Beskrivning till regional berggrundskarta över Jönköpings län

Nils-Gunnar Wik, Jenny Andersson, Ulf Bergström, Dick Claeson, Niklas Juhojuntti, Leif Kero, Lena Lundqvist, Charlotte Möller, Sam Sukotjo & Hugo Wikman





Beskrivning till regional berggrundskarta över Jönköpings län

Nils-Gunnar Wik, Jenny Andersson, Ulf Bergström, Dick Claeson, Niklas Juhojuntti, Leif Kero, Lena Lundqvist, Charlotte Möller, Sam Sukotjo & Hugo Wikman

Sveriges geologiska undersökning 2006

ISSN 1652-8336 ISBN 91-7158-771-3

Omslagsbild: Magnetisk anomalikarta över Jönköpings län och omgivning. *Cover: Map showing the variation in the magnetic total field, in the county of Jönköping and surroundings.*

Layout: Agneta Ek Tryck: Edita Västra Aros AB, Västerås

INNEHÅLL

Inledning	4
Bakgrundsmaterial	4
Berggrundsgeologisk arbetsmetodik	4
Geofysisk arbetsmetodik	6
Berggrundsoversikt	9
Transskandinaviska magmatiska bältet, öster om Protoginzonen	9
Protoginzonen	15
Ostra segmentet, Svekonorvegiska provinsen	15
Yngre sedimentär berggrund	17
Bergarternas fysikaliska egenskaper	17
Rergartsheskrivning, strukturgeologi och metamorfos	23
Transskandinaviska magmatiska bältet, öster om Protoginzonen	23
Bergarter tillhörande det Transskandinaviska magmatiska hältet	24
Vulkaniska, subvulkaniska och sedimentära bergarter	24
Granithergarter	26
Basiska bergarter	28
Norra Kärr	20
Cånghergarter	20
Almesåkragruppen	20
Protoginzonen	29
Vulkaniska bergarter	2)
Cranitbergarter	31
Vaggerydssyenit	32
Vagger yussyemit	32
Cheir	32
Öctra segmentet. Svelkonorvegiska provinsen	33
Övre nivån	35
Granitisk och kvattsmonzonitisk gneis	36
Basisha hareautar	26
Övrige bergerter	36
Undre nivên	20
	20
Adergnejs	20 40
Grannisk gnejs, utsprungigen grovkornig	40
Cruciciale en de con Tiller de Tiller en de constante	40
Granitisk gnejs av 1 jarnesjo-10rpatyp	41
Dasiska bergarter	42
	44
visingsogruppen	44
Naturresurser	45
Malmer och mineraliseringar	45
Industriella mineral och bergarter	46
Bergtäkter och strålning	47
Vattenförande sprickzoner	48
•	
Summary	50
Tack	51
Tuen	71
Referenser	52
Geologisk och geofysisk ordlista	56

Inledning

Sveriges geologiska undersökning (SGU) producerar geovetenskapligt underlagsmaterial för behov inom bl.a. intresseområdena miljö, fysisk planering och naturresursförsörjning för länsstyrelser, kommuner och andra intressenter. Underlagsmaterialet utgör samtidigt en kunskapsbas om Sveriges geologi som förenar dokumentation av olika geologiska material och deras geografiska utbredning, med kunskap om deras bildning och utveckling i tid och rum. Denna beskrivning av berggrunden inom Jönköpings län ingår i SGUs systematiska, berggrundsgeologiska kartläggning i regional skala (fig. 1) och utgör en del av informationsutbytet mellan SGU och dess omvärld. Genom sammanställning av äldre och insamling av ny berggrundsgeologisk och geofysisk information har en översiktlig, regional kartdatabas skapats i skala 1:250000. Informationen som här presenteras kan också göras tillgänglig i annan områdesindelning.

Ansvariga för den geologiska karteringen samt de geofysiska undersökningarna i respektive kartområde framgår av figur 2. Projektledare har varit Nils-Gunnar Wik. Magnus Ekdahl och Jesper Petersson har varit extrageologer.

BAKGRUNDSMATERIAL

Det geologiska bakgrundsmaterialet omfattar äldre geologiskt kartmaterial med beskrivningar, dagböcker och övrig dokumentation framtagen vid SGU samt publicerade forskningsresultat och rapporter från ett flertal universitet och Svensk Kärnbränslehantering AB (SKB). Äldre kartor och arbeten har publicerats av Hummel (1877), Blomberg (1879, 1880, 1906, 1907), Holst (1885, 1893), Stolpe (1892), Lindström (1898), Munthe (1905), Munthe & Gavelin (1907), Svedmark (1907), Gavelin (1912), Hedström (1917), Geijer m.fl. (1951). Moderna kartor i skala 1:50 000 finns för kartområdena 6F Vetlanda (Persson 1985, 1989), 7D Ulricehamn SO (Larson & Berglund 1995), 5E Växjö (Wikman 1998, 2000). Provisoriska översiktliga berggrundskartor i skala 1:250000 som täcker delar av Jönköpings län finns för Jönköping (Persson & Wikman 1986) och Borås (Samuelsson m.fl. 1988). En delvis reviderad kartbild presenterades i samband med dokumentationen av malmer, industriella mineral och bergarter i Jönköpings län (Shaikh m.fl. 1989) och en översiktsstudie över länet har presenterats av Svensk Kärnbränslehantering AB (SKB; Gierup m.fl. 1999). Övriga existerande databaser på SGU som använts som bakgrundsmaterial är databaser för dateringar, geokemiska analyser och olika typer av fyndigheter (malm- och industrimineral).

Det geofysiska grundmaterialet utgörs i första hand av vid SGU framtagna flyggeofysiska digitala data som visar berggrundens magnetiska egenskaper, elektriska ledningsförmåga och den naturliga gammastrålningen. Mätningarna har i samband med denna kartläggning kompletterats med markmätta tyngdkraftsdata. Befintlig petrofysisk och övrig information föreligger i digital form.

För ytterligare information om kartområdets geologi hänvisas läsaren till citerade publikationer i referenslistan samt till databasen GEOREGISTER, som finns på SGUs webbplats.

BERGGRUNDSGEOLOGISK ARBETSMETODIK

Efter inventering och kunskapsinhämtning ur tillgängliga publikationer har ny berggrundsgeologisk information framtagits genom kartläggning i fält och undersökning av representativa bergartsprovers mineralogi och geokemi. Mätning av den magnetiska susceptibiliteten har utförts direkt på häll, och bergartsprover tagits för bestämning av densitet och magnetiska egenskaper. Åldersbestämningar har utförts på ett litet antal utvalda bergartsprover.

Den berggrundsgeologiska karteringen har utförts översiktligt på ett topografiskt kartunderlag i skala 1:50 000. Då slutprodukten är en regional kartdatabas medger karteringssättet endast punktinformation på hällar i omedelbar närhet av tillgängligt vägnät. Antalet observationspunkter på respektive topografiska kartblad är bl.a. beroende av äldre kartmaterial, tillgängligt vägnät, blottningsgraden av hällar samt hur komplex berggrunden är. Detta innebär att antalet observationspunkter per topografiskt kartblad varierar betydligt.

Den berggrundsgeologiska informationen lagras i SGUs databaser. Den geofysiskt insamlade informationen och mätresultaten utgör ett underlagsmaterial som ligger till grund för den berggrundsgeologiska kartbilden. Slutligen sammanställs länskartan i presentationsskalan 1:250 000. Det skall poängteras att produkten är översiktlig och ej avsedd för detaljplanering. Ytobjekt mindre än 250 m har i regel ej tagits med i den färdiga kartan. Kartområdena 6F Vetlanda, 5E Växjö och 7D Ulricehamn SO är integrerade i kartbilden, men eftersom dessa bygger på ett betydligt mer detaljerat material, är de också i denna kartbild mer detaljerade. Alla koordinater är angivna i rikets nät (RT 90).



Neoproterozoiska sedimentära bergarter

Sedimentär bergart, Visingsögruppen

Sedimentär bergart, Almesåkragruppen

Meso- och Neoproterozoiska magmatiska bergarter



Syenit, kvartssyenit och kvartsmonzonit, rödaktigt gröngrå

Basisk djup- eller gångbergart, delvis med bevarad primärtextur

Paleoproterozoiska bergarter

Granit, röd till gråröd
Monzogranit till kvartsmonzodiorit
Tonalit till granodiorit, grå
Gabbroid
Metasedimentär bergart
Vulkanisk bergart
Gnejs, ospecificerad

Östra segmentet, Svekonorvegiska provinsen Övre nivån

Amfibolit och granatamfibolit, delvis med bevarad primärtextur

Granitisk gnejs, ljust röd till gråröd

Kvartsmonzonitisk till granitisk gnejs, rödgrå till gråröd

Undre nivån



Granatamfibolit och mafisk granulit

Granitisk till kvartsmonzonitisk ögongnejs, gråröd till grå

Leukokratisk granit, gnejsig

Granitisk till kvartsmonzodioritisk ådergnejs

Fig. 1. Geologisk översiktskarta över Jönköpings län. Den generella begränsningen av Protoginzonen markeras med blå linjer. Geological map of the county of Jönköping. The general limits of the Protogine Zone are marked with blue lines.





Work and responsibilities for the geological mapping and geophysical measurements.

GEOFYSISK ARBETSMETODIK

De geofysiska flygmätningarna över kartområdet utfördes under tidsperioden 1978 till 2003, i huvudsak av SGU. Mätningarna gjordes längs linjer i ost–västlig eller nord–sydlig riktning med 200 m linjeavstånd, fram till 1995 på 30 m flyghöjd med 40 m mellan mätpunkter och därefter på 60 m flyghöjd med 17 m mätpunktsavstånd. I områdena omkring Växjö, Vetlanda och Jönköping är flygmätningen av det äldre slaget och i övrigt av det nyare.

Det magnetiska totalfältet, det elektromagnetiska fältet (VLF-mätning) och den naturliga gammastrålningen registrerades samtidigt med den radarhöjd flygplanet hade vid mätögonblicket. Det magnetiska totalfältet är ett s.k. potentialfält, vilket ger möjlighet till filtreringar av data med välbeprövad metodik inom matematik och fysik. Mätningen av gammastrålning från det naturliga radioaktiva sönderfallet ger möjlighet att beräkna halterna av kalium, torium och uran. Radium- och aktivitetsindex, som bl.a. används av byggnads- och anläggningsindustrin, kan beräknas från dessa halter.

Lägesnoggrannheten för flygmätningarna är av storleksordningen ±10 m i sida och längd. Variationer i t.ex. magnetithalt på enstaka promille kan registreras. Inom kartområdet finns bergarter med upp till och mer än 1 % magnetit. Därför kan man mycket detaljerat redovisa den variation som föreligger både i nivå och läge. De minsta, högstrålande objekt som kan spåras längs flyglinjerna är av storleksordningen ett par kubikmeter.

Underlagsmaterialet filtreras på olika sätt och sammanförs med eventuell hällinformation och från Lantmäteriet (LMV) erhållna geografiska data. Ett antal lokaler för geofysiska fältundersökningar väljs med utgångspunkt från i första hand de magnetiska mät-





Fig. 3. Färgkompositbild visande beräknad fördelning av kalium, uran och torium vid markytan i Jönköpings län, baserad på flygmätning. Ljus ton markerar hög intensitet av total gammastrålning.

Map showing the distribution of the radiometric elements potassium, uranium and thorium, in the county of Jönköping with surroundings. The map is based on airborne measurements.

ningarna och gammastrålningsmätningarna, och i andra hand från de elektromagnetiska mätningarna och tyngdkraftsmätningarna. Befintliga berggrundskartor användes för att optimera fältuppföljningarna. Detta gör att man kan välja de lättillgängliga berghällar som kan förklara de geofysiska anomalierna. Därmed kan resultaten av de flyggeofysiska mätningarna användas för tolkningen av berggrunden även inom jordtäckta områden. Vid anomaliuppföljning med handburen gammaspektrometer erhålls halterna av kalium, uran och torium. Dessa data jämförs med resultaten från flygmätningarna i syfte att bedöma utbredningen av bergarter med likartade strålningsegenskaper (fig. 3). Mätning av susceptibiliteten direkt på häll utförs och bergartsprover tas för bestämmning av densitet och magnetiska egenskaper. Kunskap om bergarternas fysikaliska egenskaper bidrar till tolkningen av berggrundens uppbyggnad under jordlager och på större djup.

Tyngdkraftsmätningar har gjort det möjligt att mer exakt modellberäkna observerade magnetfältsoch tyngdkraftsanomalier. Totalt har drygt 2 100 mätningar utförts inom länet, varav ca 1 470 av SGU under åren 1991 och 2002–2004 och de resterande av Lantmäteriet under bl.a. 1940-talet och 1980-talet.



Fig. 4. Karta över skenbar resistivitet. *Map of apparent resistivity*.

SGUs mätningar har under de senaste tre åren koncentrerats till områden där tidigare mätningar visade anomalier och gradienter i tyngdkraftsfältet. Detta för att få mer detaljerad information om de tektoniska rörelserna och även information från djupare delar av berggrunden.

Om magnetfälts- och tyngdkraftsdata kombineras är det möjligt att göra en god uppskattning av den tredimensionella utbredningen av vissa typer av bergartskroppar ned till flera kilometers djup.

En ny bearbetningsmetodik, baserad på VLF-data från två sändare, gör det möjligt att skapa en riktningsoberoende resistivitetskarta som visar markens skenbara ledningsförmåga (Becken 2000, Persson & Daniels 2002). I denna karta kan bland annat i gynnsamma fall variationer i jorddjup och vattenföringen i krosszoner i berggrunden studeras (fig. 4). Mätningarna kan dock störas av exempelvis kraftledningar.

Det magnetiska mönstret inom områdena med relativt magnetiska graniter visar den spröda tektonik som har påverkat berggrunden, tydligast öster om Protoginzonen. Inom Protoginzonen ingår även kraftigt omvänt magnetiserade nord–sydliga diabasgångar i det magnetiska mönstret. Orienterade prover av diabas möjliggör lokalisering, bredd- och stupningsbestämningar i förhållande till den magnetiska anomalibilden. Det magnetiska mönstret visar berggrundens regionala strukturer och utgör en grund för tolkningen av dess deformationshistoria.

Detaljerade markmätningar har genomförts över några magnetiska anomalier som påvisats vid flygmätningarna, varvid bl.a. bredd och djup för gångbergarter som innehåller magnetiska mineral med olika typer av remanent magnetisering har dokumenterats.

Erhållna mätresultat sammanställs och jämförs med bergartsklassificeringen och databasläggs sedan som ett slutgiltigt geofysiskt, berggrundsgeologiskt relaterat underlagsmaterial.

De magnetiska strukturerna framträder tydligt och visar både de storskaliga, regionala dragen och en mycket hög detaljeringsgrad som är svår att visualisera i den regionala skalan. Filtreringsmöjligheter av potentialfälten ger delprodukter som väl kan belysa de geologiska frågeställningarna, med en rikedom i detaljer som är bland det bästa som föreligger från geofysiska flygmätningar. Detta beror på insamlingsförfarandet, men även på att det inom länet generellt sett finns en tillräcklig magnetiserbarhet i berggrunden för att dessa strukturer skall kunna visualiseras till relativt stora djup.

De nya flygmätningsdata och den magnetfältsrelaterade bergartsprovtagningen är helt nödvändig för att göra en detaljerad beräkning av rörelsebelopp mellan de olika urskiljbara blocken. Kompletterande tyngdkraftsmätningar och mätning av relevanta bergartsprov insamlade under denna kartering, tillsammans med de nya berggrundsgeologiska arbetena, har markant ökat förutsättningarna för att göra en mer sannolik beskrivning av den geologiska utvecklingen i södra Sverige. Berggrundskartan över Kalmar län (Ba 66, Wik m.fl. 2005) är den första kartan i södra Sverige där man haft tillgång till och försökt använda sig av detta geofysiska underlag. Jacobsenfiltreringar (Jacobsen 1987) visar i det ideala fallet för tyngdkraftsfältet massfördelningen i olika nivåer i krustan, förutsatt att massorna är inom det beräknade utsnittet. Detta antagande är svårt att uppfylla till stora delar, men det finns inget bättre sätt för närvarande att försöka åskådliggöra åtminstone de ytligare variationerna jämfört med dem som orsakas från djupare delar (fig. 5a).

Magnetiseringens variation inom de beräknade djupsnitten kan även de studeras (fig. 5b) och motsvarande antagande om variation inom djupsnitten är även här ett antagande som måste accepteras för att få fram en upplösning på djupet. Avvikelsen från antagandet om variation inom beräkningsnivåerna försämrar naturligtvis upplösningen på de större djupen. I det magnetiska fallet finns det publicerat en tumregel om att uppräkningsnivåerna skall halveras för att få det verkliga djupet som de magnetiska orsakerna kan härledas till (Pedersen 1991). För tyngdkraftsdata finns ej motsvarande analys gjord ännu.

Berggrundsöversikt

Berggrunden i Jönköpings län tillhör två skilda geologiska provinser. En bred zon med branta strukturer utgör ett gränsområde som sträcker sig i ungefär nord-sydlig riktning. Den kallas Protoginzonen och är en markant rörelsezon. Det östliga området tillhör det s.k. Transskandinaviska magmatiska bältet (TMB) och utgörs till största delen av välbevarade magmatiska bergarter. Västra delen av Jönköpings län tillhör den Svekonorvegiska provinsen. Där har berggrunden genomgått kraftig deformation och metamorfos under kontinentkollision och bergskedjebildning, och bergarterna har till största delen omvandlats till gnejser av olika slag. I ett större sammanhang hör de svekonorvegiska bergskedjebildande processerna i sydvästra Skandinavien samman med bildningen i neoproterozoisk tid av en mycket stor kontinentmassa, kallad Rodinia (jfr Dalziel 1997). På kartan sker ett grundläggande skifte från en litostratigrafisk indelning (dvs. baserad på bergarternas sammansättning och ålder) av berggrunden i TMB till en tektonostratigrafisk indelning (baserad på bergarternas strukturella läge och metamorfa karaktär) av berggrunden i den Svekonorvegiska provinsen väster om Protoginzonen. Strukturellt och tektoniskt hör egentligen också Protoginzonen till den Svekonorvegiska provinsen.

De geofysiska mätningarna påvisar skillnader mellan de båda områdena i det magnetiska mönstret (magnetanomalikartan), i massfördelningen (tyngdkraftskartan), samt i fördelningen av spårämnena uran och torium (radiometriska kartan) (fig. 3, 6, 7, 8). Den magnetiska anomalikartan visar med god precision utsträckningen av zoner som kan kopplas till deformation och rörelser inom berggrunden i Jönköpings län. Nu vet vi var och även till viss del graden av påverkan, men inte när de olika zonerna bildats. Det är dock klart att zonerna har uppkommit vid olika tidpunkter och troligen har de varit aktiva vid olika tidpunkter även efter bildandet. Det magnetiska mönstret speglar den ackumulerade deformationshistorien i nuvarande erosionssnitt.

TRANSSKANDINAVISKA MAGMATISKA BÄLTET, ÖSTER OM PROTOGINZONEN

Östra delen av Jönköpings län domineras av det Transskandinaviska magmatiska bältet (TMB). I detta ingår främst vulkaniska bergarter, allmänt kallade Smålandsporfyrer, och sura intrusivbergarter, kallade Smålandsgraniter. De vulkaniska bergarterna består till största delen av sura vulkaniter och underordnat av vulkaniter med intermediär till basisk sammansättning. De intrusiva bergarterna varierar i sammansättning från gabbro till alkalifältspatgranit. Röda och grå granit- och syenitbergarter dominerar bland intrusivbergarterna. Gabbrobergarter förekommer som mindre kroppar i de sura bergarterna. Kontakterna



Fig. 5. **A.** Filtrering av tyngdkraftsdata. Filtreringen framhäver tyngdkraftsfältet orsakat av olika djupsnitt av jordskorpan. Jönköpings län har markerats med vit linje. Större sjöar visas med ljusblå kontur. Samma område visas i alla delfigurer. I översta raden visas Bougueranomalin till vänster och till höger Bouguerfältet efter filtrering för att framhäva ytligare densitetsvariationer, genom en differens mellan ytan och en uppräkning av Bougueranomalien till en höjd av 3 km. I mittraden visas till vänster differensen för uppräkningen till 3 km och 6 km och differensen av uppräkningarna mellan 6 km och 12 km (höger). I undre raden visas till vänster uppräkningsdifferenserna mellan 12 och 25 km och till höger mellan 25 km och 50 km.

A. Filtered gravity data for sources at different depths. The county of Jönköping is indicated with white line and larger lakes are represented by pale blue lines. The same areas shown in all six figures. Top row from left to right, the Bouguer anomaly and the difference between surface and an upward continuation of 3 km, the middle row shows the difference between an upward continuation of 3 km and 6 km (left), and 6 km to 12 km (right), the bottom row shows the difference between an upward continuation of 12 km and 25 km to 50 km (right).



