrationen av energibrunnar till tätorter skulle därmed geskenbart lägre genomsläpplighet i dessa områden. Beräknade värden bedöms vara representativa för berggrundens genomsläpplighet ned till ca 100 m djup.

Berggrundens hydrauliska konduktivitet har, baserat på en geostatistisk analys, interpolerats över länet, se Figur 21. Resultatet visar de regionala skillnaderna i genomsläpplighet. Lägsta värden erhålls i de södra delarna av länet och högsta värden erhålls i de norra delarna. Lokalt kan dock variationerna vara stora, främst beroende på om vattenförande sprickzoner påträffats vid brunnsborringen. Av figuren framgår därför även läget för samtliga registrerade brunnar i länet med en bedömd uttagskapacitet överstigande 10 000 l/tim (102 st).

Erfarenheter från borrhålsundersökningar visar att genomsläppligheten i den kristallina berggrunden avtar med djupet /61/. 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. Vidare kan förhöjda salthalter i grundvattnet förväntas inom hela länet på de djup som är aktuella för ett förvar. 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.

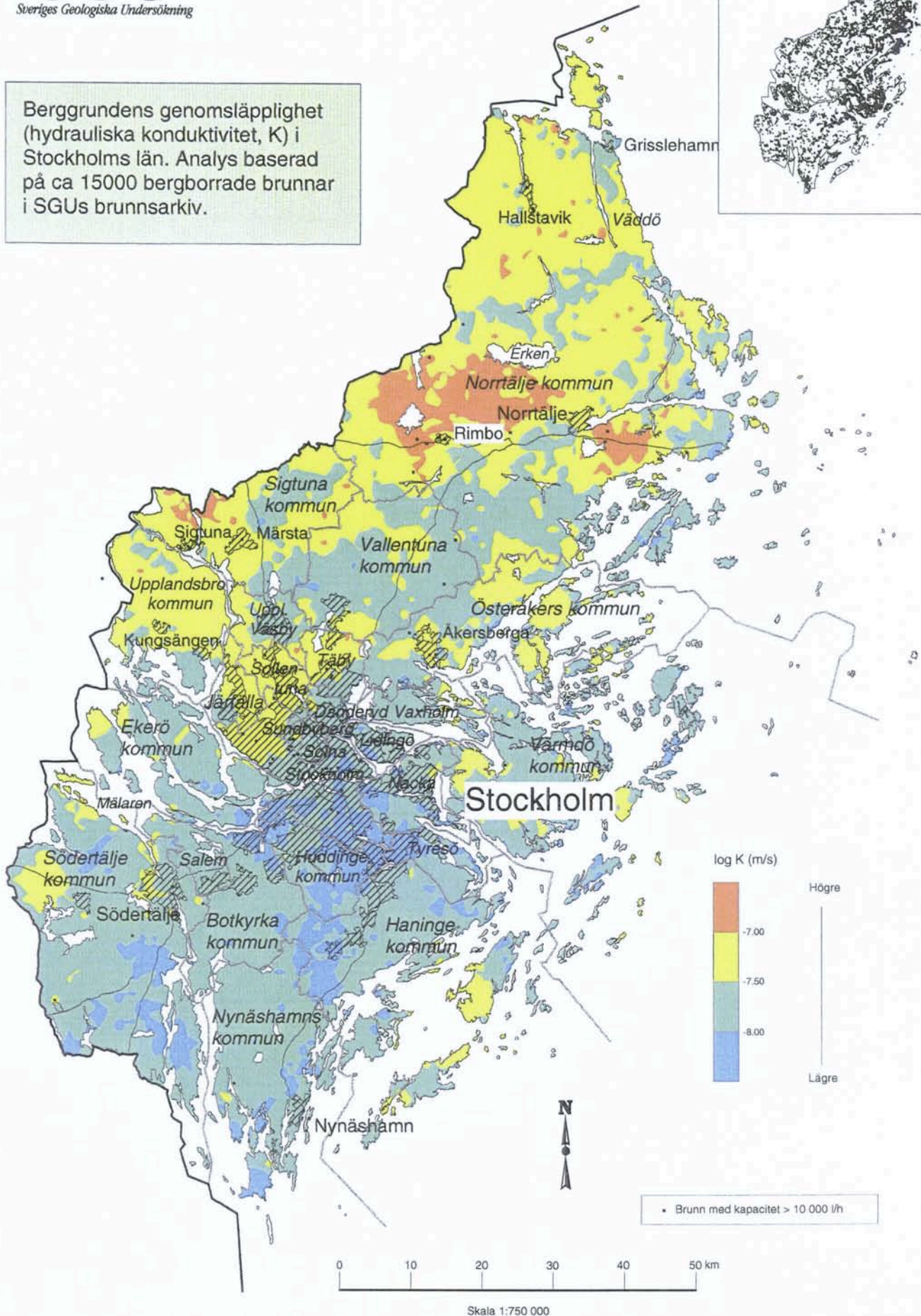
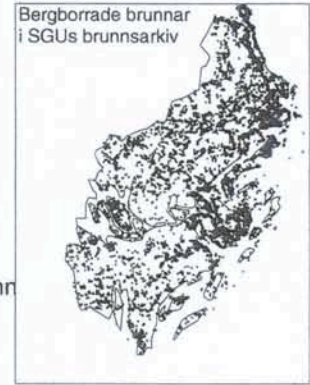
Grundvattnets kemi

Beskrivningen av grundvattnets kemiska tillstånd baseras på en jämförelse mellan ca 1700 bergbörade brunnar i Stockholms län och ca 9 000 brunnar från övriga delen av landet /6/, se Figur 22. Brunnar i lättvittrade, huvudsakligen sedimentära bergarter har inte beaktats. Den grafiska presentationen utgörs av så kallade "box-plottar" där den undre och övre kanten på