Fig. 5. **B.** Filtrering av magnetiska data från geofysisk flygmätning. Filtreringen framhäver magnetfältet orsakat av ett visst djupsnitt av jordskorpan. Jönköpings län har markerats med vit linje. Större sjöar visas med ljusblå kontur. Samma område i alla delfigurer. I översta raden visas till vänster ett ej filtrerat magnetiskt anomalifält och till höger ett magnetiskt totalfält efter filtrering för att framhäva ytliga magnetiska källor genom en differens mellan anomalifält och det fält som erhålles vid uppräkning till 1 km. I mittraden visas motsvarande differens mellan uppåträkningsnivåerna 1 km och 2 km (vänster) och differensen uppåträknat 2 km och 4 km (höger), och i undre raden visas filtreringen för differenserna 4 km till 8 km (vänster) samt 8 km till 16 km (höger)

B. Filtered magnetic data (upward continuation) for sources at different depths. The county of Jönköping is indicated with white line and larger lakes are represented by pale blue lines. Top row from left to right, the magnetic anomaly field and shallow magnetic sources obtained from the difference between the anomaly field and an upward continuation to 1 km, the middle row shows differences between 1 km to 2 km (left) and 2 km to 4 km (right), the bottom row shows differences between 4 km and 8 km (left) and 8 km to 16 km (right).



mätt susceptibilitetsvärde anges.

Map showing the variation in the magnetic total field relative to the Earth's reference field (DGRF), in the county of Jönköping. The symbols represent magnetic susceptibility values measured in laboratory for bedrock samples. The highest measured susceptibility values are presented.

mellan vulkaniter, gabbrobergarter och omgivande Smålandsgranit karaktäriseras ofta av magmablandningsstrukturer. Flertalet bergarter är ca 1,80 miljarder år gamla. I området närmast intill och i Protoginzonen förekommer också yngre bergarter, även de tillhörande TMB, som bildades för 1,70–1,66 miljarder år sedan (t.ex. Wikman 1997, Claeson 1999). Skiljande särdrag för de båda generationerna har inte framkommit vid den översiktliga kartering som nu har utförts. Därför representeras alla TMB-bergarter av samma bottenfärg på kartan utan intern åldersindelning.

Ett brett bälte med heterogent fördelad plastisk deformation som sträcker sig från Jönköping till Oskarshamn kallas Oskarshamn–Jönköpingsbältet (OJB). Litologiskt domineras det av samma bergartstyper som i övriga TMB men där förekommer också något äldre intrusivbergarter med en tonalitisk till granodioritisk sammansättning och vulkaniska bergarter av basaltisk till dacitisk sammansättning. Även sedimentära bergarter förekommer. Dateringar har visat att intrusivbergarterna inom OJB bildades för mellan 1,83 och 1,80 miljarder år sedan och vulkaniterna för ca 1,80 miljarder år sedan (Mansfeld 1996, Söderlund & Rodhe 1998, Bergström m.fl. 2002, Åhäll m.fl. 2002, Wik m.fl. 2003), medan sedimentens depositionsåldrar är okända. På äldre kartor och i äldre litteratur betrakta-



Fig. 7. Kartan visar variationer i tyngdkraftsfältet uttryckt som Bougueranomali, för Jönköpings län. Mätpunktsavståndet varierar kraftigt inom området. Maximalt uppmätt densitetsvärde anges.

Map showing the variation in the gravity field, expressed as Bouguer anomaly, in the county of Jönköping. The point separation for the gravity field measurements varies considerably within the area. The highest measured density values are presented.

des berggrunden i OJB som svekofennisk, dvs. tillhörande det centralsvenska vulkaniska och magmatiska området i Bergslagen med omnejd (jfr Lundegårdh m.fl. 1985, Persson 1985, 1989, Mansfeld 1996). Emellertid har inga åldrar rapporterats som indikerar att det finns en svekofennisk berggrund i OJB, befintliga geokronologiska data tyder istället på att bergarterna tillhör en tidig fas av TMB. Plastisk till spröd-plastisk deformation har givit bergarterna en stråkvis folierad eller förskiffrad struktur. I stor såväl som liten skala (jfr fig. 6 och 8) sveper deformationsstråken runt linsformade domäner i vilka bergarterna bevarat sin ursprungliga struktur. Åt öster fortsätter deformationszonerna i vulkaniska och intrusiva bergarter typiska för TMB och sammanfaller med en kraftig tyngdkraftsgradient. I zonerna är den plastiska deformationen lika genomgripande i alla bergartstyper, vilket tyder på att deformationen är yngre än bildandet av TMB. Utanför deformationszonerna saknar även de äldre bergarterna, som är ca 1,83 miljarder år gamla, tecken på regional deformation. Riktningen på deformationszonerna inom OJB varierar i allmänhet från ost–västlig till västnordvästlig och är vanligen brantstående. Det finns även deformationszoner som har en nordnordostlig riktning. Rörelseindikatorer i deformationszonerna antyder en sned, vänstervriden rörelse så att sydligt belägna bergartsblock också rört



Fig. 8. Figuren visar magnetfältet efter filtrering för att framhäva variationer med korta våglängder, vilka orsakas av relativt ytnära strukturer.

The magnetic field after filtering to enhance short-wavelength variations, where relatively shallow structures cause the variations.

sig uppåt relativt de nordliga. Den magnetiska anomalikartan går att tolka som att samma deformationszoner fortsätter söder och väster om Vättern (fig. 5b). På den magnetiska anomalikartan framträder granodioriterna och tonaliterna inom OJB-bältet delvis som lågmagnetiska anomalier. Där de magnetiska minima är kraftiga (fig. 6), indikerar de att samma bergart fortsätter ned till relativt stora djup (fig. 5b). Åsedazonen (Skjernaa 1992) går att följa från Hok (6E 5 b) i ostsydostlig riktning mot Åseda (5F 7 e) och vidare mot Kalmar. Åsedazonen framträder tydligt på de magnetiska kartorna (fig. 6 och 8) samt på tyngdkraftskartan (fig. 7). Denna zon utgör troligen den sydligaste utlöparen av de deformationszoner som karaktäriserar OJB. I området mellan Oskarshamn och Kalmar ses ytterligare en deformationszon som ligger i ost–västlig riktning (fig. 6 och 8).

I Norra Kärr förekommer en kilometerstor kropp med en mycket ovanlig, alkalin bergart, så kallad nefelinsyenit, vilken är ca 1,58 miljarder år gammal (Adamson 1944, von Eckermann 1968, Blaxland 1977).

Sedimentära bergarter, i huvudsak arenitiska sandstenar, som tillsammans brukar kallas Almesåkragruppen, finns främst vid Nässjö. Diabaser slår igenom de sedimentära bergarterna som flacka lager eller gångar. Detaljkunskap om Almesåkragruppen och dess utbredning grundar sig huvudsakligen på den undersökning som presenterades av Rodhe (1987). Den intruderande diabasen hör till de s.k. Blekinge– Dalarnadiabaserna vars ålder är 0,97–0,94 miljarder år (Patchett 1978, Johansson & Johansson 1990, Söderlund m.fl. 2005).

De flesta av de nordnordostligt orienterade diabasgångar som skär OJB och TMB, ofta flera mil långa, tillhör Blekinge–Dalarnadiabaserna.

PROTOGINZONEN

Protoginzonen är en av de största deformationszonerna i Skandinavien och kan följas från Skåne i söder till Värmland i norr och vidare in under de skandinaviska Kaledoniderna (fjällkedjan). Söder om Vättern utgör zonen den allra östligaste delen av den Svekonorvegiska provinsen och är en markant geologisk gränszon. Protoginzonens karaktär och betydelse har varit ett vetenskapligt debattämne ända sedan slutet på 1800talet (t.ex. Gorbatschev 1980, Rodhe 1992, Wahlgren m.fl. 1994, Andréasson & Rodhe 1996).

Söder om Vättern markeras zonen av en kraftig tyngdkraftsgradient (fig. 7) och av nord-sydligt strykande, distinkta magnetiska anomalier (fig. 6 och 8). De magnetiska anomalierna indikerar att zonen är ca 25 km bred¹. Området sammanfaller med ett tydligt tyngdkraftsunderskott (fig. 7). Deformationsmönstret i berggrunden präglas av allt från mm- och cm-smala till hundratalet meter breda rörelsezoner i berggrunden, med starkt förskiffrade eller plastiskt deformerade bergarter (fig. 9 och 10). Dessa planstrukturer är vertikala eller brantstående. Mellan zonerna är bergarterna bättre bevarade och kan kännas igen som både TMB-bergarter, ofta med en penetrativ foliation, och yngre bergarter (se nedan). De nord-sydliga strukturerna varierar från spröda till plastiska och ses i samtliga bergartstyper. Merparten av dessa, relativt unga, deformationsstrukturer har bildats i samband med upplyftning av berggrunden i väster, under slutfasen av den svekonorvegiska bergskedjebildningen för ca 0,98-0,92 miljarder år sedan. Huvuddelen av berggrunden väster om Protoginzonen har tidigare utgjort mycket djupt liggande, metamorfa delar i en bergskedja. Från öster till väster över Protoginzonen är bergarterna successivt mer omvandlade (uppvärmda och upplyfta). Den metamorfa graden varierar från grönskifferfacies i öster till amfibolitfacies i väster.

Specifikt för Protoginzonen söder om Vättern är också nord–sydligt långsträckta kroppar av syenit och med den besläktade bergarter samt ett stort antal diabasgångar. Vaggerydsmassivet är den största enskilda syenitkroppen. Den har åldersbestämts (U-Pb-analys av zirkon) till 1,22–1,20 miljarder år (Ask 1996, Jarl 2002) och är likåldrig med en av diabasgrupperna i området. Åtminstone ytterligare två generationer diabas finns, ca 1,57 respektive 0,95 miljarder år gamla, varav den yngre bildades i slutfasen av den svekonorvegiska bergskedjebildningen (och även återfinns öster om den Svekonorvegiska provinsen). I Protoginzonen är de allra flesta diabaser brantstående och långsträckta i nord–sydlig riktning. Många av dem är svarta s.k. hyperitdiabaser. Kraftigt veckade amfiboliter är troligen diabas av äldre generationer (fig. 11).

Äldre, regionala deformationsstrukturer återfinns också i Protoginzonen. I den allra nordvästligaste delen av länet finns en kraftig, flack stänglighet med övervägande nordvästlig strykning i TMB-graniterna. Väster och sydväst om Jönköping ned till Taberg återfinns ett område där ost–västliga strukturer dominerar och där Protoginzonens nord–sydliga strukturer återfinns sporadiskt som separata, tunna zoner. Även i sydligare delar av Protoginzonen har äldre strukturer observerats, exempelvis ost–västliga planstrukturer som blivit öppet veckade längs branta veckaxlar (Wikman 2000).

ÖSTRA SEGMENTET, SVEKONORVEGISKA PROVINSEN

Berggrundssegmentet väster om Protoginzonen benämns Östra segmentet (av den Svekonorvegiska provinsen). I sammanhanget "Berggrunden i Jönköpings län" ter sig termen "Östra segmentet" ologisk. Termen används här eftersom den är etablerad och återfinns i de flesta berggrundsgeologiska beskrivningar av sydvästra Sverige (även i internationell litteratur: Eastern Segment, Berthelsen 1980).

Med endast lokala undantag är berggrunden i Östra segmentet genomgripande deformerad och omvandlad. Granitbergarter har förändrats till kraftigt gnejsiga graniter och gnejser, och basiska bergarter har helt eller delvis omvandlats till granatamfibolit eller snarlika metamorfa bergarter. I de centrala och västra delarna av Östra segmentet har bergarterna ådror av kvarts och fältspat som bildats genom en begynnande uppsmältning. Omvandlingen av Östra segmentet skedde under mycket höga tryck och temperaturer, då det för 0,98–0,95 miljarder år sedan utgjorde mycket djupa delar av en bergskedja av Himalayatyp (dvs. bildad genom kollision mellan kontinenter). I slutfasen av denna bergskedjebildning lyftes berggrunden upp till ytligare nivåer och eroderades därefter. Beräkningar av tempe-

¹ Definitionen av Protoginzonen har varierat mellan olika författare. I denna beskrivning hänvisar Protoginzonen till bältet av nord–sydligt orienterade och brantstående deformationsstrukturer, vilka i de flesta områden framträder tydligt i det magnetiska anomalimönstret (fig. 6).

ratur och tryck för metamorfa bergarter från Östra segmentet (Småland, Halland och Skåne) har resulterat i värden mellan 620 och 770 °C samt 9 till 12 kbar (Johansson m.fl. 1991, Wang & Lindh 1996, Möller 1998, Söderlund m.fl. 2004). Eftersom trycket i berggrunden



Fig. 9. Röd, fint medelkornig, kraftigt folierad och veckad granit, 5E Växjö NV (9 a), 634715/140105. Skalindelning i cm. Foto Hugo Wikman.

Strongly foliated and folded red, finely medium-grained granite.



Fig. 10. Protoginzonsfoliation i Vaggerydssyenit, 5D Värnamo NO (9j), 634665/139935. Skalindelning i cm. Foto Hugo Wikman. Strong foliation in Vaggeryd syenite related to the Protogine Zone.



Fig. 11. Folierad och veckad amfibolit, 5E Växjö NV (8 a), 634440/140165. Skalindelning i cm. Foto Hugo Wikman. *Foliated and folded amphibolite*.

orsakas av ovanliggande bergmassor kan de beräknade trycken översättas till ett djup av 33–45 km.

De storskaliga strukturerna i Östra segmentet framträder tydligt på den magnetiska anomalikartan (fig. 6 och 8). Berggrunden är bandad och veckad, med en huvudsaklig orientering av strukturerna i ost-väst till nordväst. Mönstret i den magnetiska anomalikartan återspeglar berggrundens bandade uppbyggnad samt gnejsiga strukturer. Båda är ett resultat av stark, plastisk deformation då bergarterna har förflyttats, pressats samman och sträckts. Inom Jönköpings län har storskaliga veck en förhållandevis enhetlig geometri (jfr fig. 6). Veckaxlarna är flacka till moderat stupande och orienterade i ost-västlig till nordvästlig riktning. Vecken är upprätta eller något överstjälpta åt söder. Yngre strukturelement är spröda zoner (förkastningar och sprickor), orienterade i nordnordostlig riktning, vilka skär och ställvis förskjuter det plastiska deformationsmönstret (jfr fig. 6 och 8).

Granitbergarter som sannolikt tillhör TMB kan följas från Protoginzonen in i den östligaste delen, och strukturellt övre nivån, av Östra segmentet. Här är de emellertid starkt omkristalliserade och gnejsomvandlade. De är också veckade i samma upprätta storskaliga veckformer som övriga bergarter i Östra segmentet. Basiska bergartskroppar, de flesta av okänd ålder, förekommer i riklig mängd och är vanligen heterogent deformerade och metamorfoserade. Vissa delar av kropparna kan bestå av välbevarad diabas eller gabbro, medan andra delar är starkt deformerade och fullständigt omvandlade, oftast till granatamfibolit. Det är sannolikt att en del av dessa basiska bergarter tillhör de tre diabasgenerationer som man finner i Protoginzonen.

I större delen av Östra segmentet, väster om och strukturellt i en nivå under de gnejsgraniter som tolkats som omvandlade TMB-bergarter, dominerar ådergnejser av olika sammansättning. Huvuddelen av gnejserna har åldersbestämts, med U- och Pb-analys av zirkon, till att vara 1,73–1,66 miljarder år gamla. Endast en gnejstyp är yngre, 1,40–1,37 miljarder år gammal. Ådergnejserna har vanligen en genomgripande, gnejsig struktur som ställvis innehåller isoklinalveck, men mindre omvandlade och mer massformiga domäner finns också. I den undre nivån förekommer också rikligt med basiska bergarter, de flesta granatrika. Den metamorfa graden är hög (övre amfibolitfacies) och även amfiboliterna innehåller ådror som bildats genom partiell uppsmältning. Liksom i den övre nivån förekommer diabas- och gabbrobergarter som har bättre bevarade delar med magmatisk textur. De har emellertid överallt genomgått partiell eller fullständig metamorf omkristallisation. Mot väster ökar den metamorfa graden successivt (upp till högtrycksgranulitfacies).

YNGRE SEDIMENTÄR BERGGRUND

Den sedimentära Visingsögruppen som bl.a. finns på Visingsö och längs Vätterns stränder (Geijer m.fl. 1951, Vidal 1985) består av de yngsta bergarterna inom Jönköpings län. De avsattes i ett område kring Vättern för 0,85–0,70 miljarder år sedan. Vid flera tillfällen under senprekambrisk och fanerozoisk tid har förkastningsrörelser gett upphov till horst-gravsänketektonik som skapat sjön Vättern (Axberg & Wadstein 1980, Månsson 1996).

BERGARTERNAS FYSIKALISKA EGENSKAPER

Här beskrivs generella drag för de fysikaliska, och till viss del kemiska, egenskaper som undersöks inom berggrundskarteringen. Beskrivningen är huvudsakligen inriktad på intrusiv- och gångbergarterna.

Som beskrivs ovan har mätningar av den magnetiska susceptibiliteten utförts direkt på häll vid de flesta besökta lokaler inom Jönköpings län. Vidare har 1 200 bergartsprover tagits för laboratoriebestämning av densitet, magnetisk susceptibilitet samt styrkan av den remanenta magnetiseringen. Vid 800 lokaler har gammastrålningen mätts direkt på häll med gammaspektrometer och scintillometer. Baserat på gammastrålningsmätningen beräknas först koncentrationen av elementen kalium, uran och torium samt därefter gammaindex och radiumaktivitet. Gammaindex baseras på koncentrationerna av kalium, uran och torium. Radiumaktiviteten (Bq/kg) beräknas genom att urankoncentrationen (i ppm) multipliceras med 12,35. De koncentrationer som beräknas vid mätning på berghäll blir oftast något högre än de som beräknas från flygmätning. Detta beror på att värdena från flygmätningarna är medelvärden för en större yta, där strålningen från stora delar av bergytan ofta dämpas av jord eller vatten.

Berggrunden inom Jönköpings län har generellt ett lågt innehåll av gammastrålande element. De högsta torium- och uranhalterna återfinns generellt inom länets nordöstra del (se även kapitlet Bergtäkter och strålning nedan). Endast vid fyra lokaler inom undersökningsområdet har ett gammaindex av 2 eller högre uppmätts, vilket är det rekommenderade gränsvärdet för användning som byggmaterial. Uran- och toriumhalterna i magmatiska bergarter ökar vanligen med kaliumhalten (t.ex. fig. 12). Inom länets sydvästra del har dock en stor andel av de relativt kaliumrika, ofta gnejsiga eller migmatitiska, sura intrusivbergarterna tillhörande Östra segmentet i allmänhet låga uranhalter. I synnerhet visar migmatitiska graniter till granodioriter inom ett område mellan Smålandsstenar och Ätran anmärkningsvärt låga uranhalter, inte sällan under gammaspektrometerns detektionsgräns. Den i Protoginzonen rikligt förekommande syeniten till kvartssyeniten har i allmänhet låga uran- och toriumhalter, men lokalt har toriumhalter runt 30 ppm uppmätts.

De allmänna trenderna avseende densitet och magnetiska egenskaper visas i figur 13. Inom undersökningsområdet dominerar generellt den inducerade magnetiseringen, som är beroende av susceptibiliteten, över den remanenta magnetiseringen, dvs. de flesta bergartsprover har en Q-kvot under 1. Sambandet mellan susceptibilitet och densitet följer ofta två olika trender (fig. 13). Den högmagnetiska trenden orsakas av ferrimagnetiska mineral, t.ex. magnetit, medan den lågmagnetiska trenden orsakas av paramagnetiska mineral, t.ex. biotit. Det är svårt att avgöra vilken av de två trenderna som dominerar inom undersökningsområdet, möjligen följer ett något högre antal prov den högmagnetiska trenden (fig. 13). Som jämförelse visar sammanställningen av Korhonen m.fl. (2002a) att berggrunden inom den fennoskandiska skölden i allmänhet följer den lågmagnetiska trenden, med reservation för en något varierande provtagningstäthet (exempelvis finns det relativt många prov från Finland). Magnetiska anomalikartor över hela regionen visar att avsnittet av länet öster om Protoginzonen utgör en del av ett större område, även innefattande stora delar av Kalmar län, inom vilket magnetfältet generellt är tydligt förhöjt (Korhonen m.fl. 2002b), vilket indikerar höga magnetiseringsnivåer i berggrunden.

Bland TMB-bergarterna öster om Protoginzonen är i allmänhet susceptibiliteten högre för basiska bergarter än för sura. Vissa av de sura TMB-bergarterna är distinkt lågmagnetiska, t.ex. förekommer söder om Eksjö en större kropp av granodiorit till tonalit med en susceptibilitet av endast $20-40 \times 10^{-5}$ SI-enheter, vilken tydligt framträder som ett lågmagnetiskt område i den magnetiska anomalikartan (fig. 6). Även de finkorniga TMB-graniterna samt ryoliterna är ofta lågmagnetiska (fig. 14, tabell 1). De intermediära till basiska TMB-intrusivbergarterna har generellt relativt kraftig magnetisering, enligt den ferrimagnetiska trenden (fig. 15, tabell 1). Vid sjön Tjurken (6E 3-4 i-j) finns en gabbrointrusion med en största horisontell utbredning av 6–7 km som framträder tydligt i den magnetiska anomalikartan (fig. 6). Den innehåller partier där susceptibiliteten uppgår till 20000–30000×10⁻⁵ SI-enheter och den remanenta magnetiseringen överstiger 10 A/m (jfr fig. 13). Andesiter till basalter tillhörande TMB har i jämförelse med motsvarande



Granit, finkornig till fint medelkornig (TMB)





Granodiorit-tonalit (TMB)





Monzogranit öster om PZ (TMB)



Kvartsmonzodiorit (TMB)



Fig. 12. Kalium- och toriumhalter baserade på radiometriska mätningar på häll. Röda symboler anger mätvärden för några sura till intermediära intrusivbergarter inom Jönköpings län. Grå symboler representerar samtliga mätningar inom området. Potassium vs. thorium content based on radiometric in-situ measurements. Red symbols represent measured values for intrusive rocks of acid to intermediate composition, within the county of Jönköping. Grey symbols represent all measured values in the area.



Fig. 13. Mätvärden för densitet, magnetisk susceptibilitet och styrka av remanent magnetisering, baserat på samtliga prov insamlade inom Jönköpings län. För prover med Q>1 dominerar den remanenta magnetiseringen, för prover med Q<1 dominerar den inducerade magnetiseringen.

Scatter-plots of density vs. magnetic susceptibility (left) and intensity of remanent magnetisation vs. magnetic susceptibility (right), based on all samples collected within the county of Jönköping. For samples with Q>1 the remanent magnetisation dominates, while the induced magnetisation dominates for samples with Q<1.

TMB-intrusivbergarter i allmänhet lägre susceptibilitet samt svagare remanent magnetisering. Ofta har andesiterna till basalterna en susceptibilitet som är lägre än 100×10^{-5} SI-enheter och finns i områden med svagt magnetfält, men i vissa fall överstiger susceptibiliteten 10000×10^{-5} SI-enheter.

Syenit till kvartssyenit inom Protoginzonen är vanligen lågmagnetisk (susceptibiliteten är vanligen $30-650 \times 10^{-5}$ SI-enheter, se även tabell 1), men vid en lokal har en susceptibilitet av ca 5000×10^{-5} SI-enheter uppmätts.

I området väster om Protoginzonen är basiska bergarter med svag magnetisering, enligt den paramagnetiska trenden, vanligt förekommande. Exempelvis har amfiboliter och granatamfiboliter i många fall en susceptibilitet av endast 100×10^{-5} SI-enheter. Noterbart är att de sura bergarterna inom samma område ofta har kraftigare magnetisering än de basiska bergarterna. Susceptibiliteten är i vissa fall en faktor tio högre för de sura bergarterna (fig. 16), i kontrast till relationen inom TMB-berggrunden öster om Protoginzonen. Enstaka mätningar på den ovanliga högtrycksbergarten eklogit från området väster om Ätran, strax utanför länsgränsen, visar låg susceptibilitet (ca $40-900 \times 10^{-5}$ SI-enheter) och svag remanent magnetisering ($0-40 \times 10^{-3}$ A/m).

Diabaserna har många gånger kraftig magnetisering. Susceptibiliteten för Blekinge–Dalarnadiabaserna uppgår vanligen till $1\,000-10\,000 \times 10^{-5}$ SI-enheter (fig. 15) och Almesåkradiabasens susceptibilitet är endast något lägre ($1\,000-3\,000 \times 10^{-5}$ SI-enheter). I området väster och sydväst om Vätterns södra ände förekommer hyperitdiabaser med hög susceptibilitet (maximalt $20\,000-30\,000 \times 10^{-5}$ SI-enheter) och mycket kraftig remanent magnetisering (maximalt 100–150 A/m). Taberg (6D 9 j) och sannolikt även Järnberget (7D 5 h) utgörs av högmagnetisk hyperitdiabas. Vid dessa lokaler är den remanenta magnetiseringen dominerande.

Densiteten ökar generellt med avtagande kiselsyrehalt i de magmatiska bergarterna. Sura bergarter som granit har vanligen lägst densitet, följt av intermediära bergarter som kvartsmonzodiorit och basiska bergarter som gabbro och diabas (fig. 14, 15 och 17, tabell 1). Inom TMB öster om Protoginzonen har ryoliterna och de medelkorniga graniterna genomsnittliga densitetsvärden av 2 630 kg/m³. Liknande värden har uppmätts för syeniterna till kvartssyeniterna i Protoginzonen och de migmatitiska graniterna inom Östra segmentet. Densiteten för gruppen av sura till intermediära TMBbergarter med granodioritisk till tonalitisk sammansättning är högre (i genomsnitt 2740 kg/m³), liknande densiteten för kvartsmonzodioritgruppen (fig. 14).

Gabbroider öster om Protoginzonen har en genomsnittlig densitet av drygt 2900 kg/m³ (tabell 1). Ytterligare något högre densitet har uppmätts för amfiboliter–granatamfiboliter väster om Protoginzonen (i genomsnitt 3030 kg/m³) liksom för de få eklogiter som undersökts inom samma område (ca 3050–3120 kg/m³). Amfiboliterna–granatamfiboliterna utgör sammansättningsmässigt en motsvarighet till gabbroiderna öster om Protoginzonen. Några enstaka gabbroider eller diabaser, påträffade öster om eller inom Protoginzonen, har densiteter omkring 3400 kg/m³ eller högre. Samtliga av dessa är kraftigt magnetiserade. Den högsta densiteten (ca 3900 kg/m³) har uppmätts för malmen som utgör Taberg, vilken till största delen består av titanomagnetit och olivin.

Granit, medelkornig, ådergnejsomv. (ÖS)



Granit, finkornig till fint medelkornig (TMB)



Granit, medelkornig-grovkornig (TMB)

3000

3200

2800

Granodiorit-tonalit (ÖS)

10-1

10-2

10⁻³

10-4

10-5

2600



Monzogranit i PZ (TMB)



Monzogranit öster om PZ (TMB)



Granodiorit-tonalit (TMB)



Kvartsmonzodiorit (TMB)



Fig. 14. Densitets- och susceptibilitetsvärden från mätningar på bergartsprover. Röda symboler representerar mätvärden för några sura till intermediära intrusivbergarter inom Jönköpings län. Grå symboler representerar mätvärden för samtliga prover insamlade inom området. Density vs. magnetic susceptibility based on measurements on bedrock samples. Red symbols represent measured values for intrusive rocks of acid to intermediate composition, within the county of Jönköping. The grey symbols represent measured values for all bedrock samples collected in the area.

Tabell 1. Petrofysiska egenskaper hos några bergartsgrupper inom Jönköpings län. Variation (angivet som 10:e–90:e percentilen) samt medianvärde anges för de olika grupperna. All statistik för TMB-bergarter är baserad på mätning och provtagning öster om Protoginzonen. PZ – Protoginzonen; ÖS – Östra segmentet (av den Svekonorvegiska provinsen).

Bergartsgrupp	Densitet (kg/m³)	Susceptibilitet (10⁻⁵ SI)	Remanent magne- tisering (10⁻³ A/m)	K (%)	eRa ¹⁾ (Bq/kg)	eTh (ppm)	Gammaindex	
Ryolit (TMB)	2611–2680 (2631)	10-680 (70)	0-70 (10)	2,8-4,8 (4,2)	29–74 (52)	8,8–18 (15)	0,63–1,1 (0,95)	
Granit, ådergnejsomvandlad, medelkornig (ÖS)	2594–2669 (2630)	10-2800 (600)	0-300 (40)	3,0–4,5 (3,9)	17–54 (36)	8,3–17 (13)	0,57–1,0 (0,77)	
Granit–granodiorit, ådergnejs- omvandlad, medelkornig (ÖS)	2608–2683 (2633)	30–3100 (960)	20–440 (85)	2,3–4,6 (3,9)	0–28 (12)	5,1–15 (9,4)	0,39–0,83 (0,64)	
Granit, medel- till grovkornig (TMB)	2598–2672 (2630)	10–1800 (240)	0-170 (20)	3,3–4,8 (4,1)	25–99 (49)	9,2–26 (16)	0,69–1,2 (0,93)	
Syenit–kvartssyenit	2592–2695 (2636)	30-650 (60)	0-90 (10)	3,7–4,6 (4,2)	0–75 (7,4)	0–29 (2,4)	0,48-1,2 (0,50)	
Kvartsmonzodiorit (TMB)	2666–2830 (2731)	30–4600 (2800)	0–660 (200)	1,8-3,7 (2,6)	17–53 (40)	2,1–13 (8,2)	0,39–0,80 (0,55)	
Gabbroider (TMB)	2829–3078 (2914)	60–12000 (2200)	0–3800 (300)	0,5–2,0 (1,2)	6,2–32 (12)	0,5-6,6 (2,6)	0,09–0,43 (0,22)	
Andesit–basalt (TMB)	2852–2992 (2925)	60–10000 (300)	0–750 (30)	0,3–1,3 (0,7)	1,2–22 (7,4)	0,3-4,0 (1,6)	0,07-0,27 (0,13)	
Diabas, öster om PZ	2845 – 2987 (2881)	730 – 5200 (3600)	160–1850 (690)	0,9–1,5 (1,3)	4,8–21 (13)	0,6-3,8 (2,2)	0,13-0,33 (0,25)	
Amfibolit–granatamfibolit (ÖS)	2948–3101 (3028)	90–1900 (110)	0-490 (10)	0,6–2,2 (1,3)	0—19 (5,6)	0,6–12 (3,8)	0,09–0,49 (0,23)	
Mafiska gångar, väster om PZ	2829–3153 (3028)	80–4300 (160)	0–1850 (70)	0,5–1,6 (0,9)	1,2–17 (6,8)	1,2–5,4 (2,4)	0,11-0,33 (0,18)	

⁻¹) Med gammaspektrometern mäts gammastrålning från sönderfallet av isotopen ²¹⁴Bi som finns i sönderfallskedjan efter ²³⁸U och ²²⁶Ra. Alla element i sönderfallskedjan förutsätts ha stannat kvar på samma plats (radioaktiv jämvikt råder). Det gör att koncentrationen av element som ligger längre upp i sönderfallskedjan kan beräknas, eftersom aktiviteten av alla element (antal sönderfall per tidsenhet) i sönderfallskedjan då styrs av det element som har längst halveringstid, dvs. ²³⁸U. Ekvivalent radium (eRa) betyder att koncentrationen är riktig om antagandet om radioaktiv jämvikt stämmer. För att beräkna urankoncentrationen i ppm divideras eRa-värdena med 12,35.



Fig. 15. Densitets- och susceptibilitetsvärden från mätningar på bergartsprover. Röda symboler representerar mätvärden för några basiska intrusiv- och gångbergarter inom Jönköpings län. Grå symboler representerar mätvärden för samtliga prover insamlade inom området. Density vs. magnetic susceptibility based on measurement on bedrock samples. Red symbols represent measured values for some mafic rocks, within the county of Jönköping. The grey symbols represent measured values for all bedrock samples collected in the area.



Fig. 16. Susceptibilitetens fördelning för bergarter med sur (vänster) och basisk (höger) sammansättning inom kartområdet 5C Ullared NO, baserat på hällmätningar.

Distribution of susceptibility values for acid (left) and basic (right) rocks from an area in the south-western part of the county of Jönköping, based on in-situ measurements.



Fig. 17. Densitetens fördelning för några intrusiva bergarter inom Jönköpings län. Distribution of density values for some intrusive rocks within the county of Jönköping.

Bergartsbeskrivning, strukturgeologi och metamorfos

Ur både ett strukturgeologiskt och metamorft perspektiv är det tydligt att berggrunden i Jönköpings län består av tre distinkt skilda delar: det Transskandinaviska magmatiska bältet öster om den Svekonorvegiska provinsen, Protoginzonen, samt Östra segmentet. De stora strukturgeologiska skillnaderna mellan dessa tre delar är uppenbara på den magnetiska anomalikartan (fig. 6).

Det Transskandinaviska magmatiska bältet (öster om den Svekonorvegiska provinsen) genomskärs av plastiska deformationsstråk i västnordvästlig riktning. Deformationen är tydligt heterogent fördelad och i linsformade domäner är berggrunden deformerade i mindre utsträckning. Dessa mindre deformerade linser uppträder i alla skalor, där de största är ca 20 km breda. De plastiska strukturerna klipps tydligt av nordnordostligt strykande diabasgångar (högmagnetiska) och sprickstrukturer (lågmagnetiska, orienterade huvudsakligen mot NNO samt NNV).

Protoginzonen, en av Skandinaviens största och mest betydelsefulla tektoniska zoner, tillhör den Svekonorvegiska provinsen och utgör den östliga begränsningen för svekonorvegisk metamorfos och genomgripande deformation. Den framträder på den magnetiska anomalikartan som en markant, ca 25 km bred zon med nord-sydligt orienterade, branta deformationsstråk, vilka skär eller omorienterar strukturer både öster och väster om zonen. Protoginzonen är alltså en förhållandevis ung deformationszon, men dess ursprungliga uppbyggnad är sannolikt äldre än Svekonorvegium eftersom den innehåller en stor mängd 1,20 miljarder år gamla, nord–sydligt orienterade diabasgångar samt syenit av samma ålder. De många och branta kontakterna mellan diabas- och syenitkroppar och sidoberget måste ha utgjort svaghetszoner som kanaliserat rörelser i berggrunden under den svekonorvegiska bergskedjebildningen.

Väster om Protoginzonen präglas den Svekonorvegiska provinsen av strukturer som bildats genom starkt plastisk deformation. Den regionala, gnejsiga foliationen är generellt penetrativ, även om upp till kilometerstora, odeformerade linser förekommer. Foliationen är veckad längs huvudsakligen ost–västliga till nordvästliga veckaxlar. De plastiska strukturerna skärs av nordnordostligt strykande förkastningar och sprickor vilka framträder som lågmagnetiska lineament på den magnetiska anomalikartan (fig. 6). Dessa geologiskt sena, spröda strukturer kan eventuellt vara likåldriga med bildningen av Vätternsänkan.

Inom Östra segmentet finns en övergång västerut till strukturellt djupare nivåer och högre metamorfa förhållanden i berggrunden. Medföljande skillnader i metamorfos märks bl.a. genom olika mineralinnehåll i de basiska bergarterna, vilket åskådliggörs i den berggrundsgeologiska kartan med olika gröna färger. Orienteringen av den regionala foliationen i berggrunden inom den svekonorvegiska provinsen visas med s.k. magnetiska trendlinjer på den berggrundsgeologiska kartan.

I berggrundskartan markeras plastiska och ospecificerade deformationszoner. De plastiska zonerna är ställvis verifierade genom fältobservationer. De ospecificerade zonerna inkluderar både observerade spröda zoner och zoner som är tolkade med hjälp av den magnetiska anomalibilden, den elektromagnetiska kartan och höjddata erhållna från Lantmäteriet.

TRANSSKANDINAVISKA MAGMATISKA BÄLTET, ÖSTER OM PROTOGINZONEN

Det Transskandinaviska magmatiska bältet inom Jönköpings län består av olika typer av djup- och ytbergarter som bildades för 1,83–1,66 miljarder år sedan till följd av storskalig magmatisk aktivitet med vulkanism, av liknande slag som den som sker i amerikanska Cordillererna idag. Yngre bergarter belägna i samma region (men genetiskt orelaterade till TMB), är alkalina intrusivbergarter i Norra Kärr, basiska gångbergarter samt den sedimentära Almesåkragruppen.

I det Transskandinaviska magmatiska bältet har strukturelementen delats in i huvudsakligen plastiska respektive spröda zoner. Oskarshamn–Jönköpingsbältet (OJB) är en stor plastisk deformationszon, vilken är uppbyggd av ost-västliga till nordvästliga stråk i ett flätliknande mönster. Den metamorfa överprägling som är relaterad till deformationen är generellt låg och vanligen inte högre än grönskifferfacies (lokalt amfibolitfacies). Äldre kontaktmetamorfos förekommer, med lokal bildning av andalusit och kordierit i glimmerrika bergarter och vesuvianit i kalkrika. Inom zonerna varierar deformationsstrukturerna både vad gäller intensitet och karaktär. Starkt lokaliserad, plastisk deformation med myloniter uppträder lokalt (fig. 18). Även spröd deformation förekommer i zonerna, vilket antingen beror på att rörelserna har fortsatt under avklingande temperatur eller på att zonerna reaktiverats i ett långt senare skede (fig. 19). Åsedazonen är en annan stor zon, som kan följas från ca 35 km rakt söder om Vättern i ostsydostlig riktning mot Ramkvilla (5E 8 j) och vidare mot Åseda (5F 7 e) (Skjernaa 1992). I generella ordalag har deformationszonerna alltså bildats efter intrusionen av TMB-graniterna. Även utanför de definierade



Fig. 18. Mylonit i OJB, 6E Nässjö SV (3 d), 6367048/ 1417633. Foto Lena Lundqvist. *Mylonite in the OJB*.



Fig. 19. Spröd-plastisk deformationszon i OJB, 6E Nässjö SV (3 d), 6367048/1417633. Foto Lena Lundqvist. *Semi-ductile shear zone in the OJB*.

deformationszonerna har bergarterna utsatts för plastisk deformation, särskilt längs kontakter mellan olika bergarter, främst vulkaniter och graniter.

I några fall böjer de plastiska zonerna av in mot Protoginzonens nord–sydliga strukturer (fig. 6). Strax söder om Vättern tycks OJB böja av mot nordväst och fortsätta genom Protoginzonen. Noggrannheten vid denna kartläggning medger emellertid inte möjligheter att verifiera i fält att strukturer och bergartsenheter från OJB förekommer väster om Vättern. Flygmagnetiska data visar att zonen väster om Jönköping fortsätter ned till åtminstone 5 km djup och tyngdkraftsdata indikerar samma förhållande (fig. 5).

Inom området strax öster om Protoginzonen förekommer nordnordostligt orienterade, centimeter- till meterbreda, plastiska till spröd-plastiska, deformationszoner som stupar brant mot väster och kan motsvara sensvekonorvegiska strukturer som identifierats öster om Protoginzonen i Värmland (Wahlgren m.fl. 1994). De framträder endast svagt eller inte alls på den magnetiska anomalikartan. Denna typ av deformationszoner är vanligast i väster, närmast Protoginzonen, medan zonerna blir tunnare och mer stråkvisa mot öster. Några få kilometer öster om Protoginzonen avklingar de successivt.

Flera kilometer långa spröda lineament, vanligen distinkt lågmagnetiska på magnetiska anomalikartan, skär i många fall de plastiska strukturerna. En del av dessa är sannolikt likåldriga med de framträdande spröda zonerna väster om Protoginzonen. De bildar vanligen markanta topografiska lineament, och i synnerhet de nord–sydligt orienterade utmärks ofta av långsträckta sjösystem. De vanligaste sprickmineralen är kvarts, epidot, klorit och hematit.

Bergarter tillhörande det Transskandinaviska magmatiska bältet

Vulkaniska, subvulkaniska och sedimentära bergarter

Felsiska, vulkaniska ytbergarter relaterade till TMB uppträder som stråk i och mellan granitområdena och som fragment (xenoliter) i graniterna. Deformationen har på många ställen lokaliserats till dessa stråk av vulkaniska bergarter. Sannolikt är vulkaniterna likåldriga med eller obetydligt äldre än graniterna inom samma område (jfr Persson & Wikman 1986, Persson & Wikman 1997). De felsiska vulkaniska bergarterna är vanligen kvarts- och fältspatporfyriska, täta till finkorniga, röda till rödbruna och av ryolitisk sammansättning. De kallas allmänt Smålandsporfyrer. Lokalt förekommer fragment- och ignimbritstrukturer (jfr Wikman 1998, 2000). De bäst bevarade ryoliterna är närmast svarta och har en glasig, kryptokristallin mellanmassa. De välbevarade delarna ligger vanligen centralt i vulkanitbältena medan kontakterna mot omgivande graniter är kraftigt omkristalliserade. Intermediära till basiska vulkaniter är vanligt förekommande i OJB men i övrigt underordnade. I gränsområdena mellan graniter och vulkaniter uppträder också generellt massformiga, finkorniga bergarter som sannolikt är subvulkaniska. Granitporfyriska bergarter som sannolikt är av subvulkaniskt ursprung förekommer även som enskilda kroppar. Vulkaniterna har delats in i tre grupper efter deras sammansättning; basalt till andesit, dacit (-andesit) och ryolit till ryodacit.