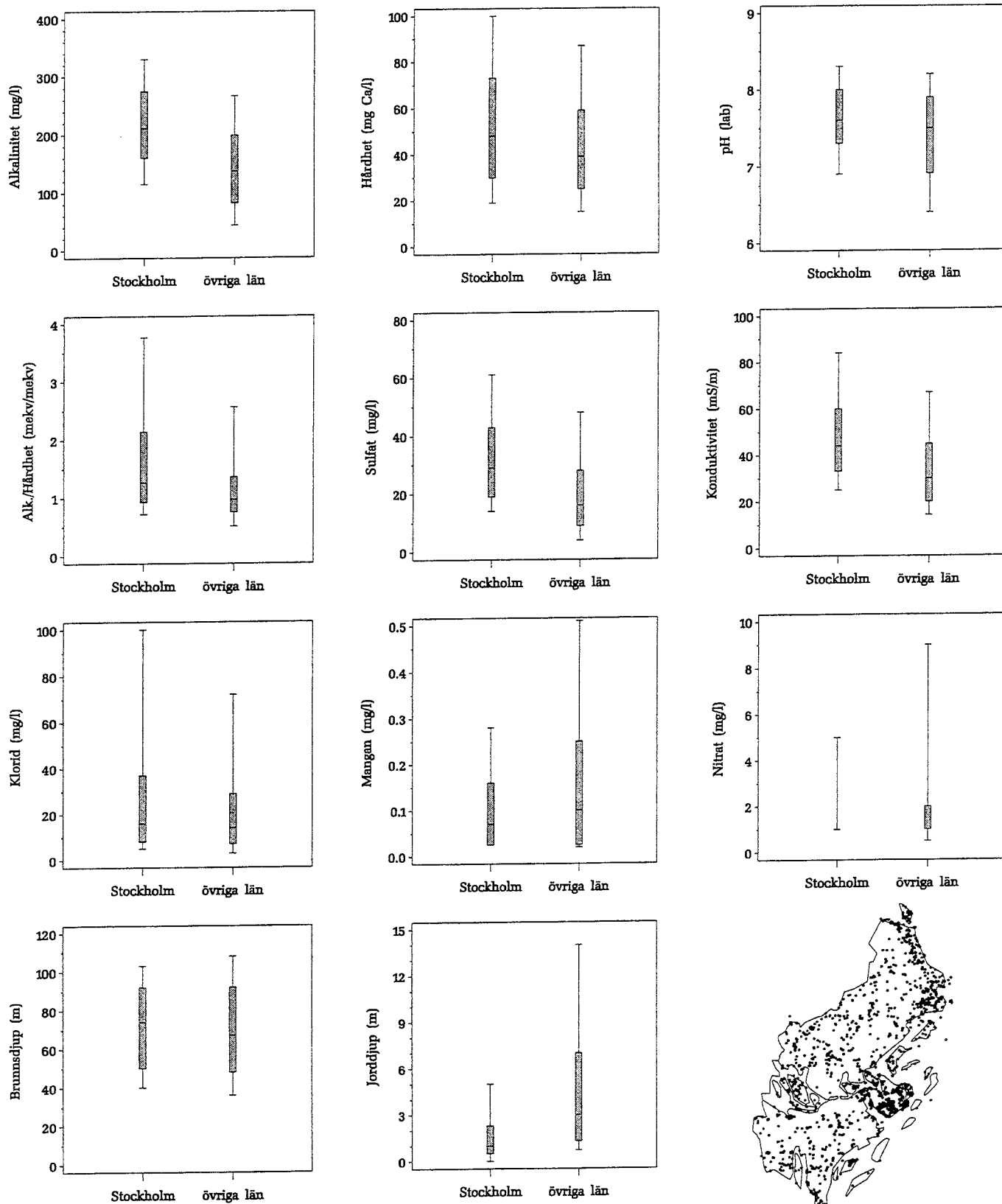


Figur 20. Grundvattentillgångar och vattendelare i Stockholms län

Berggrundens genomsläpplighet (hydrauliska konduktivitet, K) i Stockholms län. Analys baserad på ca 15000 bergborrade brunnar i SGUs brunnarkiv.



Figur 21. Berggrundens genomsläpplighet i Stockholms län (sammanställning augusti 1997)



Antal analyser i Stockholms län och övriga delen av landet:

	HCO ₃	Hårdhet	pH	HCO ₃ /Hårdhet	SO ₄	Konduktivitet	Cl	Mn	NO ₃	Jorddjup	Brunnsdjup
Stockholm	1756	1745	1756	1743	1023	1239	1744	1568	1525	1499	1757
Övriga län	9991	9323	10314	9306	6167	8027	9056	7850	7230	6895	10328

Figur 22. Grundvattnets kemi samt brunnsdjup och jorddjup för bergbore brunnar i Stockholms län jämfört med övriga delar av landet. Brunnar i lättvittrade, huvudsakligen sedimentära bergarter har inte beaktats. 10-percentil, 1:a kvartil, median, 3:e kvartil och 90-percentil redovisas i form av ”box-plottar”. Uppgifter från brunnarsarkivets kemiarkiv som visas i insättskartan. Sammanställning augusti 1997.

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 (Ca + Mg), pH och konduktivitet har högre värden i Stockholms län än i övriga landet. Huvudorsaken till detta är att länet befinner sig under högsta kustlinjen vilket bl.a. innebär att områden med finkorniga jordarter ger stort tillskott av vittringsbenägna variabler. Kvoten mellan alkalinitet och totalhårdhet är något större än riksgenomsnittet vilket tyder på att antropogen påverkan av starka syror från nederbörden är mindre än i övriga län. Under "naturliga" förhållanden är kvoten nära 1, d.v.s. alkaliniteten och totalhårdheten är ungefär lika. Liten försurningspåverkan kan vara en förklaring till de höga pH-värdena. Nitrathalten har ungefär samma medianvärde som övriga delar av landet.