Inom Oskarshamn–Jönköpingsbältet (OJB) förekommer de vulkaniska bergarterna i ett antal mindre områden, separerade av intrusivbergarter eller tektoniska zoner. Exempel är Nömmenområdet (Röshoff 1973), Fröderydsområdet (Mansfeld 1996) och Ädelforsområdet. De kännetecknas av att de domineras av vulkaniter med basaltisk till dacitisk sammansättning och att de innehåller en del sedimentära inlagringar.



Fig. 20. Kuddlava i Fröderydsgruppen, 6E Nässjö SO (0 i), 6353142/1442240. Skalindelning i cm. Foto Hugo Wikman. *Pillow lava*.



Fig. 21. Andesitisk lava med kvarts- eller epidotfyllda amygduler, 6E Nässjö SO (0g), 6350974/1430343. Skalindelning i cm. Foto Hugo Wikman.

Andesitic lava with amygdules filled with quartz or epidote.



Fig. 22. Porfyritisk lava, 6E Nässjö SO (0 f), 6352007/ 1428743. Skalindelning i cm. Foto Hugo Wikman. *Porphyritic lava*.

Basalt till andesit förekommer som folierade, mörkt gröna till mörkt grå, finkorniga bergarter ofta med små strökorn av plagioklas. Ställvis förekommer strukturer och texturer som är typiska för lavor, t.ex. kuddar (fig. 20), fyllda hålrum (s.k. amygduler, fig. 21) eller grov plagioklasporfyrisk textur (fig. 22). Fragmentförande tuff och vulkanisk breccia, vilka sannolikt har ett mer explosivt vulkaniskt ursprung, förekommer också. Även finbandade strukturer är vanliga och antyder att vulkaniten avsatts i vatten. De laminerade vulkaniterna kan innehålla lager med kalksten eller järnmalm. I Fröderydsområdet finns mäktiga lager av kalksten i vulkaniterna.

Dacit, på många ställen förskiffrad, uppträder som grå, finkorniga bergarter med en varierande mängd strökorn av plagioklas och ställvis även kvarts (fig. 23). De flesta daciter är homogena och har mandelstensförande partier, vilket antyder att de bildats som s.k. lavadomer eller subvulkaniska intrusioner. Vid Sävsjö finns laminerade, sannolikt delvis omlagrade dacitiska vulkaniter med tunna band av mer mafiska askhorisonter.

I några enstaka fall i OJB-bältet finns grå, porfyriska ryoliter och då som begränsade inneslutningar i de mer mafiska vulkaniterna. Dessa ryoliter till ryodaciter utgörs normalt av svagt folierade, röda till grå, mycket finkorniga bergarter med strökorn av plagioklas, kvarts och kalifältspat i varierande mängd och storlek. I många fall är de ryoliter som förekommer i vulkanitbältena i OJB identiska med dem som finns i övriga delar av TMB.

Vulkaniternas ålder och interna stratigrafi är till stor del okänd och vid en regional kartering uppnås inte den detaljkännedom som krävs för att upprätta en stratigrafi. I Nömmenområdet har Röshoff (1973, 1975) och i Fröderydsområdet har Mansfeld (1995) gjort interna stratigrafiska indelningar.

En dacit vid Nottekull söder om Nömmen har daterats till 1,85–1,81 miljarder år (SGU, opublicerad, U-Pb-zirkondata). Vid sjön Nömmen finns ett vulkaniskt bergartskomplex som mestadels består av intermediära till basiska vulkaniter och bedöms motsvara en fortsättning av de vulkaniska och sedimentära sekvenserna i Vetlandaområdet (Röshoff 1975). Ett vulkaniskt konglomerat vid Nömmen (6E NO) innehåller runda bollar av bl.a. granit och vulkanit av TMB-typ. Bergartsbollar i ett konglomerat vid Malmbäck (6E NV) har daterats till ca 1,80 miljarder år (Söderlund & Rodhe 1998). Åldersbestämningen visar således att åtminstone delar av dessa vulkaniska komplex är likåldriga med TMB-graniterna, och fältrelationer där brottstycken av vulkaniter förekommer i TMB-graniterna visar att de även kan vara något äldre (fig. 24).

Denna typ av vulkaniter har tidigare tolkats vara betydligt äldre, och associerade med den äldre generationen av tonalitiska till granodioritiska intrusivbergarter (jfr Persson 1985, 1989). Sannolikt har avsättningen av vulkaniter och sediment pågått fram till TMB-magmatismens huvudsakliga intrusionsfas som ägde rum för ca 1,80 miljarder år sedan, då även huvuddelen av de ovan beskrivna, omfattande ryolitiska vulkanitsekvenserna avsattes. En felsisk vulkanit vid Farstorp (6F 1 e), har daterats till ca 1,80 miljarder år (SGU, opublicerad, U-Pb-zirkondata) och bedöms vara typisk för denna utvecklingsfas. En datering av kvartsporfyrisk vulkanit i Fröderydsområdet av Mansfeld (1995) indikerar en ålder av 1,82–1,81 miljarder år.

I Vetlandaområdet, från Sävsjö i väster till Ädelfors i öster, uppträder en serie av sedimentära bergarter i ett ost–västligt bälte. De sedimentära bergarterna överlagrar de vulkaniska bergarterna i OJB-bältet, t.ex. i Ädelforsområdet och utgör sannolikt fortsättningen på en lagerföljd i OJB-bältets centrala delar. I ett konglomerat har en boll av tonalit daterats till 1,83 miljarder år (Mansfeld 2002), vilket visar att dessa sedimentära bergarter överlagrar tonalit och granodiorit i OJB.

De sedimentära bergarterna förekommer dels som grå, glimmerhaltiga gråvackor, vilka dominerar i de östra delarna, dels som mer massiva, rödgrå till gråröda, fältspatrika sandstenar som dominerar i väster. I de centrala delarna av bältet, t.ex. vid Holsbybrunn, finns stora förekomster av polymikt konglomerat. På många ställen finns antydningar om olika epiklastiska vulkanitinlagringar, t.ex. vid Laggaretorp (Persson 1985), där kontakten till de stratigrafiskt äldre vulkaniterna är mycket nära. Argillitiska led finns lokalt inlagrade, t.ex. söder om Nömmen där cordierit- och andalusitförande, mörkt grå glimmerskiffer förekommer.

Vesuvianit, bildad genom kontaktmetamorfos intill intrusioner, förekommer i kalkrika lager i Vetlandatrakten. På ett flertal ställen i Vetlandaområdet har även cordierit, andalusit och granat noterats (Persson 1989). Även dessa mineral anses bildade genom kontaktmetamorfos.

Granitbergarter

Intrusivbergarter i TMB varierar i utseende och sammansättning. Merparten är röda graniter med varierande textur. Dels förekommer fint medelkorniga till medelkorniga graniter av den typ som brukar kallas röd Växjögranit (jfr Wikman 1998, 2000), dels finns varianter som är mycket rika på kalifältspat (Tranåsgranit). Ett karaktäristiskt drag för dessa röda Smålandsgraniter är att de ofta innehåller blåtonad kvarts



Fig. 23. Dacit med 1–5 mm stora kvarts- och plagioklasströkorn och glasiga fragment, 6F Vetlanda NV (7 e), 6385134/1474953. Skalans diameter 4 cm. Foto Ulf Bergström.

Dacite with 1–5 mm quartz and plagioclase phenocrysts and glassy fragments.



Fig. 24. Brottstycke av porfyritisk lava i ögonförande TMB-granit, 6E Nässjö NV (6 b), 6381500/1409800. Skalindelning i cm. Foto Hugo Wikman.

Inclusion of porphyritic lava in porphyritic TIB-granitoid.

och att biotit är det dominerande mörka mineralet. De har även ställvis lägre kvartshalt och övergår i monzonit eller syenit. Kalifältspatporfyrisk granit är relativt vanligt förekommande. Den kan ha upp till 35 % rundade strökorn, vilka är upp till 3 cm stora, många med en tunn mantel av plagioklas (fig. 25). Även grovkorniga varianter förekommer bland de röda graniterna. Granitporfyr uppträder som mindre, subvulkaniska intrusioner men även som större kroppar, exempelvis i kartområdet 7F Tranås. Granitporfyren har vanligen zonerade strökorn i en mycket finkornig mellanmassa och är sannolikt likåldrig med TMB. Stora områden upptas även av finkorniga, röda graniter som kan vara svåra att skilja från finkorniga, jämnkorniga vulkaniter. Särskilt gäller detta i områden med övergångar mellan vulkaniter och graniter, där graniterna tolkas som subvulkaniska delar.



Fig. 25. Grovporfyrisk Smålandsgranit med plagioklasmantlade kalifältspatkristaller, 6E Nässjö NV (6 b), 638150/140980. Skalans diameter 4 cm. Foto Hugo Wikman. *Porphyritic TIB-granitoid with plagioclase-mantled K-feldspar*.

En annan vanligt förekommande bergart är en grå till gråröd, hornbländeförande granit till kvartsmonzodiorit. Den varierar starkt i utseende, både vad gäller jämnkornighet och halt av kalifältspatströkorn, och både en jämnkornig och en mikroklinporfyrisk typ kan urskiljas. Den porfyriska typen går allmänt under beteckningen Filipstadsgranit. Även dessa bergarter har vanligen blåtonad kvarts. Karaktäristiskt är också förekomsten av basiska enklaver, vilket indikerar att sura och basiska magmor är likåldriga, s.k. magmablandning (jfr Wikström 1989, Andersson 1997). En mörkt grå bergart med huvudsakligen kvartsmonzodioritisk sammansättning kan också urskiljas. Denna bergartstyp kan ha bildats genom magmablandningsprocesser och förekommer nästan alltid associerad med mafiska bergarter. Nordost om Jönköping förekommer ett område med kvartsmonzonitisk till kvartssyenitisk sammansättning.

De sura intrusiva TMB-bergarterna har inom länet generellt sett relativt måttliga halter av radioaktiva element. Det har därför inte varit möjligt att i någon större utsträckning använda den radiometriska flygmätningen för att särskilja olika bergartsled, i synnerhet i de områden där blottningsgraden är låg. I området mellan Landsjön och Bunn (7E 3–4 d–e) indikerar dock den radiometriska flygmätningen en markant, ungefärligt ost-västlig gräns, vid vilken halterna av torium och uran distinkt förändras. Skillnaden kan inte förklaras av en variation i jordarternas sammansättning utan speglar egenskaper hos berggrunden. I den norra delen av området förekommer huvudsakligen röd granit, med inslag av syenit och metaryolit. Dessa bergarter har överlag relativt låga uranhalter (1,4–3,1 ppm) samt varierande toriumhalter (3-13 ppm). Inom den södra delen av området har en monzonit med mycket låga uran- och toriumhalter (0,5–1,1 respektive 0,6–



Fig. 26. Grå, jämnkornig monzogranit till granodiorit tillhörande OJB (1,83 miljarder år). Det mest felsiska ledet i Bäckabyintrusionen, 6F Vetlanda SV (0 b), 6351930/1456479. Skalans diameter 4 cm. Foto Ulf Bergström.

Grey, equigranular monzogranite to granodiorite. The most felsic part of the 1.83 Ga Bäckaby intrusion, OJB.

1,6 ppm) påträffats (7E 3 d–e). Bergarten har samtidigt en relativt hög kaliumhalt (4,2–4,7 %), vilket är ovanligt (jfr fig. 12).

Granodiorit till tonalit förekommer också, vanligen medel- till grovkornig, mörkt grå till ljust grå och hornbländeförande (fig. 26). Större tonalitkroppar finns inom OJB och har daterats till 1,83 miljarder år (t.ex. Mansfeld 1996, Åhäll m.fl. 2002). De granodioritiska till tonalitiska intrusionerna har varierande susceptibilitet (jfr fig. 14), men framträder vanligen som områden med svagt magnetfält, exempelvis söder om Eksjö (fig. 6). I allmänhet har de granodioritiska-tonalitiska enheterna högre densitet än de graniter och monzograniter som uppträder i omgivningen (fig. 14). Intrusionen söder om Eksjö markeras dock av ett tydligt tyngdkraftsminimum (fig. 7), sannolikt orsakat av att den granodioritiska till tonalitiska bergarten har lägre densitet än de vanligen förekommande tunga basiska bergarterna i omgivningen. Längre åt öster, omkring Kvillsfors, är tyngdkraften förhöjd i anslutning till de granodioritiska till tonalitiska intrusiven, i förhållande till området norr därom, vilket domineras av relativt lätta, granitiska bergarter. Kontakten mellan dessa bergartsenheter stryker i ungefärligen västnordvästlig riktning och markeras av en tydlig tyngdkraftsgradient. I området kring Kvillsfors förekommer dock rikligt med basiska bergarter, vilka sannolikt i stor utsträckning bidrar till tyngdkraftsförhöjningen.

Strålningsmätningarna både från luften och på marken visar på stora skillnader mellan tonalit och granit (fig. 3).

Basiska bergarter

Inom Jönköpings län förekommer ett stort antal gabbro- och dioritintrusioner som tillhör TMB. Även kvartsdiorit och amfibolit förekommer. Dessa basiska till intermediära bergarter är vanligen grå till svarta, fin-till grovkorniga och massformiga (fig. 27). De utgör små, upp till ett par tre kilometer stora, oregelbundet formade kroppar. Dock förekommer intrusioner med en utbredning av 6–7 km, t.ex. vid sjön Tjurken, väster om Virserum och i trakten av Inglamåla. Lokalt kan en magmatisk lagring urskiljas, med olika proportioner av plagioklas, pyroxen, hornblände och olivin, t.ex. i Växjö (Wikman 2000). Kvartsdioriter innehåller vanligen en betydande mängd biotit. Kontaktrelationerna och den relativa åldern till omgivande TMB-graniter varierar men magmablandningsstrukturer är vanliga. Ofta syns blandningen som basiska enklaver i de sura bergarterna (ofullständig blandning) eller som hybridisering (fullständig blandning). I kontaktområdet runt större gabbrointrusioner är ofullständig blandning särskilt tydlig. Den stora variationen i kemisk sammansättning i vissa basiska bergartsled är troligen orsakad av hybridisering.

Ultramafiska intrusioner förekommer i liten omfattning; t.ex. vid Finntorp (6E 8 d) finns en glimmerrik ultrabasisk bergart.

Norra Kärr

En alkalin intrusion förekommer inom ett ca 1200× 400 m stort område runt Norra Kärr (7F 8 f). Det utgörs huvudsakligen av gråaktigt grön, finkornig grännait, en ovanlig bergart som består av en speciell form av nefelinsyenit, uppkallad efter Gränna. Området



Fig. 27. Hornbländegabbro tillhörande TMB, 6F Vetlanda NV (8 d), 6393299/1469261. Skalans längd 6 cm. Foto Ulf Bergström. *Hornblende gabbro belonging to TIB*.

är beskrivet tidigare av Blomberg (1906), Adamson (1944), von Eckermann (1968) och Blaxland (1977). Utmärkande för bergarterna är den ovanligt rikliga mängden zirkoniummineral. Åldern på intrusionen vid Norra Kärr är genom Rb-Sr-analys beräknad till ca 1,58 miljarder år (Blaxland 1977). Lokala partier med mycket hög gammastrålning förekommer inom kroppen, med uranhalter över 100 ppm och toriumhalter över 400 ppm.

Gångbergarter

Olika generationer av diabas förekommer öster om Protoginzonen. Den äldsta generationen kallas uralitdiabas (omvandlad diabas) och gångporfyr. De förekommer endast lokalt i Jönköpings län och läsaren hänvisas till beskrivningen av kartan över Kalmar län (Wik m.fl. 2005). Åldern på gångporfyrerna är ca 1,78 miljarder år (Nilsson & Wikman 1997).

Blekinge–Dalarnadiabas är grå till svart, finkornig till fint medelkornig och vanligen odeformerad. Den har fått sitt namn av att gångarna förekommer från Blekinge till Dalarna. Gångarnas bredd varierar från någon centimeter till 50 m, i sällsynta fall ett hundratal meter. Deras orientering varierar mellan nordnordvästlig och nordnordostlig, vanligen med brant stupning. Blekinge–Dalarnadiabas förekommer också som lagergångar inom Almesåkragruppen. Moderna dateringar visar att gångarna bildades för 0,97 till 0,94 miljarder år sedan (Söderlund m.fl. 2005). Magnetfältet tyder på att det finns ett flertal diabaser med riktning NNV till NNO (fig. 6). Åldern på de flesta enskilda gångar är okänd men många av dem tillhör troligen Blekinge-Dalarnadiabaserna. En av dessa gångar går att följa mellan Tegnaby (strax sydost om Växjö) till Asa (sydost om Eksjö) över ett avstånd av ca 80 km.

Diabas med kvartsitiska bollar, vanligen kallad "diabaskonglomerat", finns på flera ställen i Småland och söderut till Blekinge och Skåne (Eichstädt 1885). Denna bergart har bildats då Blekinge–Dalarnadiabas intruderat och inneslutit material från sedimentära bergarter motsvarande dem i Almesåkragruppen (Berg-Lembke 1970). I Jönköpings län förekommer "diabaskonglomerat" bl.a. på Taklasberget i Stensjön och på två öar i sjön Nömmen sydväst om Rödjenäs (6E 6 i). Bergarten är en viktig indikator på att gångarna intruderade på ett grunt djup och att den berggrund som gångarna passerar inte heller befunnit sig på stort djup efter diabasens bildning.

Det finns också ovanliga gångar vars åldrar är okända. Bredden är i allmänhet inte mer än högst ett tiotal meter och riktningarna varierar, med nord–sydliga och nordnordostliga som mest framträdande. En blandad gång, som visar blandningsstrukturer (s.k. "mingling") av felsiska och mafiska komponenter, finns vid Eksjö golfbana (6E). Mönstret i magnetiska anomalikartan tyder på att gången är flera km lång. En porfyritgång finns ca en kilometer sydväst om sjön Södra Vixen (6E 7 i). Den innehåller en mycket stor andel (upp till 65 volymprocent) 10–15 mm långa plagioklasströkorn.

Almesåkragruppen

Almesåkragruppens sedimentära bergarter (fig. 28), främst arenitiska sandstenar, och de diabaser som slår igenom de sedimentära bergarterna, utgör en egen enhet på kartan och har en utbredning på ca 300 km². Informationen i berggrundskartan och beskrivningen nedan grundar sig på den detaljerade undersökning som presenterades av Rodhe (1987). Ursprungligen har utbredningen av Almesåkragruppens bergarter sannolikt varit betydligt större och dess bergarter återfinns även i södra Östergötland (Persson & Wikman 1986). Xenoliter av kvartsitisk sandsten i diabas har bl.a. noterats vid Alvesta och i Blekinge (Rodhe 1988, Kornfält & Bergström1990, Wikman 1998), vilket antyder att utbredningen även söderut kan ha varit avsevärt större.

Rodhe (1987) delar upp de sedimentära bergarterna i fem olika litostratigrafiska enheter. Den översta enheten, Storkvarnenformationen, består främst av grå kvartsitiska sandstenar och är litostratigrafiskt skiljd från underliggande enheter som domineras av röda till grå arenitiska fältspatsandstenar (t.ex. Marbäcks-, Nässjö-, Forserums- och Branteviksformationerna). Underordnat förekommer inlagringar av skiffer och konglomerat. Karbonatrika led förekommer i Hamnarydområdet. Välbevarade sedimentära strukturer som korsskiktning, torksprickor, vågmärken och planlaminering är vanliga. Rodhe tolkar avsättningsmiljön för de undre formationerna som deltabildningar i grunda vatten, medan de övre formationerna huvudsakligen motsvarar avsättningar i strömmande vattenmiljö. Rodhe anser att ursprungsmaterialet i första hand var sedimentärt och att bevarade strömningsriktningar antyder att materialet till Almesåkragruppens sediment kommer från öster. Ett alternativt scenario är att Almesåkragruppens sediment utgör erosionsprodukter från den svekonorvegiska bergskedjeveckningen i väster. Lokalt förekommande överskjutningar med släpveck har rapporterats (Hedström 1917, Gavelin 1931, Rodhe 1987). Almesåkragruppens sammanlagda lagermäktighet är uppskattad till över 1000 m (Rodhe 1987). Den nya flygmätningen av det magnetiska totalfältet indikerar att de sedimentära bergarterna idag är maximalt 400 m mäktiga.



Fig. 28. Metasedimentära bergarter från Almesåkra, 7E Jönköping SO (3 i), 6416650/1444910. Bildens längdsida ca 20 cm. Foto Hugo Wikman.

Metasedimentary rocks from the Almesåkra group.

I Almesåkragruppens sedimentära bergarter har diabas intruderat, huvudsakligen som lagergångar eller täcken. De tillhör Blekinge–Dalarnadiabaserna (Söderlund m.fl. 2005). Almesåkradiabasen har en densitet av 2850–3030 kg/m³, susceptibiliteten är vanligen 1000–3000 × 10⁻⁵ SI-enheter och den remanenta magnetiseringen 0,1–0,4 A/m. Den remanenta magnetiseringen har en deklination av 332° till 29° och en inklination av –28° till 17° (dvs. dess riktning är nästan horisontell och nordlig).