Kloridhalterna har ungefär samma medianvärde som i övriga län medan risken för höga halter är större än i övriga delar av landet (se även Figur 7 i inledningen). Höga kloridhalter är typiska för låglänta områden under högsta kustlinjen (HK, se röd linje på Figur 7), där reliktsaltvatten är vanligt förekommande. Förhöjda kloridhalter vid uttag av grundvatten i kustnära områden kan också orsakas av inträngning av salt vatten från Östersjön. Den högsta kloridhalten som uppmätts i bergborrade brunnar i länet uppgår till 2500 mg/l att jämföra med Östersjön och världshaven som har halter omkring 4000 respektive 20000 mg/l. Sannolikt styrs förekomsten av reliktsaltvatten under HK till stor del av de topografiska betingelserna. I flacka och låglänta områden är grundvattnets omsättning generellt sett långsammare än i kuperad terräng med omväxlande höjd och lågområden, vilket påverkar takten av "ursköljning" av det salta vattnet med sött grundvatten. Stockholms län ligger under högsta kustlinjen och har brutet landskap och små höjdskillnader.

Grundvattnet i länet bedöms i allmänhet ej vara aggressivt med hänsyn till höga pH-värden, hög totalhårdhet samt en tämligen hög alkalinitet i förhållande till sulfathalten. Brunnsdjupet avviker inte nämnvärt från övriga delar av landet medan jorddjupet är avsevärt mindre vilket återspeglar de tunna jordlagren i stora delar av länet.

9 Geologiska förutsättningar för lokalisering av ett djupförvar

Sammanfattande slutsatser

Berggrunden i Stockholms län utgörs huvudsakligen av omvandlade äldre (ca 1890-1870 miljoner år) djupbergarter och metasedimentära bergarter. Yngre granit (ca 1800 miljoner år) upptar dock betydande delar av länets centrala-norra del (Stockholm-Rimbo), medan metavulkaniska bergarter förekommer underordnat och då företrädesvis i Stockholms yttre skärgård och i länets nordligaste del. Diabasgångar uppträder, om än sparsamt, framför allt i länets sydvästra del. De dominerande bergarterna är generellt sett gynnsamma ur säkerhets- och byggnadsteknisk synpunkt. Större massiv av yngre granit kan utgöra en lämplig värdbergart för ett djupförvar medan metavulkaniska bergarter och diabasgångar är generellt sett olämpliga.

Information om *berggrundens homogenitet* föreligger från större delen av länet, från de delar som täcks av modern geologisk kartläggning eller där karteringsarbeten pågår, se Figur 2. *Berggrunden* är i dessa delar sällan helt homogen över större områden. Inhomogeniteter förekommer i form av t.ex. gångbergarter, inneslutningar och sprickor. Granitoiderna, både de äldre och de yngre, framstår dock till övervägande del som homogena även om de lokalt kan

innehålla betydande inhomogeniteter. Också de metasedimentära bergarterna kan ofta betraktas som homogena i ett större perspektiv (10-100 m-skala) trots att de i dm-skala är inhomogena.

Beträffande *mineral- och bergartsresurser* inom Stockholms län kan konstateras att de mest betydande malmfyndigheterna, huvudsakligen järnmalmer men även mindre sulfidmalmer (exempelvis koppar, zink, bly), är knutna till de metavulkaniska bergarterna i Stockholms skärgård och i nordost. Mindre förekomster av silver i kristallin kalksten är kända från sydvästra delen av länet. Ingen malmbrytning pågår och prospekteringsaktiviteten är mycket låg. Bland bergartsresurser kan nämnas bergtäkter för krossberg. Stockholmsgranit har brutits, framför allt i Solna och på Färingsö i Mälaren, för att bl.a. användas som gat- och kantsten.

Flera tolkade *plastiska skjuvzoner* som kan tillhöra ett viktigt system av upp till flera kilometer breda skjuvzoner i östra delen av centrala Sverige uppträder i Stockholms län. I den centrala delen av länet uppträder dessa zoner med O-V- till VNV-lig riktning och längre norrut finns flera zoner med NO- till NNO-lig orientering. Enstaka zoner med dessa riktningar finns också söder om Stockholm. Längst i norr, nordväst om Grisslehamn, återfinns den sydostliga fortsättningen på den s.k. Singöskjuvzonen som stryker i VNV-lig riktning.

Sprickzonerna i länet är huvudsakligen orienterade i riktning O-V till VNV, ONO till NO och NNV till N-S. Frekvensen av sprickzoner framstår som högre i området söder om en linje Sigtuna-Åkersberga. Avsaknad av flyggeofysiska data samt låg topografisk relief medför dock att det är svårare att identifiera sprickzoner i den norra delen av länet. Vissa av förkastningarna med strykningsriktning NNV och NO har påverkat det s.k. subkambriska peneplanet och har därmed bildats eller reaktiverats efter ca 545 miljoner år, vilket i ett geologiskt perspektiv kan betraktas som tämligen unga rörelser.

Bland *jordarterna* har morän stor utbredning i länets norra del, norr om Stockholm. I söder samt i mälardalsregionen dominerar finkorniga sediment, övervägande leror. Berget är välblottat på Södertörn söder om Stockholm samt i skärgården och på fastlandet närmast kusten. Även inom övriga delar av länet är berggrunden relativt välblottad. Jorddjupen är i allmänhet mycket måttliga, mindre än 5 m, även om lokalt jorddjup på upp till 40-50 m är kända. De största djupen har rapporterats från isälvsavlagringar (malmer) på Södertörn samt vissa lerområden i länets södra del.