PROTOGINZONEN

Protoginzonens huvudsakliga strukturgeologiska karaktärsdrag är nord–sydligt orienterade, branta och tydligt avgränsade stråk med kraftig deformation och mylonitbildning samt mellanliggande, mindre deformerade domäner.

Söder om Vättern varierar zonerna i bredd från helt separata, millimetertunna stråk till hundratalet meter (fig. 10). I deformationszonerna förekommer, förutom en välutvecklad foliation, vanligen en associerad, brant lineation (fig. 29). Ställvis är foliationen veckad i småveck eller krenulationer längs branta veckaxlar (Wikman 2000). Den metamorfa graden varierar från grönskifferfacies längst i öster till amfibolitfacies i väster, något som syns tydligast i de deformerade basiska bergarterna. I öster innehåller de klorit, är grönsvarta och innehåller rikligt med kvartskörtlar. I väster är de omvandlade till svarta amfiboliter, som vanligen är biotitrika och innehåller granat. I de granitiska, deformerade bergarterna märks den metamorfa variationen framför allt genom att fältspaterna, i synnerhet kalifältspat, i större utsträckning är omkristalliserade i väster. I och med den ökade metamorfa graden sker en övergång



Fig. 29. Stereoplottar av konturerade poler till foliationsplan (**A**) och lineationer och veckaxlar (**B**), från södra delen av Protoginzonen (söder om 6355000). Stereoplottar över strukturer i Protoginzonens norra del, V till SV om Vättern (området mellan 6425000–6375000 och 1410000–1381000). I deformationszonerna förekommer en välutvecklad foliation (**C**, konturerade poler till foliationsplanen), oftast med en associerad, brant lineation (**D**).

Stereoplots of contoured poles to foliation planes (**A**) and lineations and fold axes (**B**) from the southern part of the Protogine Zone (south of 6355000). Stereoplots of structural elements W to SW of Vättern within the Protogine Zone (area 6425000–6375000 and 1410000–1381000). The structures are well grouped. Contoured poles to foliation planes (**C**) with associated lineation (**D**).

från spröd-plastisk till plastisk deformation, och de enskilda deformationszonerna är generellt bredare. Stora mängder kvarts uppträder som sprickfyllnader.

I nordvästra delen av Jönköpings län har Protoginzonen en nordnordvästlig strykning och norröver följer zonen i princip sjön Vätterns sträckning. Där är deformationszonerna distinkta och brantstående men oftast inte mer än någon meter breda. Mellan dessa deformationszoner dominerar en ost–västligt strykande regional gnejsighet. I denna del av Protoginzonen förekommer färre nord–sydligt orienterade diabasgångar och ingen syenit. Protoginzonsdeformationen skär i denna del av zonen både TMB-berggrund och Östra segmentets gnejsberggrund och löper i princip parallellt med kontakten mellan dessa.

Asymmetriska småstrukturer som visar relativa rörelseriktningar förekommer. Den vanligast förekommande typen är asymmetriska, linsformade rester av större fältspatkristaller. Undersökningar av dessa visar omväxlande rörelseriktningar (normal, revers samt horisontell förskjutning, Andréasson & Rodhe 1996). För Protoginzonen söder om Vättern är förändringen i metamorf grad ett kriterium för att avgöra den huvudsakliga relativa rörelseriktningen i sensvekonorvegisk tid, eftersom det är uppenbart att västligare delar av berggrunden har genomgått metamorfos och deformerats vid successivt större djup. Åldersbestämningar från olika delar av Protoginzonen har visat att berggrunden genomgick en metamorf avsvalning i sensvekonorvegisk tid (tidpunkten då muskovit registrerar när avsvalningen passerade ca 375 °C är 0,96–0,92 miljarder år; Andréasson & Dallmeyer 1995 och referenser däri).

Spröda zoner, vanligen beklädda med glidytor och sekundära järnutfällningar, förekommer också. De är vanligtvis orienterade parallellt med de plastiska zonerna, och anses vara samtida med bildningen av Vätternsänkan (Månsson 1996).

Vulkaniska bergarter

De vulkaniska och sedimentära bergarter som förekommer tillsammans med TMB-graniterna i öster är ovanliga i Protoginzonen. En förhållandevis välbevarad vulkanisk enhet i nordvästra delen av Jönköpings län är den s.k. Habosviten (Appelquist 2003, fig. 30). Denna bandade enhet består av vulkaniska och sedimentära led med olika sammansättningar. Finkorniga, mörka partier motsvarar basaltiska till dacitiska, troliga askavsättningar. Porfyriska delar visar att det även förekommer lavor.

Granitbergarter

I Protoginzonen finns samma slags djupbergarter som öster om den Svekonorvegiska provinsen, men här är de kraftigt deformerade längs urskiljbara stråk. Ställvis är bergarterna emellertid välbevarade, t.ex. den porfyriska granit som omger Habovulkaniten (fig. 31). Olika typer av porfyrisk granit med större kristaller av kalifältspat är lätta att känna igen (fig. 32). De är gråröda till rödgrå, medelkorniga och varierar i sammansättning mellan granit och kvartsmonzonit. Ljusa bergarter med strikt granitisk sammansättning förekommer också, t.ex. Hagshultsgranit. Den är ljusröd med sockerkornig kvarts och inehåller endast lite mörka mineral.

I de mest deformerade stråken har granitbergarter som ursprungligen varit medel- till grovkorniga genomgått kornstorleksförminskning och är idag betydligt finkornigare. Detta är mycket tydligt där porfyriska granitbergarter har deformerats. I dessa har ögonen, mestadels kalifältspat, helt eller delvis omkristalliserat till finkorniga aggregat. Åldrar mellan 1,80 till 1,66 miljarder år är rapporterade för olika TMB-graniter i Protoginzonen (t.ex. Claeson 1999, Wikman 2000).



Fig. 30. Habovulkanit, huvudsakligen dacit, 7D Ulricehamn SO (4j), 6424720/1397134. Foto Lena Lundqvist. *Habo volcanite, mainly dacite.*



Fig. 31. Granit av yngsta generationen tillhörande TMB, 7D Ulricehamn SO (4j), 6424720/1397134. Foto Lena Lundqvist. *Granite of the youngest TIB generation*.



Fig. 32. TMB-granitoid med plagioklasmantlade kalifältspatögon, 6D Gislaved NO, (6 i), 6383585/1394440. Foto Lena Lundqvist. *TIB-granitoid with plagioclase-mantled feldspars*.

Eventuellt är granodioritiska till tonalitiska bergarter i området väster om Vättern likåldriga med de 1,83 miljarder år gamla bergarterna med liknande sammansättning i OJB.

Vaggerydssyenit

I Protoginzonen förekommer 1,22–1,20 miljarder år gamla syenitbergarter, vilka uppträder som långsträckta, nord–sydligt orienterade intrusioner (Ask 1996, Jarl 2002).

Vaggerydsmassivet är det största, ett ca 50 km långt komplex beläget i den centrala delen av zonen, från Värnamotrakten och norrut mot Taberg. Vaggerydsmassivet består till största delen av medelkornig kvartssyenit och syenit. Skillnader i kornstorlek från grov- till finkorniga varianter förekommer och ställvis är bergarten porfyrisk. Färgen varierar från mörkt grå till rödbrun i frisk yta och från röd till gråröd i vittrad yta. Mörka mineral i dessa bergarter är vanligen pyroxen och biotit. Bergarten vittrar lätt och djupvittring till ett djup av en meter har iakttagits. Ställvis förekommer även leukokratiska led som är mycket fattiga på mörka mineral. Hybridbergarter med inslag av basiska sammansättningar förekommer. Vanligtvis är syenitbergarterna deformerade och har en kraftig nord-sydlig foliation, men helt odeformerade partier förekommer också.

Låga densiteter och ett långsträckt tyngdkraftsminimum sammanfaller med huvudintrusionen. Vaggerydssyeniten räcker inte till som förklaring till tyngdkraftsminimat, utan även djupare liggande bergartskroppar måste till. Enstaka magnetiska förhöjningar längs smala stråk föreligger inom bergarten. Dessa delar är även strålningsmässigt anomala med förhöjda toriumhalter.

Enligt Ask (1992) förekommer ytterliggare två satellitintrusioner med noritiska gångar som tillhör Vaggerydsmassivet, 2 km sydväst om Taberg och vid Svenstorp.

Basiska bergarter

Ett flertal generationer gabbro, diorit och diabas förekommer inom Protoginzonen. Kända generationer är 0,95, 1,20, 1,40, 1,57 samt 1,70 miljarder år gamla (t.ex. Patchett 1978, Johansson & Johansson 1990, Lundqvist 1996, Claeson 1999 och Söderlund m.fl. 2005). Även kvartsdiorit och amfibolit förekommer i området. Dessa basiska till intermediära bergarter är grå till svarta, fin- till grovkorniga och förekommer som mindre intrusioner eller gångar. De har delvis olika särdrag och olika typer av kontaktrelationer till omgivande granitbergarter, men i enskilda fall kan det vanligen inte avgöras vilken åldersgeneration bergarten tillhör. Den magnetiska remanensen, NRM, har för diabaser daterade till ca 950 miljoner år vanligen en västlig (deklination ca 270°) och brant uppåtriktad (inklination ca –70°) riktning (Bylund & Pisarevsky 2002). Diabasgångar daterade till ca 1 260 miljoner år har vanligen en NRM-riktning där deklinationen är ca 45° och inklinationen ca –30° (Elming m.fl. 2004). Detta innebär att läge, bredd och form kan bestämmas relativt väl utgående från den magnetiska mätningen.

Inom Protoginzonens deformationsstråk är de basiska bergarterna ställvis extremt deformerade och har omvandlats till biotit- och kloritrika, finbandade och veckade skiffrar (Wikman 2000). I den västligaste delen av zonen har deformerade basiska bergarter omvandlats till finbandade, granatförande amfiboliter, vilket speglar högre metamorfa temperatur- och tryckförhållanden. Där har även odeformerade partier av basiska bergarter överpräglats av metamorf omkristallisation, vilket visar sig som tunna kransar, s.k. koronor av mycket finkornig granat och hornblände mellan de magmatiska mineralen.

Välbevarade basiska intrusioner av TMB-ålder förekommer och bildar små, upp till ett par tre kilometer stora, oregelbundet formade kroppar. Exempelvis vid sjön Rymmen (5E 5–6b–c) finns en 1,69 miljarder år gammal lagrad intrusion som till största delen är intakt (Claeson 2001) och framträder med en tydlig, cirkulär form på den magnetiska anomalikartan (fig. 6). Geofysisk modellering, med en bulkdensitet för hela intrusionen på 2 850 kg/m³ och form som en snittad ellipsoid, indikerar ett maximalt djup av 4 km. De magnetiska egenskaperna karaktäriseras av en kraftig remanens (Q-kvot ca 20) med deklination ca 136° och inklination ca 44°.

Väster om Jönköping finns ett antal mindre gabbrokroppar med plagioklasporfyriska led, ställvis anortositiska (fig. 33). En åldersbestämning av titanit (U-Pb-metoden) från den uppsmälta graniten i kontakt med gabbron har givit ca 1,38 miljarder år, vilket även tolkas som minimiåldern på gabbron (Lundqvist 1996). Associerade med de anortositiska bergarterna finns även en ca 1,4 miljarder år gammal svärm av sammansatta gångar, orienterade i ost–väst (Lundqvist 1996). De har dacitiska, andesitiska och anortositiska sammansättningar.

Tre generationer av diabasgångar, 0,95, 1,20 respektive 1,57 miljarder år, har identifierats i Protoginzonen. Där uppträder en särskild, helt svart, diabas som kallas hyperitdiabas och som huvudsakligen tillhör någon av de äldre generationerna (fig. 34). Bergarten är fintill grovkornig, och där den är odeformerad har den iögonfallande, mörka och reflekterande plagioklaslister. Dess mycket mörka färg beror på en pigmentering av plagioklas, orsakad av Fe-Ti-oxider (Estifanos m.fl. 1998). Hyperitdiabas förekommer både i Protoginzonen och väster därom, t.ex. vid Bondstorp (6D NO)



Fig. 33. Anortosit, norr om Bottnaryd, 7D Ulricehamn SO (1g), 6409265/1382250. Foto Lena Lundqvist. *Anorthosite, north of Bottnaryd.*



Fig. 35. Grå, finkornig, ådrad och veckad gnejs, 5E Växjö NV (5 d), 632590/141820. Skalindelning i cm. Foto Hugo Wikman. *Migmatitic and folded gneiss*.



Fig. 34. Hyperitdiabas, 5E Växjö SV (3 a), 631820/140365. Skalindelning i cm. Foto Hugo Wikman. *Hyperite dolerite.*

där den även är delvis metamorf med granatförande delar. Titanomagnetitmalmen i Smålands Taberg är en del av en större hyperitdiabas. Denna bergart har nyligen åldersbestämts till ca 1,20 miljarder år (Larsson & Söderlund 2005). Malmen i Smålands Taberg har en densitet av närmare 3 900 kg/m³, en susceptibilitet av ca $25\,000 \times 10^{-5}$ SI-enheter, och den remanenta magnetiseringen är mycket hög (ca 150 A/m). Detta innebär att den remanenta magnetiseringen, trots den höga susceptibiliteten, dominerar över den inducerade magnetiseringen (Q-kvoten är ca 18).

Ungefär 6 km NNO om Mullsjö uppträder en diabas vid Järnberget (7D 5 h). Diabasen är finkornig och kraftigt magnetisk. Mätningen visar susceptibilitetsvärden på 6000×10^{-5} respektive 19000×10^{-5} SI-enheter samt densitetsvärden på 3016 respektive 3360 kg/m³. Den remanenta magnetiseringen är hög (95 resp. 9 A/m).

Den yngsta diabasgenerationen, kallad Blekinge– Dalarnadiabas, har identifierats både i Protoginzonen och öster därom. Moderna dateringar visar att den bildades för 0,97 till 0,94 miljarder år sedan (Söderlund m.fl. 2005). Ställvis innehåller även Blekinge–Dalarnadiabaserna en mörk plagioklas, vilket gör det svårt att särskilja dem från de äldre diabasgenerationerna.

Gnejs

I delar av Protoginzonen, exempelvis dess östra del (5E 5 d, 6E 5 d, 6 d–e), finns gnejser vars ursprung och tillhörighet är okänd. De skiljer sig tydligt från omgivande deformerade TMB-graniter genom att de är finkorniga, grå, genomgripande ådrade och veckade (fig. 35). Gnejserna förefaller inte ha någon större utbredning utanför Protoginzonen, men illustrerar att ådrade gnejser förekommer långt öster om Östra segmentet. Tydligt intrusiva kontaktrelationer mellan ådrad gnejs av sannolikt vulkaniskt ursprung och Smålandsgranit har dokumenterats (Wikman 2000), vilka visar att gnejserna utgör brottstycken i TMB. En åldersbestämning (Kullaskog, 5E 9 a, fig. 35) resulterade i ursprungsåldern 1,77 miljarder år (U-Pbdatering av zirkon; Möller m.fl. 2005).

ÖSTRA SEGMENTET, SVEKONORVEGISKA PROVINSEN

Inom det Östra segmentet sker en övergång västerut till strukturellt djupare och högmetamorfa nivåer i berggrunden, vilket medför skillnader i bergarternas utseende och materialegenskaper. Två huvudsakliga tektonostratigrafiska domäner, här kallade övre och undre nivån, urskiljs på den berggrundsgeologiska kartan. Domänerna skiljer sig åt vad gäller deformationsstrukturer och metamorfos, men även vad gäller berggrundens sammansättning. Bergarter med ursprung i det Transskandinaviska magmatiska bältet kan i omvandlade former följas västerut över Proto-



Fig. 36. Ljusröd granitisk gnejs i Östra segmentets övre nivå. Bergarten är helt omkristalliserad och starkt deformerad, och deformationstexturen definieras tydligast av tunna stråk med mörka mineral, 5D Värnamo NO (8 i), 6341939/1393992. Skalans diameter 20 mm. Foto Charlotte Möller.

Light reddish granitic gneiss in the upper level of the Eastern Segment. The rock is completely recrystallised and strongly deformed. The deformation fabric is clearly marked by thin streaks of dark minerals.



Fig. 37. Deformerad ådergnejs med amfibolitband i Östra segmentets undre nivå. Ådror och tunna amfibolitband har sträckts eller veckats, och tjockare amfibolitband är söndersträckta (boudinerade), 5D Värnamo NO (8 f), 6341165/1375742. Hammarens längd 55 cm. Foto Charlotte Möller.

Deformed migmatitic gneiss with amphibolite layers in the lower level of the Eastern Segment. Veins and thin amphibolite layers have been stretched and folded, and thicker amphibolite layers are boudinaged.

ginzonen. Övre nivån av Östra segmentet består huvudsakligen av granitiska bergarter som är snarlika bergarterna i TMB öster om Protoginzonen, men är kraftigt omkristalliserade, gnejsiga och veckade, och tolkas som omarbetad TMB-berggrund. Dessa är urskiljbara fram till en flackt till måttligt östligt stupande gräns som utgör kontakten till den undre nivån av Östra segmentet. Den undre nivån utmärks av en större heterogenitet i berggrundens sammansättning och en högre metamorfosgrad med uppsmältning och åderbildning. Berggrunden har en mer komplex uppbyggnad och innehåller tektoniskt inskjutna enheter (jfr Möller 1998), även om många bergarter i den undre nivån har ett sannolikt ursprung som TMB-granit (jfr Andersson m.fl. 2006).

Kontakten mellan den övre och undre nivån i Östra segmentet är tydlig. I övre nivån dominerar en relativt homogen, kvarts- och kalifältspatrik, ljusröd granitisk gnejs av sannolikt TMB-ursprung (fig. 36), medan undre nivån består av heterogent bandad och starkt ådrad, grå gnejs av granitisk till granodioritisk sammansättning. Bandningen i ådergnejsen består, förutom ådrorna, av band och avslitna lager av amfibolit samt decimeterbreda ljusröda granitiska lager (fig. 37). Uppsmältning och samtida deformation vid en lokal nära Bredaryd (5D 8 f, fig. 37), nära kontakten till den övre nivån, har åldersbestämts till 0,95 miljarder år och har således skett under slutfasen av den svekonorvegiska bergskedjebildningen (Johansson m.fl. 2006). De huvudsakliga strukturelementen i Östra segmentet är gemensamma för övre och undre nivån: en regional gnejsig foliation, en omveckning av denna i upprätta till måttligt överstjälpta veck med ost–västliga till nordvästliga axlar, samt en sträckningslineation som är parallell med veckaxeln (fig. 38). I den undre nivån förekommer även andra strukturer; inom Jönköpings län är framför allt isoklinalveckade ådror vanligt förekommande.

Det finns ett flertal moderna åldersbestämningar (U-Pb-datering av zirkon och titanit) som knyter den höggradiga metamorfosen (övre amfibolit- och högtrycksgranulitfacies) i Östra segmentet till den svekonorvegiska bergskedjebildningen vid 0,98-0,95 miljarder år (se sammanfattning i Söderlund m.fl. 2002). Detta är också fallet för bildningen av den metamorfa, extrema högtrycksbergarten eklogit som förekommer strax väster om Jönköpings länsgräns (Möller 1998, 1999, Johansson m.fl. 2001). Strukturer i de inre delarna av Östra segmentet är dock ännu i mycket liten utsträckning daterade. Det har framlagts helt olika tolkningar, där de regionalt dominerande strukturerna ansetts bildade för 1,70–1,55 miljarder år sedan (t.ex. Larson m.fl. 1986, Christoffel m.fl. 1999), eller för 0,98-0,95 miljarder år sedan (t.ex. Möller & Söderlund 1997 och referenser däri). Under senare delen av 1990-talet har tillgång till ny teknik (jonsond, jfr nedan) medfört bättre förutsättningar för åldersbestämning av exempelvis åderbildning. Jonsondsdata har verifierat både genomgripande deformation och

kraftig åderbildning av svekonorvegisk ålder (Andersson m.fl. 1999, Söderlund m.fl. 2002, Johansson m.fl. 2006; se även fig. 37). Åderbildning i samband med veckningen längs de dominerande, ost-västliga veckaxlarna har åldersbestämts till 0,97 miljarder år (Möller & Andersson 2006). Det är också väl dokumenterat att 1,39 miljarder år gamla granitbergarter, en generation som endast har identifierats i Östra segmentets undre nivå, har genomgått stark deformation och uppsmältning under den svekonorvegiska bergskedjebildningen (Andersson m.fl. 1999; jfr även bergartsbeskrivningen nedan). Även äldre metamorfos och ådring, ca 1,44 miljarder år gammal, har verifierats med modern dateringsteknik (Christoffel m.fl. 1999, Söderlund m.fl. 2002, Möller m.fl. 2005), liksom metamorf charnockitbildning vid ca 1,40 miljarder år (Rimsa m.fl. 2004). Dessa äldre metamorfoser är båda associerade med intrusion av granitgångar, men deras kopplingar till deformationsstrukturer och tektonik är ännu dåligt känd. Det är dock klart att berggrunden i stor utsträckning överpräglats av plastisk deformation och veckning som skett senare än 1,4 miljarder år (Möller m.fl. 2006).