Hela länet ligger öster om ett bälte där *jordskalv* förekommer mer frekvent och endast ett litet antal jordskalv har registrerats. I samband med SGUs geologiska kartläggning har inga observationer gjorts som indikerar andra *sen- och postglaciala rörelser*. Dock hävdar vissa forskare att sådana rörelser har förekommit. *Landhöjningen*, eller egentligen strandförskjutningen som betecknar samspelet mellan landets höjning och havsytans höjning eller sänkning, uppgår till 0,3-0,5 m/100 år, den högre siffran representerar länets norra del.

Ur *hydrogeologisk synvinkel* kan konstateras att berggrundens genomsläpplighet i Stockholms län visar på normala förhållanden, d.v.s. stora lokala variationer och mindre regionala skillnader. De lägsta värdena har erhållits i de södra delarna av länet som domineras av metasedimentära bergarter samt i de centrala delarna där yngre graniter dominerar. Grundvattnets djupa, långa strömbanor utbildas i höjdområdena i de södra och sydvästra delarna av länet. Utströmning sker i första hand till större vattendrag och sjöar samt till Östersjön. Grundvattentillgångar av regional betydelse i länet återfinns i de stora stråken med isälvsavlagringar.

Grundvattnets kemiska sammansättning är i stort sett normal jämfört med övriga områden under högsta kustlinjen. Relativt höga pH-värden tyder på liten försurningspåverkan.

Områden lämpliga för vidare undersökning

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

- En homogen berggrund.
- En berggrund som inte utgör en potentiell mineral- eller bergartsresurs.
- Avsaknad av större deformationszoner (plastiska skjuvzoner, sprickzoner och förkastningar).
- Inga indikationer på sen- och postglaciala 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 iakttas vid en lokalisering av ett djupförvar till ett seismiskt mer aktivt område.

Områden som uppfyller dessa villkor återfinns inom stora domäner mellan plastiska skjuvzoner. Dessa domäner genomkorsas dock av uthålliga sprickzoner som också måste undvikas. Detta innebär att gynnsamma områden utgörs av berggrundsblock mellan uthålliga sprickzoner inom regioner som inte är påverkade av plastisk skjuvdeformation och som uppfyller de andra villkoren noterade ovan.

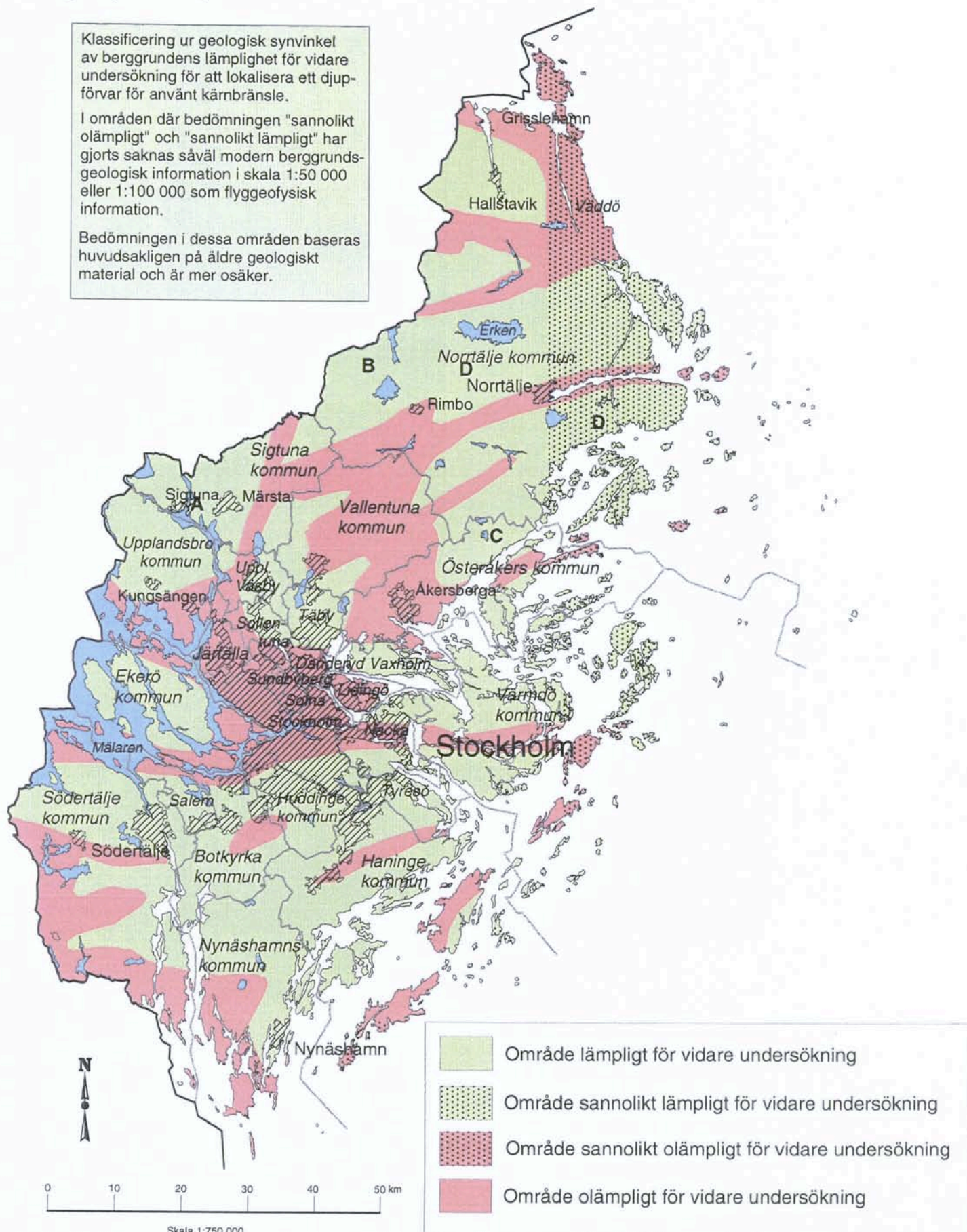
En första översiktlig bedömning över var sådana områden kan tänkas finnas ges i Figur 23. Bedömningen baseras på länets förutsättningar med avseende på berggrundens sammansättning, framtida prospekteringsintresse och tolkade deformationszoner. Detaljerade undersökningar, exempelvis förstudier av enskilda kommuner och platsundersökningar, krävs dock för att identifiera var berggrundsblock finns som uppfyller ovannämnda förutsättningar och andra krav som ställs på ett djupförvar. Generellt kan konstateras att frekvensen av jordskalv är låg i hela länet och några tecken på andra sen- och postglaciala rörelser har inte observerats vid SGUs geologiska kartläggning av länet. Dock hävdar vissa forskare att sådana rörelser har förekommit. Jordtäckets sammansättning och mäktighet samt de hydrogeologiska förhållandena är generellt sett gynnsamma i hela länet och har inte legat till grund för att gradera områden med olika geologiska förutsättningar.

Stockholms län har, ur geologisk synvinkel, indelats i områden som bedöms lämpliga, sannolikt lämpliga, sannolikt olämpliga respektive olämpliga 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 eller 1:100 000 som flyggeofysisk information. Bedömningen i dessa områden baseras huvudsakligen på äldre geologiskt material och är mer osäker. Områden som bedömts som olämpliga eller sannolikt olämpliga har utökats med en ca 1 km bred randzon för att undvika att olämpliga områden på grund av osäker gränsdragning klassificeras som lämpliga. Någon rangordning mellan intressanta områden är inte möjlig på befintligt material.

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

I områden där bedömningen "sannolikt olämpligt" och "sannolikt lämpligt" har gjorts saknas såväl modern berggrundsgeologisk information i skala 1:50 000 eller 1:100 000 som flyggeofysisk information.

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



Figur 23. Översiktlig bedömning ur geologisk synvinkel av berggrundens lämplighet för vidare undersökning i Stockholms län. Områdena A-D refereras till i texten

De områden som ur geologisk synvinkel har bedömts vara **olämpliga** eller **sannolikt olämpliga** för vidare undersökning, se Figur 23, är följande:

- Flera områden norr om sjön Erken i norra delen av länet. Av dessa bedöms områdena söder om Hallstavik, kuststräckan vid Väddö samt området nordväst om Grisslehamn som potentiellt intressanta för mineralprospektering. Nordväst om Grisslehamn uppträder dessutom regionala plastiska skjuvzoner. En plastisk skjuvzon har också framtolkats omedelbart norr om Erken vilket gör att även detta område bedömts som olämpligt för vidare undersökningar.
- Ett antal områden i centrala delen av länet, mellan Rimbo-Norrtälje i norr och Stockholm i söder, där frekvensen av tolkade plastiska skjuvzoner är relativt hög och berggrunden tämligen inhomogen. Dessutom förekommer metavulkaniska bergarter i området runt Åkersberga.
- Ett stort område söder om Södertälje och längs Stockholms södra skärgård som bedöms potentiellt intressant för mineralprospektering och dessutom genomkorsas av flera plastiska skjuvzoner.

Resultatet av sammanställningen visar att det finns flera större områden både norr om söder om Mälaren som är **lämpliga** eller **sannolikt lämpliga** för vidare undersökning, se Figur 23. Regionalt betydande plastiska skjuvzoner har inte påvisats i dessa områden 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.

Ett stort potentiellt gynnsamt område finns i länets södra del, i en triangel mellan Stockholm, Södertälje och Nynäshamn. I detta område dominerar sedimentära ådergnejsler. Enligt uppgift från anläggningsgeologer finns det goda erfarenheter av berganläggningar i detta område, bland annat från militära anläggningar i kustbandet. Vidare är vattengenomsläppligheten generellt sett förhållandevis låg i detta område, även om undantag finns.

Intressanta områden norr om Mälaren domineras av äldre granitoider som vanligtvis är gnejsiga samt stora massiv av yngre granit. De norra delarna framstår i denna undersökning som något mer homogena och med lägre frekvens av större sprickzoner jämfört med de södra delarna även om denna tolkning är osäker.

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

- Runt Sigtuna och nordväst om Rimbo (A och B i Figur 23) finns mindre områden med metavulkaniska bergarter.
- Mellan Åkersberga och Norrtälje (C i Figur 23) återfinns en stor koncentration av gabbro eventuellt associerade med ett flertal mindre mafiska intrusioner vilket gör berggrunden inhomogen till sin uppbyggnad. En detaljerad undersökning av berggrundens homogenitet bör utföras i hela länet.
- Berggrundens vattengenomsläpplighet är högst i de norra delarna av länet (särskilt D i Figur 23).

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 visa på 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 bedöms meningsfullt att påbörja sådana mer detaljerade undersökningar.