Yngre, spröda lineament och smala zoner är också tydliga i kartbilden. De är huvudsakligen branta och orienterade i NNO, och vissa av dem är förkastningar som har orsakat förskjutningar mellan bergartsblock. Detta är särskilt påtagligt i södra delen av Jönköpings län och över länsgränsen till Halland där högmagnetisk granitisk gnejs, vilken förekommer i ett nordligt stupande lager konformt med de regionala strukturerna, är en tydlig markör i kartbilden. Där syns att förskjutningen längs de spröda zonerna skett huvudsakligen i vertikalled, med västra blocket upp.

Övre nivån

Den övre nivån av Östra segmentet domineras av storskaliga veckstrukturer, huvudsakligen upprätta eller svagt överstjälpta synformer och antiformer. Veckaxlar och axialplan är nordväst–sydostligt orienterade. Närmast Protoginzonen har strukturerna roterats in i och överpräglats av den branta Protoginzonen, så att de stupar allt brantare österut. Helt nära zonen är foliationsmönstret mycket oregelbundet. Denna omorientering av strukturerna är sannolikt orsakad av upplyftningen av Östra segmentet i slutfasen av den svekonorvegiska bergskedjebildningen.

Bergarterna i området har omarbetats under amfibolitfaciesförhållanden. De granitiska bergarterna är helt omkristalliserade och har vanligen både stark foliation och lineation, vilka definieras av tunna biotitstråk växlande med kvarts- och fältspatrika, halvcentimeterbreda domäner (fig. 36). Foliationen följer de storskaliga veckstrukturerna och är således bildad innan veckningen. Den dominerande lineationen är parallell med veckaxlarna och därför sannolikt bildad samtidigt med veckningen. Temperatur och tryck för metamorfosen har beräknats för granatamfibolit omedelbart väster om Protoginzonen (samhället Åker, sydväst om Skillingaryd) och resulterat i 600–630 °C och 10–12 kbar (Söderlund m.fl. 2004). De uppmätta



Fig. 38. Strukturer i området 6D Gislaved och 5D Värnamo, Östra segmentet: **A.** konturerade poler till gnejsighetsplan, **B.** stänglighet och veckaxlar.

Structural elements from the area 6D Gislaved and 5D Värnamo, Eastern Segment: **A.** contoured poles to gneissosity planes, **B.** lineations and fold axes.

trycken motsvarar ett djup av ca 40 km, vilket pekar på att en betydande del av de rörelser som kanaliserat den sensvekonorvegiska upplyftningen av Östra segmentet måste ha lokaliserats till övergången mellan Östra segmentet och Protoginzonen.

Som framgår av bergartsbeskrivningen nedan finns odeformerade delar i många av de basiska kropparna, vilket kan bero på att de basiska bergarterna varit mer deformationsresistenta än de granitiska. De odeformerade delarna har också helt eller delvis undgått metamorf omkristallisation. Där basiska bergarter metamorfoserats har i regel susceptibiliteten minskat och densiteten ökat. Densitetsökningen beror på anpassning till höga tryck med framför allt bildning av granat.

Granitisk och kvartsmonzonitisk gnejs

Tre typer av gnejs har urskiljts i området omedelbart väster om Protoginzonen. De har identifierats som TMB-graniter av samma slag som dem som förekommer i Protoginzonen, men är oftast fullständigt omkristalliserade och deformerade. De foliationer som ses i bergarterna följer de strukturer i större skala som illustreras bl.a. i den magnetiska anomalikartan, delvis som kilometerstora, öppna veck med ostligt stupande axlar.

Ljust röd till gråröd granitisk gnejs med relativt små mängder mörka mineral dominerar. Bergarten är finkornig till fint medelkornig, men den har en textur med omkristalliserade mineraldomäner som visar att den tidigare varit medel- till grovkornig. Den vanligaste strukturen i liten skala är en kombination av planstruktur och linjärstruktur, definierad av tunna, mörka mineralstråk (huvudsakligen biotit, små mängder titanit och opakmineral, lokalt även granat) och mellanliggande, halvcentimeterbreda domäner med omkristalliserad fältspat och kvarts (fig. 39). Lokalt är bergarten mycket fattig på mörka mineral och då strukturlös. En åldersbestämning (prov från Åsafors) visar att bergarten är ca 1,67 miljarder år gammal (SGU, opublicerad, U-Pb-datering av zirkon), och därmed troligtvis korrelerbar med granit av Hagshultstyp strax öster om Protoginzonen (beskriven ovan). I vissa områden är den granitiska berggrunden homogen, finkornig och folierad, vilket gör dess ursprung svårtolkat. Dessa bergarter kan ha haft sitt ursprung som granit, subvulkanit eller vulkanit (jfr "Övriga bergarter" nedan).

Två typer av gnejs med relikt porfyrisk textur förekommer, varav den ena har strikt granitisk sammansättning och den andra är kvartsmonzonitisk, fattigare på kvarts och något mörkare. Båda är deformerade och de stora kalifältspatkristallerna är omkristalliserade (fig. 40). De mörka mineralen i gnejserna är huvudsakligen biotit samt små mängder titanit, opakmineral och epidot.

Basiska bergarter

Basiska bergarter förekommer i riklig mängd, de flesta som relativt små, men upp till 3-4 km avlånga kroppar förekommer. De är heterogent omarbetade och helt eller delvis omvandlade till granatamfibolit eller, mer sällan, amfibolit utan granat. Granatamfiboliterna består huvudsakligen av hornblände, granat, plagioklas, biotit, kvarts och titanit, och har vanligen en tydlig lineation eller en kombinerad lineation och foliation som definieras av omväxlande ljusa och mörka mineraldomäner (fig. 41). Där bergarten är odeformerad och har omkristalliserat i begränsad utsträckning har finkornig granat och hornblände bildats i koronor (fig. 42). Vissa välbevarade basiska bergarter har en magmatisk lagringsstruktur, med varierande, centimetertill halvmetertjocka lager med olika proportioner av mörka mineral och plagioklas (fig. 43).

Enstaka basiska kroppar innehåller också fullständigt bevarade, magmatiska domäner. Exempel på sådana finns vid Åker (6D SO) och Herrestad (5D NO). Strax söder om samhället Åker finns en ca 20 m lång vägskärning där övergången från gabbro till starkt folierad granatamfibolit är kontinuerligt exponerad. Med hjälp av magmatiska mineral från den välbevarade gabbrodelen har bergarten åldersbestämts till ca 1,56 miljarder år (Ask 1996, Söderlund m.fl. 2004). Ett annat exempel är den basiska bergarten i Herrestad (i äldre litteratur kallad Svarta Graniten, Löfstrand 1898), där förhållandevis stora delar utgörs av välbevarad, medel- till grovkornig hyperitdiabas. Bergarten är åldersbestämd till ca 1,57 miljarder år (SGU, opublicerad, U-Pb-datering av baddeleyit). Bergarterna vid Åker och Herrestad är således samtida med den äldsta diabasgenerationen i Protoginzonen.

En orienterad magnetisk provtagning av Herrestadsgången visar på en komplexitet i den remanenta magnetiseringen, där tre av proverna från samma lokal visade på en normal riktning för en diabas med en ålder av 1,57 miljarder år. Det fjärde provet visade en omvänd remanensriktning (NRM) som är vanlig för den 1,20 miljarder år gamla generationen (Elming m.fl. 2004).

Övriga bergarter

Lokalt förekommer bergarter av okänt ursprung. Exempelvis längs sjöarna Vidöstern och Flåren, söder om Värnamo, finns ett flertal blottningar av kvarts- och



Fig. 39. Ljust gråröd granitisk gnejs i Östra segmentets övre nivå. Bergarten är helt omkristalliserad och starkt deformerad, och den gnejsiga foliationen definieras av tunna stråk med mörka mineral. Bergarten är åldersbestämd till 1,67 miljarder år, 6D Gislaved SO (4g), 6373255/1384835. Skalans diameter 20 mm. Foto Charlotte Möller.

Light reddish granitic gneiss in the upper level of the Eastern Segment. The rock is completely recrystallised and strongly deformed. The gneissic foliation is defined by thin streaks of dark minerals. The rock is dated at 1.67 Ga.



Fig. 40. Deformerad och omkristalliserad, före detta kalifältspatporfyrisk, granitbergart i Östra segmentets övre nivå. Bergarten har en kvartsmonzonitisk sammansättning, 5D Värnamo NO (9 i), 6349465/1394208. Skalans diameter 20 mm. Foto Charlotte Möller.

Deformed and recrystallised, former K-feldspar-megacrystic, metaplutonic rock in the upper level of the Eastern Segment. The rock has a quartz monzonitic composition.



Fig. 41. Starkt deformerad granatamfibolit. Deformationstexturen definieras av utdragna ljusa och mörka mineraldomäner som huvudsakligen består av finkornig, metamorf plagioklas respektive hornblände. De brunröda granatkornen är mellan 1 och 4 mm stora, 5D Värnamo NO (7 h), 6335736/1387995. Foto Charlotte Möller. Strongly deformed garnet amphibolite. The deformation fabric is defined by elongated, polycrystalline mineral domains dominated by metamorphic plagioclase and hornblende. Reddish brown garnet grains are 1–4 mm in diameter.



Fig. 42. Metadiabas med delvis bevarad primärtextur i form av medelkornig, listformad vit plagioklas och svarta pyroxenkristaller samt en ca 15 mm lång plagioklaslist. De magmatiska mineralen har delvis ersatts av mycket finkorniga, metamorfa mineral, framför allt ljust röd granat och svart hornblände, 5D Värnamo NO (9 g), 6348060/1380270. Foto Charlotte Möller.

Meta-dolerite with partly preserved igneous texture consisting of a few mm long, lath-shaped plagioclase domains and dark pyroxene crystals, and a single, 15 mm long, plagioclase lath. The igneous minerals have been partly replaced by very fine-grained metamorphic minerals, notably light red garnet and black hornblende, partly as coronas between the igneous crystals.

fältspatrika, finkorniga bergarter som är folierade, något ådrade och veckade (fig. 44). De är sannolikt av vulkaniskt ursprung. Åtminstone på enstaka lokaler är det tydligt att de utgör något tiotal meter stora fragment i omgivande gnejsgraniter. Det är oklart om dessa bergarter någonstans bildar större, sammanhängande stråk. Grå ortognejs av granodioritisk till tonalitisk sammansättning förekommer också på enstaka lokaler.

Även för dessa bergarter är ursprung, kontaktrelationer och ålder okända.

Pegmatitgångar förekommer endast sparsamt. En pegmatit strax väster om Herrestad ska emellertid nämnas eftersom den innehåller grön kalifältspat (amazonsten), beige fältspat med pärlemorglans (månsten), beryll och glimmer.



Fig. 43. Metagabbro med magmatisk lagring, 5D Värnamo NO (5 g), 6326765/1384991. Hammarens längd 55 cm. Foto Charlotte Möller.

Igneous layering in meta-gabbro.

Undre nivån

I Östra segmentets undre nivå dominerar partiellt uppsmälta och gnejsiga bergarter av olika sammansättning. Det förekommer vanligen växlingar mellan olika bergarter i en skala som är mindre än vad kartan kan återge, och även enskilda bergarters sammansättning växlar över korta avstånd. Liksom i den övre nivån av Östra segmentet domineras berggrundens plastiska strukturmönster av storskaliga veck med ost-västligt orienterade, flacka axlar med något undulerande stupning. Vecken är upprätta eller måttligt överstjälpta mot söder. Den regionala foliation som framträder i den magnetiska anomalikartan syns i fält som gnejsighet och åderbandning i bergarterna samt som växlingar mellan olika bergartstyper. Även de yngre gnejserna, av Tjärnesjö-Torpatyp, präglas i stor utsträckning av samma ådergnejsstrukturer (fig. 45) även om massformiga linser förekommer. Sträckningslineationerna är vanligen, men inte överallt, parallella med axlarna hos de storskaliga vecken (fig. 46). I starkt ådrade bergarter finns vanligtvis ådror som är isoklinalt veckade och ibland även avslitna (fig. 47).

Metamorfosgraden är hög, övre amfibolitfacies (över 630 °C) till högtrycksgranulitfacies. Det finns



Fig. 44. Finkornig och finbandad, kvarts-fältspatrik bergart, sannolikt av vulkaniskt ursprung. Bergarten förekommer som ett veckat fragment i granitisk gnejs i övre nivån av Östra segmentet, 5D Värnamo NO (7 i), 6335871/1392350. Skalans diameter 20 mm. Foto Charlotte Möller.

Fine-grained and finely banded felsic rock, probably of volcanic origin. The rock occurs as a folded fragment in granitic gneiss, in the upper level of the Eastern Segment.

en tydlig systematik vad gäller metamorfa mineral i metagabbro- och metadiabasbergarterna, vilken speglar ökande metamorfa temperaturer västerut, upp till uppskattningsvis drygt 700 °C inom Jönköpings län. Från öster till väster observeras både en tilltagande omkristallisation av primära mineral och från området längs Nissanförkastningen (Smålandsstenar–Gislaved –Hestra, fig. 1) en ökad andel nybildad metamorf klinopyroxen (fig. 48). I områden där metamorf klinopyroxen och granat förekommer tillsammans i basiska bergarter har den metamorfa graden nått högtrycksgranulitfacies. Något längre västerut, i Halland, har metamorfa temperaturer för pyroxenförande bergarter beräknats till ca 770 °C (Möller 1998, 1999).

Ådergnejs

Ådergnejserna spänner över ett brett fält av sammansättningar. Både deras nuvarande och ursprungliga kemiska sammansättning är svårbedömd. Dels är bergarten i sig heterogen eftersom granitiskt smältmaterial har segregerat till ådror, dels kan delar av detta smältmaterial ha förflyttas. I kartan har tre huvudsakliga varianter urskiljts. Den första typen är kvartsoch fältspatdominerad, gråröd till ljusgrå med ljust röda granitiska ådror och är vanligast i norr och öster. Den har förhållandevis liten mängd mörka mineral, huvudsakligen biotit, och är sannolikt av granitisk sammansättning (fig. 49, 50). Den andra typen, som dominerar i sydväst, är grå till gråröd med ljust röda granitiska ådror, och sannolikt granodioritisk eller



Fig. 45. Granitisk ådergnejs av Tjärnesjö-Torpa-typ. Bergarten har genomgått partiell uppsmältning och bildat ådror samt nybildat upp till 5 mm stora svarta kristaller av metamorf hornblände och magnetit, 5D Värnamo NV (6 c), 6332275/1360554. Skalans diameter 20 mm. Foto Charlotte Möller.

Migmatitic granitic gneiss of Tjärnesjö-Torpa type. The rock has undergone partial melting and vein formation. It also carries up to 5 mm large porphyroblasts of hornblende and magnetite.



Fig. 46. Lineationer parallella med veckaxlar i granitisk gnejs, 6D Gislaved NV (6 c), 6382872/1364297. Hammarens längd 55 cm. Foto Dick Claeson.

Lineation parallel with fold axes in granitic gneiss.



Fig. 47. Starkt deformerad ådergnejs med isoklinalveckade och söndersträckta ådror, 5D Värnamo NO (6 f), 6332922/1379664. Pennans längd 16 cm. Foto Charlotte Möller.





Fig. 48. Metadiabas med metamorf granat och klinopyroxen (högtrycksgranulit). Bergartens magmatiska ursprung framgår av dess textur med tunna, vita listformade plagioklasdomäner samt delvis bevarade, svarta pyroxenkristaller. De magmatiska mineralen har i stor utsträckning ersatts av mycket finkorniga, metamorfa mineral, där ljusröd granat och klargrön klinopyroxen framträder tydligt, 6D Gislaved SV (2 c), 6364513/1360915. Skalans diameter 20 mm. Foto Charlotte Möller.

Metadolerite (high-pressure granulite). Thin, white, lath-shaped plagioclase domains and partly preserved, dark, magmatic pyroxene crystals reveal the igneous origin of the rock. The primary minerals have to a large extent been replaced by very fine-grained, metamorphic minerals, notably metamorphic garnet and clinopyroxene.

kvartsmonzonitisk i sammansättning. Den har högre halt av mörka mineral, bland dem hornblände (fig. 51). Grå och kalifältspatfattiga gnejser med större mängder mörka mineral utgör den tredje typen (fig. 52). Dessa gnejser har tolkats som tonalitiska till kvartsdioritiska i sammansättning. I enstaka, mindre områden återfinns dessa gnejstyper även i bättre bevarat skick, så att deras ursprung som djupbergarter syns tydligt. Moderna åldersbestämningar från Halland, Västergötland och Småland visar att ådergnejserna bildades för 1,73 till 1,66 miljarder år sedan (Connelly m.fl. 1996, Christoffel m.fl. 1999, Andersson m.fl. 2002, Söderlund m.fl. 2002, Johansson m.fl. 2006, Möller & Andersson 2006, Möller m.fl. 2006, Möller m.fl. 2005, samt SGU, opublicerad, U-Pb-dateringar av zirkon; de sex senaste studierna är utförda med jonsond). Jonsond krävs för åldersbestämning av komplexa kristaller med olika magmatiska och metamorfa domäner (alltså bildade vid olika tidpunkter), vilket är vanligt för zirkon från högmetamorfa bergarter. Med denna sond analyseras homogena domäner som är endast 20–30 tusendels millimeter stora.

Granitisk gnejs, ursprungligen grovkornig

Röd till grå gnejs, vilken ursprungligen varit grovt kalifältspatporfyrisk eller grovkornig, har kunnat urskiljas på ett flertal ställen. Bergarten har granitisk, kvartssyenitisk och kvartsmonzonitisk sammansättning, en tydligt gnejsig struktur och är helt omkristalliserad men vanligen fri från ådror (fig. 53). Gnejsen förekommer i ett större område strax sydväst om länsgränsen till Halland. Inom detta område har välbevarad, grå kvartssyenit observerats på en lokal; bergarten innehåller där rester av magmatisk ortoklas och pyroxen. Nyligen genomförda dateringar visar att dessa gnejser är 1,67 miljarder år gamla och således likåldrig med ådergnejserna (fig. 54, Andersson m.fl. 2006).

Leukokratisk granitisk gnejs

Den leukokratiska graniten är ljust röd till ljust gråröd, lokalt starkt röd, och har mindre än 5 % mörka mineral



Fig. 49. Granitisk gnejs med ådror och gångar av granit och pegmatit, 6D Gislaved NV (6 a), 6383615/1350571. Foto Dick Claeson. *Granitic gneiss with veins and dykes of granite and pegmatite*.

(fig. 55). Bergarten är finkornig till medelkornig, ställvis ojämnkornig, och har vanligen en gnejsig struktur, även om denna är betydligt mindre tydlig än i de ovan beskrivna gnejserna. Heterogena partier med tunna mafiska band och grövre ådror förekommer. Bergarten uppträder på flera ställen i nära anslutning till större basiska kroppar. Lokalt är bergarten helt massformig, vilket sannolikt beror på att bergarten varken innehåller mörka mineral eller större mineraldomäner som kan bilda en orienterad struktur. Bergartens sammansättning gör att det också är tänkbart att den har befunnit sig i mer eller mindre fullständigt smält tillstånd under episoder med höggradig metamorfos, vid den svekonorvegiska bergskedjebildningen eller äldre (1,44 miljarder år) metamorfos. En åldersbestämning



Fig. 50. Pegmatitiska ådror och gångar parallella med foliationsplanen i en granitisk gnejs, 6D Gislaved NV (8 c), 6392390/1364038. Foto Dick Claeson.

Veins and dykes of pegmatite parallel with foliation in granitic gneiss.



Fig. 51. Ådergnejs, sannolikt av granodioritisk sammansättning. Lägg märke till den isoklinalt veckade ådran ovanför myntet, 5D Värnamo NV (6a), 6333095/1353465. Skalans diameter 20 mm. Foto Charlotte Möller.

Migmatitic gneiss of probably granodioritic composition. Note the isoclinally folded vein above the coin.

av denna bergart (Söderlund m.fl. 2002, lokaler strax väster om Jönköpings län) har visat att den innehåller tre zirkongenerationer daterade till att vara 0,97, 1,44 och 1,68 miljarder år gamla. Tolkningen av åldrarna



Fig. 52. Grå och kalifältspatfattig migmatitisk gnejs med större mängder mörka mineral och en tonalitisk till kvartsdioritisk sammansättning, 5D Värnamo NV (6 c), 6330677/1361170. Skalans diameter 20 mm. Foto Charlotte Möller.

Grey migmatitic gneiss of tonalite to quartz diorite composition. The rock is poor in K-feldspar and rich in mafic minerals.