10 Referenser

- 1 **La Pointe, P., Wallman, P., Thomas, A. & Föllin, 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 **Persson, C., 1994:** Sveriges jordartsregioner. I: C. Fredén (red.), *Berg och Jord*. — Sveriges Nationalatlas, 143-149.
- 4 **Jonasson, C., 1996:** Landet. I: S. Helmfrid (red.), *Sveriges Geografi*. — Sveriges Nationalatlas, 16-41.
- 5 **Aastrup, M., Engqvist, P., Müllern, C.-F. & Söderholm, H., 1994:** Grundvattnet. I: C. Fredén (red.), *Berg och Jord*. — Sveriges Nationalatlas, 154-171.
- 6 **Aastrup, M., Thunholm, B., Johnson, J., Bertills, U. & Berntell, A., 1995:** Grundvattnets kemi i Sverige. Naturvårdsverket, rapport 4415, 1-52.
- 7 **Engqvist, P. & Fogdestam, B., 1984:** Beskrivning och bilagor till hydrogeologiska kartan över Stockholms län. Sveriges geologiska undersökning, Ah 6, 1-90.
- 8 **Möller, H. & Stålhös, G., 1964:** Beskrivning till geologiska kartbladet Stockholm NO. Sveriges geologiska undersökning, Ae 1, 1-148.
- 9 **Möller, H. & Stålhös, G., 1965:** Beskrivning till geologiska kartbladet Stockholm NV. Sveriges geologiska undersökning, Ae 2, 1-101.
- 10 **Möller, H. & Stålhös, G., 1969:** Beskrivning till geologiska kartbladet Stockholm SO. Sveriges geologiska undersökning, Ae 3, 1-122.
- 11 **Möller, H. & Stålhös, G., 1969:** Beskrivning till geologiska kartbladet kartbladet Stockholm SV. Sveriges geologiska undersökning, Ae 4, 1-125.
- 12 **Stålhös, G., 1969:** Beskrivning till Stockholmstraktens berggrund. Sveriges geologiska undersökning, Ba 24, 1-190.
- 13 **Stålhös, G., 1972:** Beskrivning till berggrundskartan Uppsala SV och SO. Sveriges geologiska undersökning, Af 105/106, 1-165.
- 14 **Stålhös, G., 1975:** Beskrivning till berggrundskartan Nyköping NO. Sveriges geologiska undersökning, Af 115, 1-99.
- 15 **Stålhös, G., 1979:** Beskrivning till berggrundskartan Nynäshamn NV/SV. Sveriges geologiska undersökning, Af 125, 1-106.

- 16 **Stålhös, G., 1982:** Beskrivningen till berggrundskartan Nynäshamn NO/SO. Sveriges geologiska undersökning, Af 138, 1-124.
- 17 **Stålhös, G., 1982:** Beskrivning till berggrundskartan Strängnäs SO. Sveriges geologiska undersökning, Af 142, 1-78.
- 18 **Stålhös, G., 1991:** Beskrivning till berggrundskartorna Östhammar NV, NO, SV, SO. Sveriges geologiska undersökning, Af 161/166/169/172, 1-249.
- 19 **Persson, L. & Stålhös, G., 1991:** Beskrivning till provisoriska översiktliga berggrundskartan Uppsala. Sveriges geologiska undersökning, Ba 47, 1-30.
- 20 **Persson, L. & Persson, P.-O., 1997:** U-Pb datings of the Hedesunda and Åkersberga granites of south-central Sweden. GFF 119, 91-95.
- 21 **Ivarsson, C. & Johansson, Å., 1995:** U-Pb zircon dating of Stockholm granite at Frescati. GFF 117, 67-68.
- 22 **Magnusson, N.H., 1973:** Malm i Sverige. 1. Mellersta och södra Sverige. . Almqvist & Wiksell, 320 s.
- 23 **Riksantikvarieämbetet, S.h.m., 1996:** Natursten i Byggnader. Stockholms och Södermanlands län. . Wallin & Dahlbom Boktryckeri AB, Lund.
- 24 **Sundius, N., 1951:** Kvarts, fältspat och glimmer samt förekomster därav i Sverige. Sveriges geologiska undersökning, C 520, 1-231.
- 25 **Mether, L. & Sandahl, K.-A., 1984:** Silver i Södermanland. Sammanställning 1984. Sveriges Geologiska AB, PRAP 84547, 1-20.
- 26 **Blomberg, A., 1889:** Beskrifning till kartbladet Penningby. Sveriges geologiska undersökning, Aa 100, 1-45.
- 27 **Erdmann, E., 1895:** Beskrifning till kartbladet Grisslehamn. Sveriges geologiska undersökning, Aa 111, 1-54.
- 28 **Holst, N.O., 1879:** Beskrifning till kartbladet Möja. Sveriges geologiska undersökning, Aa 72, 1-19.
- 29 **Holst, N.O., 1882:** Beskrifning till kartbladen Dalarö och Utö. Sveriges geologiska undersökning, Aa 80/81, 1-46.
- 30 **Holst, N.O., 1887:** Beskrifning till kartbladet Svartklubben. Sveriges geologiska undersökning, Aa 97, 1-41.
- 31 **Nathorst, A.G., 1881:** Beskrifning till kartbladet Gustafsberg. Sveriges geologiska undersökning, Aa 73, 1-34.

- 32 **Svedmark, E., 1883:** Beskrifning till kartbladet Vaxholm. Sveriges geologiska undersökning, Aa 88, 1-62.
- 33 **Svedmark, E., 1885:** Beskrifning till kartbladet Furusund. Sveriges geologiska undersökning, Aa 93, 1-40.
- 34 **Svedmark, E., 1885:** Beskrifning till kartbladet Rådmansö. Sveriges geologiska undersökning, Aa 95, 1-50.
- 35 **Svedmark, E., 1887:** Beskrifning till kartbladet Norrtelge. Sveriges geologiska undersökning, Aa 94, 1-69.
- 36 **Bergman, T., Isaksson, H., Johansson, R., Lindén, A., Persson, C. & Stephens, M., 1996:** Förstudie Nyköping. Jordarter, bergarter och deformationszoner. SKB PR D-96-013, 1-81.
- 37 **Stephens, M.B. & Wahlgren, C.-H., 1993:** Oblique-slip, right-lateral ductile deformation zones in the Svecokarelian orogen, south-central Sweden. Sveriges geologiska undersökning, Rapporter och Meddelanden 76, 18-19.
- 38 **Talbot, C.J. & Sokoutis, D., 1995:** Strain ellipsoids from incompetent dykes: application to volume loss during mylonitization in the Singö gneiss zone, central Sweden. *Journal of Structural Geology* 17, 927-948.
- 39 **Lidmar-Bergström, K., 1994:** Berggrundens ytformer. I: C. Fredén (red.), *Berg och Jord*. — Sveriges Nationalatlas, 44-54.
- 40 **Björnbom, S., 1981:** Beskrivning till jordartskartan Strängnäs SO. Sveriges geologiska undersökning, Ae 39, 1-72.
- 41 **Björnbom, S., 1985:** Beskrivning till jordartskartan Strängnäs NO. Sveriges geologiska undersökning, Ae 68, 1-48.
- 42 **Möller, H., 1977:** Beskrivning till jordartskartan Enköping SO. Sveriges geologiska undersökning, Ae 20, 1-68.
- 43 **Möller, H., 1993:** Beskrivning till jordartskartan Uppsala NV. Sveriges geologiska undersökning, Ae 113, 1-92.
- 44 **Persson, C., 1975:** Beskrivning till jordartskartan Nyköping NO. Sveriges geologiska undersökning, Ae 21, 1-83.
- 45 **Persson, C., 1977:** Beskrivning till jordartskartorna Nynäshamn NV/SV och Nynäshamn NO/SO. Sveriges geologiska undersökning, Ae 31/32, 1-83.
- 46 **Persson, C., 1988:** Beskrivning till jordartskartan Östhammar SO. Sveriges geologiska undersökning, Ae 90, 1-57.

- 47 **Persson, C., 1988:** Beskrivning till jordartskartan Grisslehamn NV. Sveriges geologiska undersökning, Ae 98, 1-52.
- 48 **Persson, C., 1990:** Beskrivning till jordartskartan Grisslehamn SV. Sveriges geologiska undersökning, Ae 105, 1-65.
- 49 **Lundqvist, J., 1994:** Inlandsisens avsmältning. *I:* C. Fredén (red.), *Berg och Jord*. — Sveriges Nationalatlas, 124-135.
- 50 **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.
- 51 **Lagerbäck, R., 1979:** Neotectonic structures in northern Sweden. *Geologiska Föreningens i Stockholm Förhandlingar* 100, 263-269.
- 52 **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.
- 53 **Muir Wood, R., 1993:** A review of the seismotectonics of Sweden. SKB TR 93-13, 1-225.
- 54 **Mörner, N.-A., 1978:** Faulting, fracturing, and seismicity as functions of glacioisostasy in Fennoscandia. *Geology* 6(1), 41-45.
- 55 **Mörner, N.-A., 1979:** Earth movements in Sweden, 20 000 BP to 20 000 AP. *Geologiska Föreningens i Stockholm Förhandlingar* 100, 279-286.
- 56 **Mörner, N.-A., 1979:** The Fennoscandian Uplift and Late Cenozoic Geodynamics: Geological Evidence. *GeoJournal* 3.3, 287-318.
- 57 **Sjöberg, R., 1994:** Bedrock caves and fractured rock surfaces in Sweden. Occurrence and origin. . Stockholm University, 110 s.
- 58 **SGU, 1994:** Grundvattnet i Sverige. Sveriges geologiska undersökning, Ah 17 (karta, 1:1 miljon).
- 59 **SMHI, 1995:** Sveriges Vattensystem. *I:* B. Raab & H. Vedin (red.), *Klimat, sjöar och vattendrag*. — Sveriges Nationalatlas, 116-123.
- 60 **Carlsson, L. & Carlstedt, A., 1977:** Estimation of transmissivity and permeability in Swedish bedrock. *Nordic Hydrology* 8, 103-116.
- 61 **SKB, 1992:** SKB 91. Slutlig förvaring av använt kärnbränsle. Berggrundens betydelse för säkerheten.

BILAGA A

GEOLOGISK ORDLISTA

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

Albit. Natriumrik fältspat.

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

Amfibolit. Metamorf bergart bestående av huvudsakligen amfibol och plagioklas.

Anatektisk. Bildad genom uppsmältning av äldre bergarter.

Andalusit. Aluminiumsilikat.

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

Anomali. Lokal avvikelset.

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

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

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

Aureol. Område med speciell karaktär kring en bergartsintrusion.

Axialplan. Se veckaxelplan.

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

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

Basalt. Basisk vulkanisk bergart.

Basisk bergart. Bergart med 45-52 viktprocent SiO₂.

Bergart. Sammanhållet aggregat av ett eller vanligen flera mineral.

Bentonit. Mjuk, plastisk lera.

Biotit. Mörkt glimmermineral.

Blyglans. Sulfidmineral. Blyglans är det viktigaste blymineralet.

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

Cordierit. Ett silikatmineral vanligt i metamorfa bergarter.

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

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

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

Diabasgång. Se diabas.

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

Digital. Representation av data med hjälp av siffror.

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

Diopsid. Se pyroxen.

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

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

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

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

Eem. Värmepreioden före Weichsel-istiden.

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

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

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

Fanerozoikum. Geologisk tidsålder, yngre än 545 miljoner år.

Fennoskandiska skölden. Urbergsområde som omfattar Sverige med undantag av fjällkedjan och sydvästra Skåne, större delen av Finland, nordvästra Ryssland och delar av Sydnorge.

Finmo. Jordart med kornstorleken 0.02-0.06 mm.

Flyttblock. Stora av inlandsisen transporterade block.

Formlinjer. Linjer som markerar en trend. Strukturella formlinjer visar trenden av planstrukturer i berggrunden.

Magnetiska konnektioner länkar ihop magnetiska anomalier som bedöms representera strukturella trender.

Fossil. Förstenade lämningar efter djur och växter.

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

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

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

Gabbro. Basisk djupbergart.

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

Glaciation. Nedisning.

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

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

Gnejsgranit. Omvandlad (förgnejsad) granit.

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

Granatådergnejs. Granatförande ådergnejs.

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

Granitoid. Samlingsnamn för kvartsrika djupbergarter, t.ex. granit, granodiorit, tonalit.