Fig. 53. Kalifältspatrik gnejs med omkristalliserade och linsformade fältspatdomäner och tunna, långsträckta, grå kvartsdomäner. Bergarten var ursprungligen grovkornig eller grovporfyrisk, och dess sammansättning varierar från granit till kvartssyenit och kvartsmonzonit. Bergarten är åldersbestämd till 1,67 miljarder år, 5C Ullared NO (5 j), 6328357/1348688. Skalans diameter 20 mm. Foto Charlotte Möller.

K-feldspar-rich gneiss, with recrystallised and lens-shaped feldspar domains and thin, elongated, grey quartz domains. The rock was originally coarse-grained or megacrystic and its composition varies from granite to quartz syenite and quartz monzonite. The rock is dated at 1.67 Ga. är inte självklar, men en möjlighet är att den äldsta zirkongenerationen utgör rester av källmaterialet, medan åtminstone en av de yngre åldrarna speglar en faktisk bildning av graniten genom uppsmältning av ett äldre källmaterial under höggradig metamorfos.

Granitisk gnejs av Tjärnesjö-Torpatyp

Bergarter av s.k. Tjärnesjö-Torpatyp har granitisk till kvartsmonzonitisk sammansättning. De är lätt igenkännbara där de är medel- till grovkorniga och grovporfyriska med rödgrå eller grå kalifältspatmega-



Fig. 54. Ursprungligen grovt medelkornig till grovkornig, stänglig granit till kvartsmonzonit. Sträckningsbeloppet på ljust röda fältspataggregat beräknas till minst 1:5, 5C Ullared NO (5 j), 6327326/1347902. Skalans diameter 28 mm. Foto Jenny Andersson.

Strongly lineated metasyenitoid with a relict coarsely mediumgrained to coarse-grained igneous fabric. Stretching of light reddish feldspar aggregates is estimated to about 1:5.



Fig. 55. Ljust röd, fint medelkornig leukokratisk metagranit, 5C Ullared NO (9 h), 6349724/1336749. Skalans diameter 25 mm. Foto Jenny Andersson.

Light reddish medium-grained leucokratic metagranite (Mårdaklev type granite.)

krister. Den grå kalifältspaten är ortoklas, med karaktäristiskt rektangulär kornform (fig. 56). Röda domäner i ortoklaskristallerna är övergångsformer till mikroklin (fig. 57), och på många ställen är all kalifältspat omvandlad till mikroklin. Även den karaktäristiskt grovporfyriska bergarten varierar starkt i utseende beroende på hur deformerad den är, och successiva övergångar till starkt gnejsiga och migmatitiska varianter är vanliga (fig. 58, 59). Bergarten är åldersbestämd till 1,39 miljarder år (SGU, opublicerad, U-Pb-analys av zirkon) och kan korreleras med förekomster vid Tjärnesjö (Andersson m.fl. 1999) och Varberg (s.k. Torpagranit, Hubbard 1975, Åhäll m.fl. 1997, Andersson m.fl. 2002). Till denna generation hör både röd, medelkornig granitisk gnejs och ljust gråröd, leukokratisk granit, vilka båda är mycket svåra att skilja från äldre granitiska bergarter i området. De kan endast särskiljas där de är tydligt associerade med igenkännbara Tjärnesjö-Torpagraniter.

Basiska bergarter

Samtliga basiska bergarter är högmetamorfa och uppträder som granatamfibolit, amfibolit eller basisk granulit, men vissa av dem har delvis bevarad magmatisk primärtextur och benämns hellre metagabbro och metadiabas. I kontrast till den övre nivån har inga fullständigt bevarade magmatiska partier påträffats. Eklogit förekommer i ett tektoniskt/strukturellt komplex strax väster om länsgränsen till Halland, vid samhället Ätran och området väster därom (Möller 1998, 1999), men har inte återfunnits inom Jönköpings län.

Granatamfibolit och amfibolit förekommer i olika former, både som några hundratals meter stora kroppar och som söndersträckta, metertjocka lager eller som centimeter- till decimetertunna band. Vissa har en magmatisk kompositionell lagring, delvis överpräglad av deformation. De största granatamfibolitkropparna är kilometerbreda och upp till 10 km långa. De är fin- eller medelkorniga och består huvudsakligen av hornblände, plagioklas och granat, de flesta mycket granatrika. Vita ådror av kvarts och fältspat som bildats genom partiell uppsmältning (fig. 60) är vanliga. I vissa kroppar är granatkristallerna centimeterstora (fig. 61). Kontakterna till omgivande gnejs saknar vanligen granat. Amfibolit utan granat förekommer i övrigt som tunna band eller halvmeterstora linser i ådergnejserna. Aluminiumrik amfibolit med kyanit har påträffats på en lokal 6 km norr om Bredaryd (5D 8 f). Det finns också små basiska kroppar som är helt biotitomvandlade.

Metagabbro och metadiabas är oftast mörkt grå till svart-vitspräckliga, finkorniga till grovkorniga, med den ursprungliga, magmatiska texturen delvis



Fig. 56. Grovporfyrisk kalifältspatrik bergart av Tjärnesjö-Torpa-typ (ca 1,39 miljarder år gammal). Bergarten är välbevarad (jfr fig. 44, 56, 57, 58) och förekommer i en tektonisk lins som i stor utsträckning är odeformerad, 5D Värnamo SV (4 d), 6324853/1367866. Skalans diameter 25 mm. Foto Charlotte Möller.

Well-preserved sub-isotropic megacrystic c. 1.39 Ga old metamonzogranite (Tjärnesjö-Torpa type), occurring in a tectonic lens.



Fig. 57. Svagt deformerad och måttligt omkristalliserad granit av Tjärnesjö-Torpa-typ. Bergarten har karaktäristiska, grovkorniga grå- och röd-melerade kalifältspatkristaller (partiell omvandling från grå ortoklas till röd mikroklin). Den är åldersbestämd till 1,39 miljarder år, 5D Värnamo SV (4d), 6324853/1367866. Skalans diameter 25 mm. Foto Charlotte Möller.

Weakly deformed and moderately recrystallised megacrystic granite, 1.39 Ga old, of Tjärnesjö-Torpa type. The characteristic, grey orthoclase megacrysts have been partly transformed to red microcline.

bevarad. Vissa kroppar har också en välbevarad, primär lagring. Liksom i övre nivån av Östra segmentet (jfr fig. 42), kan magmatisk pyroxen och plagioklas vara delvis bevarad, trots riklig nybildning av granat, hornblände och andra metamorfa mineral. De primära mineralen är emellertid omkristalliserade i högre utsträckning i den undre nivån och hornbländet har en något annorlunda sammansättning (mer titanrikt, brunare under mikroskop, vilket speglar högre metamorfosgrad). Västerut förekommer metamorf



Fig. 58. Gnejs av Tjärnesjö-Torpa-typ. De ursprungliga kalifältspatkristallerna har omkristalliserat i samband med deformation och bildat mycket långsträckta och linsformade, ljusröda, finkorniga domäner, 5D Värnamo SV (4 d), 6324853/1367866. Skalans diameter 25 mm. Foto Charlotte Möller.

Augen gneiss of Tjärnesjö-Torpa-type. The primary K-feldspar megacrysts have undergone dynamic recrystallisation and been transformed to strongly elongated and lens-shaped, polycrystalline K-feldspar domains.



Fig. 59. Migmatitisk och veckad ca 1,39 miljarder år gammal granit av Tjärnesjö-Torpa typ, 5D Värnamo SV (4 d), 6324853/1367866. Skalans diameter 25 mm. Foto Jenny Andersson. *Migmatised c. 1.39 Ga old Tjärnesjö-Torpa type granite*.

klinopyroxen i successivt ökande mängd i stället för hornblände, och de primära mineralen är fullständigt omkristalliserade.

I några fall förekommer metadiabas som smala (<10 m) och tydligt gångformade kroppar, som även



Fig. 60. Granatamfibolit med ådror av kvarts och plagioklas. De decimeterkorta ådrorna som övertvärar den gnejsiga foliationen är orienterade längs axialplanen till småskaliga öppna veck, 5D Värnamo NO (6 f), 6332922/1379664. Pennans längd 16 cm. Foto Charlotte Möller.

Garnet amphibolite with quartz-plagioclase veins. Decimeter-long veins cross-cut the gneissic foliation, oriented along axial planes to small-scale open folds.

lokalt kan ses klippa gnejsstrukturer i sidoberget (fig. 62). De är finkorniga och metamorfa på samma sätt som andra metadiabas- och metagabbrobergarter. Riktningarna för dessa gångar varierar, med nord-sydlig och nordnordostlig som de mest framträdande. De är inte urskiljbara på den magnetiska anomalikartan, vilket delvis beror på att de är små men sannolikt också på att de är metamorfa och har liknande eller lägre susceptibilitet än de bergarter de slår igenom. Gångarnas ålder är okänd men eftersom de är överpräglade av höggradig metamorfos är de minst 0,95 miljarder år gamla. De kan eventuellt tillhöra Blekinge–Dalarnadiabaserna och ha intruderat i begynnelsefasen av den svekonorvegiska upplyftningen för ca 0,95 miljarder år sedan. En annan möjlighet är att dessa metadiabaser, och även de strukturer som de skär, är äldre än den svekonorvegiska bergskedjebildningen. På en lokal strax väster om Gislaved (6D 1 b; fig. 62) har en åderbildning i sidognejsen daterats till 1,4 miljarder år (U-Pb-datering av zirkon, Möller m.fl. 2005). Dateringen sätter samtidigt en övre åldersgräns både för veckningen av ådrorna och för intrusionen av den skärande gången.

Basiska bergarter inom det Östra segmentet har generellt relativt låg magnetisk susceptibilitet, exempelvis visar mätningar på häll i trakten av sjön Fegen susceptibilitetsvärden omkring 100×10^{-5} SI-enheter. Det förekommer dock basiska bergarter med något högre susceptibilitet, exempelvis vid en lokal i anslutning till en ostnordostlig positiv anomali strax norr om Sjögärde (5C 5 h). Mätningar på prov från denna lokal visar en susceptibilitet av 140–1 100 × 10⁻⁵ SI-enheter (jfr fig. 15). Den remanenta magnetiseringen är dock



Fig. 61. Granatamfibolit, 5C Ullared NO (9 i), 6346053/1344653. Skalans diameter 18 mm. Foto Jenny Andersson. *Garnet amphibolite*.

låg (0,03–0,18 A/m). En markprofilmätning visar att provlokalens läge sammanfaller med anomalin.

YNGRE SEDIMENTÄRA BERGARTER

Visingsögruppen

Geijer m.fl. (1951) och Vidal (1985) har beskrivit den sedimentära Visingsögruppen som finns på Visingsö och längs Vätterns stränder. Utbredningen mot öster förefaller vara knuten till dalgången mellan Vätterns östra strand och en skjuvzon strax väster om gamla E4. Brunnsborrningar har dock visat att större förekomster finns bevarade under jordlagren vid Jönköping stad, Bankeryd (7E 3 a), Landsjön (7E 3 c) och Stensjön (7E 0 c–d), samt nordost om Siringe (7E 4 d).

Visingsögruppen delades upp i tre enheter av Geijer m.fl. (1951). Den understa enheten utgörs främst av gul till gulgrå sandsten och finns exponerad vid enstaka lokaler på Vätterns västra sida. Den mellersta enheten består av en komplex uppbyggnad av olika brokigt färgade grå, gröna och rödbruna sandstenar med inlagrade mostenar och en del grovklastiska konglomerat. Dessa kan bl.a. studeras vid Visingsös södra udde. Den översta enheten domineras av mörkt grå silt- och lerstenar med ett visst inslag av kalksten. Dessa finns exponerade dels vid Vätterns östra strand, dels på Visingsös östra sida. Lagrens mäktighet har uppskattas till ca 1000 m av Geijer m.fl. (1951), men detta har inte verifierats med borrningar.



Fig. 62. Metadiabas (högtrycksgranulit) med klippande relation till ådrad gnejs. I övre vänstra hörnet av bilden syns metadiabas och dess skarpa kontakt till sidognejsen. Nedre delen av bilden visar en tunn apofys till diabasen som tydligt skär den gnejsiga strukturen i sidoberget, 6D Gislaved SV (0 b), 6353394/1356846. Skalans diameter 28 mm. Foto Charlotte Möller.

Metadolerite (high-pressure granulite facies) cross-cutting migmatitic gneiss. In the upper left part of the picture is metadolerite with a sharp contact to the country rock. The lower part of the photo shows a thin apophysis cross-cutting the folded gneissic foliation.

Bergarternas ålder tolkas till 0,85–0,70 miljarder år, utifrån förekomsten av olika mikrofossil (Vidal 1972, 1974). Avsättningen av Visingsögruppen hör således tidsmässigt samman med uppbrytningen av den stora kontinentmassan Rodinia (Dalziel 1997). Vid flera tillfällen under senprekambrisk och fanerozoisk tid har förkastningsrörelser gett upphov till den horst-gravsänketektonik som skapat sjön Vättern (Axberg & Wadstein 1980, Månsson 1996) och bevarat de sedimentära bergarterna. Förkastningsbeloppet på Vätternsänkans östra sida är större än vad man kan påvisa för sänkans västra sida (Lind 1972). Enorma block (upp till 90 m3, Wikman m.fl. 1982) i vissa delar av gruppen antyder att det kan ha funnits en betydande relief i området redan vid tiden för Visingsögruppens avsättning.

MALMER OCH MINERALISERINGAR

Berggrunden inom Jönköpings län är lokalt mineraliserad. Tidvis har ett stort antal malmer, främst järn- och kopparhaltiga sulfidmalmer, brutits under åtminstone de fyra senaste seklen. I några fyndigheter har produktionen varit av större omfattning och dessa beskrivs mer detaljerat nedan. I de allra flesta fall har det dock varit fråga om en mer blygsam verksamhet, som sällan lämnat mer än några hundratal ton malm och därmed betecknas med tecken för skärpning på kartan. En mer omfattande genomgång av befintliga gruvförsök och skärpningar i kartområdet finns i Shaikh m.fl. (1989) och Magnusson (1973). Beskrivningarna av malmtyper från respektive fyndighet är hämtade från Tegengren (1924) och produktionssiffror från tillgänglig statistik i bergmästarhandlingar.

Guldfynd i trakten av Ädelfors lär ha omtalats redan 1581 (Tegengren 1924) och ett guldfynd vid Germunderyd 1738 gav upphov till en guldrusch i området. Guldet i Ädelforsgruvorna är knutet till kvartsgångar tillsammans med svavelkis, magnetkis, kopparkis och arsenikkis samt bornit. Kvartsgångarna stryker i västnordvästlig riktning med brant stupning och uppträder dels parallellt med den omgivande, kraftigt folierade och omvandlade vulkaniten, dels övertvärande. Gruvdriften har pågått i olika perioder mellan 1740 och 1916. Den djupaste gruvan, Krongruvan, når 238 m under markytan och totalt har 75000 ton berg och malm brutits, ur vilket endast 150 kg guld utvunnits. Även i den s.k. Rikagruvan (5E 9 i) har guld knutet till kvartsgångar påträffats och blivit föremål för brytning. Senast denna gruva bearbetades var 1935–1938 då det bröts 2 500 ton berg ur vilket 32 ton koppar- och guldmalm utvanns.

Inom länet finns ett tiotal koppar- och zinkmineraliseringar som varit föremål för en mer ordnad gruvdrift. De flesta har dock inte resulterat i någon större malmfångst eller ekonomiskt utbyte. Den mest omfattande gruvdriften avseende koppar torde ha utförts inom Fröderyds socken, där ett antal koppar- och zinkmalmsförekomster finns på en ca 6 km lång sträcka i nordostlig riktning. Av dessa förekomster är Fredriksbergsgruvorna (6E 0 i) ca 2 km sydväst om Årsets by de mest betydande. De består av ett tjugotal gruvor, schakt och skärpningar varav en av de större, den s.k. Mossgruvan, brutits till 95 m djup. Malmmineralen är koppar- och magnetkis, zinkblände och blyglans. Den malmförande zonen består av en slirig, stundom breccierad bergart bestående av en växellagring mellan glimmerskiffer, kvartsitisk metavulkanit samt amfibolit. I den malmförande zonen, som stupar mot NNV, uppträder malmmineralen som klumpar eller ränder och i de malmrikare partierna i tunna breccieartade sprickfyllnader. Tillsammans med malmen uppträder en del skarnmineral, såsom biotit och amfibol, båda vanligen sulfidimpregnerade. I Borrbänksgruvan, som är bruten på zinkmalm, uppträder malmen tillsammans med tremolitskarn i ett breccierat avsnitt av ett marmorlager. Malmfältet bearbetades i olika perioder mellan 1769 och 1939 och totalt har mer än 100000 ton malmhaltigt berg utvunnits. Beträffande malmens kopparhalt föreligger inga tillförlitliga analysresultat men primamalmen skall enligt uppgift ha haft en kopparhalt av 4 %. Sammantaget torde dock Fredriksbergsmalmens kopparinnehåll varit avsevärt lägre (fig. 63). Förutom koppar innehöll malmen även små mängder av silver, guld och nickel.

Strax söder om Årsets by, inte långt från Fredriksbergs koppargruvor finns Karl XVs gruva (6E 0i) som lär vara 45 m djup. Malmen är bunden till några marmorlager i en amfibolitisk vulkanit som stryker i ost–väst med brant stupning mot norr. Malmmineralen magnetkis med ådror och klumpar av koppar- och svavelkis tillsammans med små mängder zinkblände och blyglans uppträder som linser och impregnationer i skarn av hornblände, klorit och biotit. Förekomsten upptäcktes på 1860-talet och bearbetades senast 1903 och 1915–1916, varvid sammanlagt 2 207 ton berg bröts. Efter skrädning erhölls 59 ton malm innehållande ca 10 % koppar och 225 ton anrikningsmalm. Malmen lär också ha innehållit 150 g silver per ton.

Malmstråket vid Hohult-Spexeryd (6E 8 b–c) är ca 2 km långt i nord–sydlig riktning och stupar brant mot öster samt begränsas på bägge sidor av förkast-



Fig. 63. Gruvhål fyllt med grönfärgat (av kopparmineral) grundvatten, Fredriksbergs gruvor, 6E Nässjö SO (0 i), 6352400/1442280. Foto Hugo Wikman.

Old mine filled with copper-coloured water at Fredriksberg.

ningssprickor. Ett flertal mangangruvor är öppnade i stråket och de förnämsta är Hohults-, Spexeryds-, Ludvigsbergs- och Jacobsbergsgruvorna. Manganmalmen uppträder som utfyllnader av förkastningssprickor, vilka troligen uppkommit i samband med Vätternsänkans bildning (Andréasson m.fl. 1987). Malmen anses därför vara mycket yngre än den omgivande granitiska berggrunden och dess bildande har troligen skett under permisk tid.

Hohults och Spexeryds manganförekomster upptäcktes 1825 och redan fyra år senare lär de första malmleveranserna ha skett. Brytningen pågick med kortare uppehåll 1835–1931, 1941–1946 och 1953– 1954, varvid sammanlagt 400000 ton malm utvanns. Av detta var 134000 ton skrädd styckemalm med 40– 50 % mangan. Resten har utgjorts av anrikningsmalm med 15–20 % mangan.

Nickel- och kopparmalmen vid Kleva (6F 4 d) ligger centralt i en gabbro och är utformad som ett antal parallella, oregelbundna, brant upprättstående, stockformiga kroppar av nickel- och kopparhaltig magnetkis, vilka ligger i ostnordostlig riktning. Enligt gängse uppfattning så är malmkropparna differentiationsprodukter ur gabbromagman.

Kleva nickel- och kopparfyndighet upptäcktes 1691 och några år därefter startade brytningen med inriktning på kopparmalmen, då grundämnet nickel inte upptäcktes förrän 1751 av Cronstedt. Malmen visade sig dock, trots idoga försök, mycket svårsmält och den erhållna kopparn blev dålig och spröd. Först 1838 kunde Berzelius påvisa att malmen från Kleva innehöll nickel som var knutet till magnetkis. Efter trevande försök att utvinna nickel under 1840- och 1850talen lyckades man i mitten av 1860-talet framställa s.k. nickelsten med 45-54 % nickel och granulerad nickel med 62-87 % nickel vilka kunde försäljas till god vinst. De första åren på 1870-talet gav gruvverksamheten mycket god ekonomisk utdelning, men i och med upptäckten och tillgodogörandena av Nya Kaledoniens stora nickelfyndigheter inträffade ett starkt prisfall på nickel. Detta försämrade lönsamheten för gruvbrytningen vid Kleva och driften upphörde helt 1889. Även om gruvans djupaste delar når 105 m under markytan har den huvudsakliga brytningen genomförts på 20-75 m djup. Gruvan öppnades åter mellan 1914 och 1918 då knappt 20000 ton malm och berg jämte gammal koncentrationsslagg förädlades vid ett vid Ädelfors anlagt smältverk. I början av 1919 lades såväl gruva som smältverk ned.