Grus. Jordart med kornstorlek 2-20 mm.

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

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

Hematit. Järnoxidmineral.

HK = Högsta Kustlinjen

Hornblände. Se amfibol.

Hybridbergart. Blandbergart

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

Illit. Glimmerliknande lermineral.

Inlandsis. Ismassa som täcker stora delar av en kontinent.

Interglacial. Tiden mellan två istider.

Intermediär bergart. Bergart med 52-65 viktprocent SiO₂.

Interstadial. Tiden mellan två kallare perioder inom samma istid.

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

Isostasi. Jämviktstillstånd i jordskorpan.

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

Isälvsavlagring. Se isälvs sediment.

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

Jordart. Lösa avlagringar på jordytan.

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

Kalcit. Kalciumkarbonat. Huvudmineral i kalksten.

Kalifältspat. Se fältspat.

Kalksten. Bergart bestående av i huvudsak kalcit.

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

Kaolinit. Ett lermineral. Se kaolin.

Kaolin. Grå eller vit lera huvudsakligen bestående av kaolinit.

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

Klorit. Glimmerliknande, vanligen grönt, silikatmineral.

Koboltglans. Ett silvervitt kobolthaltigt sulfidmineral.

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

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

Kraton. Konsoliderad och stabil del av den kontinentala jordskorpan.

Kratonisering. Konsolidering och stabilisering av jordskorpan.

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

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

Kvarts. Kiseldioxid (SiO₂).

Kvartsitisk. Omvandlad kvartsrik bergart.

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

Landhöjning. Höjning av landytan i förhållande till havsytan.

Laumontit. Silikatmineral bildat genom omvandling av fältspat.

Lava. Magma som trängt ut på jordytan.

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

Lera. Jordart med kornstorlek < 0.002 mm.

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

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

Lineament. Rak eller svagt böjd långsträckt struktur.

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

Magma. Smält berg.

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

Magnetiska konnektioner. Se formlinjer.

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

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

Magnitud. Mått på styrkan av en jordbävning.

Malm. En mineralconcentration 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.

Mikroclin. Vanligen ljusröd fältspat. Ett av de vanligaste bergartsbildande mineralen.

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

Mjåla. Jordart med kornstorlek 0.002-0.02 mm.

Mo. Jordart med kornstorlek 0.02-0.2 mm.

Monzodiorit. En djupbergart.

Monzonit. En djupbergart.

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

Moränbacklandskap. Kuperad terräng av morän.

Muskovit. Ljust glimmermineral.

Mylonit. Finkornig bergart bildad genom mycket stark plastisk deformation.

Mylonitizonen. En starkt mylonitiserad zon i Sydvästsveriges gnejsberggrund.

Nefelin. Ett fältspatliknande mineral rikt på natrium.

Neosom. Nybildat (rekristalliserat) material i en migmatit.

Neotektonik. Unga tektoniska rörelser i jordskorpan.

Norit. Basisk djupbergart.

Olivin. Järn-magnesiumsilikat som 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.

Plagioklas. Se fältspat.

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.

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

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

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

Postglacial. Efter istiden (post=efter)

Prehnit. Silikatmineral.

Prekambrium. Geologisk tidsålder, äldre än 545 miljoner år.

Primorogen. Se tidigorogen.

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

Pyroxen. Mineralgrupp med prismatisk kristallform.

Radioaktivitet. 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.

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

Resistivitet. (Elektriskt) motstånd.

Ryolit. Sur vulkanit (ytbergart) med granitisk sammansättning.

Rörelsebelopp. Mått på storleken av t ex en förkastning.

Sand. Jordart med kornstorlek 0.2-2.0 mm.

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

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

Sedimentgnejs. Gnejsomvandlad sedimentär bergart.

Sedimentär bergart. Till en bergart hopläkt sediment.

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

Sen-glacial förkastning. Se neotektonik.

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

Siljansringen. Rund struktur vid Siljan bildad vid meteoritnedslag.

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

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

Sillimanit. Aluminiumsilikat.

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

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

Skjuvzon. Se plastisk deformation.

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

Sköl. Zon med svagare berg än omgivningen.

Sliira. Ett oregelbundet slingrande parti i en bergart.

Smektit. Ett lermineral. Viktig beståndsdel i bentonit.

Susceptibilitet. En bergarts förmåga att magnetiseras.

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

Sprickzon. Se spröd deformation.

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

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

Stratigrafiska (undersökningar).

Undersökningar som syftar till att utreda bergarternas inbördes åldersförhållanden.

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

Strukturella formlinjer. Se formlinjer.

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

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

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

Sur bergart. Bergart med > 65 viktprocent SiO₂.

Svallning. Vågornas eroderande verkan på en strand.

Svallsediment. Genom svallning frigjort material som sedan avsatts.

Syenit. Intermediär djupbergart som domineras av kalifältpat och mörka mineral.

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. Se granitoid.

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

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

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

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

Tremolit. Se amfibol.

Tuff. Bergart bestående av bl a vulkanisk aska.

Tuffit. Bergart bestående av vulkanisk aska blandad med sediment.

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

Ultrabasit. Djupbergart med extremt låg (< 45 viktprocent) SiO₂.

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

Ur. Se units of radiation.

Urbergssköld. Se kraton.

Urgranit. Äldre benämning på tidigorogena sura djupbergarter.

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

Veckaxel. Omböjningslinjen för ett veck.

Veck. Böjd planstruktur i berg.

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

Vulkanisk aska. Finkornig produkt vid vulkanutbrott.

Vulkanisk bergart. Bergart bildad genom vulkaniska processer.

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

Vulkanit. Se vulkanisk bergart.

Weichsel-Istiden. Den senaste istiden i Sverige.

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

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

Ådergnejs. En form av migmatit med ådrig struktur.

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