Malmen i Smålands Taberg (6D 9 j) utgörs av vanadinhaltig titanomagnetit i en olivinrik bergart och de totala tillgångarna uppskattas till ca 150 miljoner ton med 31 % Fe, 6 % TiO₂ och 0,3 % V₂O₅. Den magnetitförande olivinrika bergarten uppträder i två varieteter, en plagioklasfattig och en plagioklasrikare. Den förra malmtypen är mest vanlig i södra delen av Taberg även om den uppträder i mindre områden annorstädes i berget. Olivinstenen är i sin typiska form en finkornig, massiv nästan svart, homogen bergart med malmkornen som svarta metalliska prickar i en brunsvart grundmassa. Bergarten består nästan uteslutande av olivin och titanomagnetit tillsammans med små mängder av labrador och sekundär amfibol.

Det finns en klar relation mellan hyperitdiabasen och den magnetitförande olivinstenen i det att den senare stelnade sist. Bildningsprocessen är inte fullständigt klarlagd men indikerar en differentierad magma som pressades fram till sin nuvarande position och kristalliserade till en hyperitdiabas som idag till stora delar omger olivinstenen som en mantel. I olivinstenen kristalliseras först olivin, sedan titanomagnetit och slutligen labrador som fyller utrymmet mellan de två andra mineralen.

Malmen bröts troligen redan under medeltiden men verksamheten var avbruten redan under tidigt 1500tal. I början av 1600-talet återupptogs brytningen och pågick med tillfälliga avbrott fram till 1895 sedan den sista masugnen släckts 1888. I slutet på 1930 återupptogs brytningen och efter att de gamla varphögarna och rasmassorna ånyo tömts på sitt kvarvarande malminnehåll under 1937–1938, startade storskalig malmbrytning 1939. Det högsta produktionsresultatet uppnåddes 1943 med 200000 ton vilket då motsvarade 2 % av Sveriges järnmalmsproduktion. Den brutna malmen exporterades till Tyskland och då dess industri avstannade vid krigsslutet uppstod avsättningsproblem för Tabergsmalmen. Under åren 1948 till 1951 krossades därför malmen till makadam, som på grund av sin tyngd var speciellt lämpad för spåröverbyggnader. Mot slutet av 1950-talet avvecklades verksamheten allt mer och den sista malmleveransen gick för export via Halmstad 1957. Den kraftigt positiva magnetiska anomalin i södra Vättern (fig. 6) kan vara orsakad av en mycket större mineralisering av samma typ som titanomagnetitmalmen i Smålands Taberg. Djupet till överytan på anomaliorsaken är i storleksordningen 1500 m.

Även vid Inglamåla gruvor (5E 8 i) har vanadinhaltig järnmalm brutits under åren 1730–1870, dock i betydligt mindre omfattning än vid Smålands Taberg.

INDUSTRIELLA MINERAL OCH BERGARTER

Mineral och bergarter som utvinns i annat syfte än för utnyttjande av deras metallhalt eller bränslevärde, betecknas som industriella mineral och bergarter. Brytningen av dessa bedrivs utifrån marknadens efterfrågan och brotten kan efter långa viloperioder åter öppnas. Därför motsvarar kartans beteckningar på öppna och nedlagda stenbrott den situation som rådde under 2003.

Inom kartområdet har brytningen av gat-, kant-, beklädnads-, ornament- och monumentsten tidvis haft stor omfattning. Berget bryts som s.k. blocksten och det är huvudsakligen diabas och granit som kommit ifråga, även om också sandsten brutits i begränsad omfattning norr om Gränna och på Visingsö.

Hyperitdiabas, ofta kallad svart granit, är bl.a. på grund av sin ofitiska textur och mineralsammansättning synnerligen hållfast och resistent mot vittring, vilket gör att den är mycket eftertraktad som monument- och ornamentsten. Specifikationskraven är dock mycket höga, vilket medför att stora volymer bruten diabas kasseras till följd av sprickor och inhomogeniteter i mineralsammansättningen. De största blockstensbrotten i diabas är Bredakärr (5E 2 c) och Högåsa (5E 2 c) i vilka AB K.A. Fernströms Granitindustrier bröt fram till 1977. På ytterligare ett tiotal platser har diabasen brutits som blocksten. Diabasen bryts också för makadamtillverkning. Det största diabasbrottet i länet är öppnat vid Forserum (6E 9 e) varifrån krossad diabas används till vägar, betong och banvallar.

Granit har brutits som blocksten på ett drygt 20tal platser i länet. Den senare brytningen har resulterat i stora block som oftast exporterats, medan den tidiga 1900-talsbrytningen ofta var inriktad mot gatstensproduktion och mindre block för olika lokala byggnationer som husgrunder, grindstolpar m.m. För närvarande sker endast blockstensbrytning av granit nordväst om Tranås.

Kvarts och fältspat har brutits ur pegmatiter på några platser i länet. Mest omfattande torde brytningen ha varit vid Slätteryd (6D 2 c) och Ingelsbo (6D 3 c). Vid den förra lokalen utvanns närmare 100 000 ton fältspat och kvarts, medan den brutna mängden vid Ingelsbo beräknas till ca 50 000 ton. Även vid Ingalsbo (6D 2 c) och Sprottebo (6D 2 c) har fältspat och kvarts brutits, dock i betydligt mindre omfattning. Vid Stjärnehult (6D 0 e) och Alseda (6F 2 d), finns zonerade pegmatiter ur vilka huvudsakligen kvarts brutits. Kvartsen från Alseda lär ha använts dels vid Kleva nickelverk, dels vid Borsajögle glasbruk. Mineralogiskt är även Alseda intressant med anledning av kemisten och mineralogen C.W. Blomstrands analyser på euxenit från denna pegmatitgruva.

Lokala, små linser av karbonatsten har brutits i mindre brott på flera platser i länet. Den största sammanhängande förekomsten utgörs av det s.k. Fröderyds karbonatstensstråk (6E 0 i) som är ca 3 km långt och 2 km brett och har nordostlig riktning. I två mer eller mindre parallella linser har karbonatstenen brutits i flera relativt stora brott. Det största uttaget i ett enskilt brott beräknas ej överstiga 10 000 ton. Kalcitmarmorn, som innehåller olika skarnmineral, genomslås av diabasgångar och omges av intermediär till basisk metavulkanit. I den norra linsen finns brotten vid Hylten, Limmeshagen och Löneberg, medan brotten i den södra linsen är öppnade vid Årset, Limbacken och Nyatorp. Vidare har kalksten brutits vid Hamnaryd (6E 9 i), Karstorp (6E 9 i) och Kråkefors (6E 3 f). Dess huvudsakliga användningsområden var som jordförbättringsmedel och vid lokala byggnationer.

Vid Norra Kärr (7E 8 f) finns en bergartskropp med alkalina bergarter som bl.a. innehåller ekonomiskt intressanta mineral som nefelin och de zirkoniumrika silikatmineralen eudialyt och katapleit. Med anledning av detta undersöktes förekomsten under och efter andra världskriget samt under 1970-talet. Boliden AB som genomförde undersökningarna lyckades inte vid något tillfälle få till stånd en ekonomiskt lönsam brytning.

Under senare hälften av 1800-talet ägde skifferbrytning rum vid Hörnebo (5E 9 i) och skiffern användes huvudsakligen till takbeläggning och plattsättning. Brotten är tre, 15–25 m djupa och skiljs åt av tunna bergribbor. Skiffern stryker i N 30° V och stupar brant, och har bildats genom deformation av den omgivande grå till röda ryoliten. Skiffer är en metamorf bergart med huvudmineralen glimmer, klorit, kvarts och fältspat. Att skiffer utnyttjas beror på förekomsten av plana förskiffringsytor efter vilka bergarten lätt låter sig klyvas. Även vid Höghyltan (6D 1 g) har skiffern brutits på en sträcka av 100 m längs södra bergsluttningen.

Krossbergsproduktion förekommer, dels i anslutning till större vägbyggnadsprojekt, dels också i blockstensbrotten, där skrotstenen används som råvara.

BERGTÄKTER OCH STRÅLNING

I Sverige finns inga bindande regler vad gäller innehåll av radioaktiva ämnen i byggmaterial. Vi har istället gränser för gammastrålningsnivåer och radonhalter i det färdiga huset. I många länder finns gränsvärden eller rekommendationer för innehåll av radioaktiva ämnen i byggmaterial, och motsvarande rekommendationer har tagits fram även i Sverige, gemensamt med de andra nordiska länderna (Strålskyddsmyndigheterna i Danmark, Finland, Island, Norge och Sverige 2000).

I Norden rekommenderas ett gränsvärde för byggmaterial vid gammaindex <1, med en övre gräns på <2. Om den rekommenderade övre gränsen överskrids bör en uppskattning av materialets bidrag till gammastrålningsnivån inomhus göras. En EU-rekommendation finns också (EC 1999), där man skiljer på material som används i större mängd (t.ex. i betong−krossberg) och material som används mer sparsamt (t.ex. som fasadplattor−blocksten). För den förstnämnda gruppen är gränsvärdet för gammaindex ≤0,5 med 1 som övre gräns, och för den andra gruppen gäller gammaindex 2 respektive 6. Vidare gäller enligt de nordiska ländernas rekommendationer att aktiviteten av radium-226 ej skall överstiga 200 Bq/kg.

Det mätförfarande som används inom berggrundskarteringen förutsätter att strålningsmätningen utförs på plana, relativt horisontella ytor på högt liggande punkter i terrängen. Det är därför normalt inte lämpligt att utföra mätningarna på botten av mindre bergtäkter. I samband med undersökningen av Jönköpings län har strålningsmätningar utförts på vissa av de bergtäkter som bedömts vara enkelt åtkomliga och mättekniskt lämpliga. Vi har dock inte här valt att sortera ut mätningar utförda i anslutning till bergtäkter, eftersom dessa är få i jämförelse med det totala antalet mätningar.

Generellt visar strålningsmätningarna utförda inom Jönköpings län relativt måttliga strålningsnivåer (fig. 64). Vid några få lokaler, huvudsakligen inom länets nordöstra del, är aktiviteten av radium-226 högre än 200 Bq/kg. Endast vid fyra lokaler inom länet har gammaindex >2 uppmätts. Mätningarna visar gammaindex <1 för de migmatitiska graniter och granodioriter som är vanligen uppträdande inom Östra segmentet och för kvartsmonzodioriter tillhörande TMB (tabell 1). Basiska bergarter är vanligen lågstrålande, de basiska bergarter som undersökts inom länet har ofta gammaindex <0,3. Högre strålningsvärden, motsvarande gammaindex >1, är vanliga för den medel- till grovkorniga TMB-granit som uppträder inom flera områden i länet. Baserat på flyg- och markmätningar framträder de högre strålningsnivåerna för bergarten tydligast inom länets nordöstra del, öster om Vättern, samt inom ett område vid Lammhult i länets sydöstra del, vilket fortsätter in i Kronobergs län (fig. 64). Lokalt förekommer även att Vaggerydssyeniten i Protoginzonen uppvisar gammaindex >1.

VATTENFÖRANDE SPRICKZONER

Vattenförande sprickzoner kan lokaliseras genom att kombinera magnetiska och elektromagnetiska anomalikartor (Jacobsen 1987, Pedersen 1991). Den magnetiska anomalibilden är visualiserad i en figur av gråskalor (fig. 8), där kartbilden är optimerad för att redovisa de zoner som är presumtiva, vattenförande krosszoner. Ett mönster av magnetiska minima motsvarande sprödtektonisk påverkan framträder, med en precision som ligger i storleksordningen ett 10-tal meter. Dessa magnetiska minima ger tillsammans med resultaten från VLF-mätningarna och SGUs brunnsdata relativt säkra indikationer om var man kan hitta mer vattenrika zoner i berggrunden (Henkel & Guzmán 1977). Samtidigt erhålls med hjälp av gammastrålningskartan en grov uppskattning om en eventuell risk för förhöjd halt av radon i vatten. Kombinationen av dessa data, stora vattenförande zoner i berggrund med anomal värmepotential, bör vara av intresse ur bergvärmesynpunkt.



○ > 2	0,05	0,10	0,15	0,20	0,25	0,30	0,35	0,40	0,45	0,50	0,55	0,60	0,65	0,70
0 1-2														
○ 0,6 - 1 ○ 0.3 - 0.6														

• < 0,3

Fig. 64. Karta över gammaindex vid markytan i Jönköpings län, baserad på flygmätning. Symbolerna anger gammaindex baserat på hällmätning.

Map showing the gamma radiation index, in the county of Jönköping with surroundings. The map is based on airborne measurements. The symbols represent gamma radiation index based on in-situ measurements on outcrops.

Summary

The geological map of the county of Jönköping covers parts of two different geological provinces: the Transscandinavian Igneous Belt (TIB) and the Eastern Segment of the Sveconorwegian Province. The Protogine Zone, a prominent N–S trending shear zone, is a divider between the two areas and represents the easternmost part of the Sveconorwegian Province.

The geophysical measurements show the difference between the two areas; in the magnetic properties, the variation in the gravity field, expressed as Bouguer anomaly, and the distribution of the radiometric elements uranium and thorium (Figs. 3, 6, 7).

The Transscandinavian Igneous Belt (TIB) area is dominated by 1.80 to 1.66 Ga felsic intrusive rocks, which range from alkalifeldspar granite to granite, monzonite, and quartz monzodiorite. The less acid rocks characteristically have mafic enclaves. Gabbroic intrusions are generally sparse but in some parts they are more frequent and commonly show magma mixing and mingling at contacts. There are E–W trending belts of mostly rhyolitic volcanic rocks with minor amounts of andesitic to basaltic compositions. In the western parts, close to and within the Protogine Zone (below), younger TIB rocks (1.70 to 1.66 Ga) appear and possibly dominate.

A belt of anastamozing shear zones occurs between Jönköping and Oskarshamn and is called the Oskarshamn–Jönköping belt. Lithologically it is composed of c. 1.83 and c. 1.80 Ga old intrusive and extrusive rocks. 1.80 Ga granite, monzonite, and quartz monzodiorite dominate the belt but most occurrences of granodiorite and tonalite are slightly older, 1.83 Ga. Sedimentary rocks occur in the Oskarshamn–Jönköping belt but their depositional age is unknown. In older literature and maps the rocks within this belt were interpreted as older than c. 1.86 Ga (Svecofennian), but no age determination has indicated crust older than 1.83 Ga.

Ductile and brittle shear zones with strongly foliated and locally gneissic rocks occur throughout the Oskarshamn–Jönköping belt. The ductile deformation has affected all rocks and is therefore regarded as younger than the emplacement of the 1.80 Ga TIB rocks. Undeformed rocks of both age generations occur outside the shear zones.

At Norra Kärr, near Gränna, a nepheline syenite intruded at 1.58 Ga. The intrusion is rich in zirconiumbearing minerals and shows high U and Th concentrations, above 100 ppm and 400 ppm respectively.

The sedimentary Almesåkra Group, which is dominated by feldspathic arenitic sandstone, is deposited upon the TIB basement. Argillites and conglomerates occur subordinately. At c. 0.98–0.95 Ga, dolerite sills intruded the Almesåkra group.

Doleritic dykes of several generations, 0.95, 1.2 and 1.57 Ga old, mostly underformed, intrude the bedrock in the county of Jönköping. Most of them are clearly seen on the aeromagnetic map.

The Protogine Zone (PZ) is c. 25 km wide and characterized by numerous discrete and subvertical, N–S trending shear zones. It represents a structural and metamorphic transition to uplifted, previously deep-seated, rocks in the Sveconorwegian Province. Lithologically, the zone is made up of TIB-rocks, three generations of N–S trending dolerites, 0.95, 1.2 and 1.57 Ga old, and 1.2 Ga old syenite. The significant volumes of dolerites and syenite indicate that the zone also has a pre-Sveconorwegian history.

The Eastern Segment (ES) of the Sveconorwegian Province is a high-grade gneiss terrane that at c. 0.95-0.98 Ga formed a deep-seated part of a Himalaya-type collision zone. It consists of high-grade metamorphic felsic gneisses and metabasic rocks that are interlayered and have been deformed and folded together. The compositional and gneissic banding has been folded by large-scale, E-W to NW-SE trending folds that dominate the structural pattern. Near PZ these structures gradually steepen and conform to the N-S trending, vertical PZ-structures. The upper level (eastern part) of ES consists of recrystallised and deformed TIB-rocks with smaller-sized bodies of metabasite. The lower level (western part) of ES is dominated by migmatitic gneisses of granitic to tonalitic or quartz monzonitic compositions. Most gneisses have protholith ages in the range 1.66–1.73 Ga, but c. 1.39 Ga augen gneiss also occurs. Most metabasic rocks in southern ES are either garnet amphibolite or highpressure granulite. In southern ES, P-T conditions just west of the PZ is 600-630 °C and 10-12 kbar, whereas in interior parts the conditions are higher, 680-770 °C and 9-12 kbar. Late, brittle, NNE trending fracture zones cross-cut and, locally, displace the compositional banding and ductile structures. Zircon geochronology demonstrates that high-grade metamorphism and vein formation took place during the Sveconorwegian orogeny at 0.95–0.98 Ga. Older vein formation and metamorphism at 1.40 and 1.44 Ga have also been recorded in the ES but the character of these events are as yet less well-defined.

The sedimentary Visingsö Group was deposited at 0.70–0.85 Ga and is estimated to be c. 1000 m thick. It consists of sandstone and shale, with small occurrences of limestone and clastic conglomerate.

The bedrock in the county of Jönköping is mineralised at several sites. During the last four centuries mining has occurred in periods. Gold-bearing quartz veins at Ädelfors were mined during 1740–1916 and out of 75 000 tonnes of rock a total of 150 kg of gold were produced. The quartz veins are found in a strongly deformed mica schist. At a few other places gold-bearing quartz veins have been mined as well, e.g. the Rikagruvan.

Copper and zinc sulphide mineralisations are known from several places in the county – the most prominent being the mines at the Fredrikbergsgruvorna.

At Spexeryd-Hohult manganese ore dominated by braunite is located in fractures that trend north—south and dip steeply to the east. The ore is considered to be of a late origin, possibly Permian in age.

A gabbroic intrusion at Kleva hosts parallel, irregular, near vertical stocks of nickel- and copper-bearing pyrrhotite. The ore at Smålands Taberg consists of vanadiumbearing titanomagnetite and olivine, with minor amounts of plagioclase and amphibole set in a doleritic intrusion. The estimated amount is c. 150 million tonnes at 31% Fe, 6% TiO₂ and 0.3% V₂O₅. Beneath the Lake Vättern, in its southern part, there occurs a large positive magnetic anomaly (fig. 6) that theoretically could represent a mineralisation similar to the one at Smålands Taberg but significantly larger.

Production of dimension stone in the county of Jönköping comprises different kinds of dolerite and granite. Quartz and feldspar have been quarried in a few pegmatite deposits.

Nepheline and zirconium-rich silicates at the alkaline intrusion Norra Kärr attracted some interest right after WW2 and in the 1970s but no economically viable extraction has resulted.

Tack

Författarna vill framföra tack till Per-Gunnar Andréasson för sakkunnig granskning av manuskript till beskrivningen, till Ildikó Antal Lundin och Hans Dehlin för granskning av karta och beskrivning samt till Margaretha Andersson för arbetet med kartframställning. Inge Bryhni tackas för hjälpsamhet i frågor som gäller migmatitterminologi.

- Adamson, O.J., 1944: The Petrology of the Norra Kärr District. *Geologiska Föreningens i Stockholm Förhandlingar 66*, 113–255.
- Andersson, J., Eliasson, T., Möller, C., Lundqvist, I., Bergström, U. & Lundqvist. L., 2006: TIB affinity and a parautochthonous setting of high-grade orthogneisses in the southern Eastern Segment of the Sveconorwegian Province. Abstract. 27th Nordic Geological Winter Meeting. Bulletin of the Geological Society of Finland, Special Issue 1, 9.
- Andersson, J., Möller, C. & Johansson, L., 2002: Zircon geochronology of migmatite gneisses along the Mylonite Zone (S Sweden): a major Sveconorwegian terrane boundary in the Baltic shield. *Precambrian Research 114*, 121–147.
- Andersson, J., Söderlund, U., Cornell, D., Johansson, L. & Möller, C., 1999: Sveconorwegian (-Grenvillian) deformation, metamorphism and leucosome formation in SW Sweden, SW Baltic shield: constraints from a Mesoproterozoic granite intrusion. *Precambrian Research 98*, 151–171.
- Andersson, U.B., 1997: Petrogenesis of some Proterozoic granitoid suites and associated basic rocks in Sweden (geochemistry and isotope geology). *Sveriges geologiska undersökning Rapporter och meddelanden* 91, 216 s.
- Andréasson, P.-G. & Dallmeyer, R.D., 1995: Tectonothermal evolution of high-alumina rocks within the Protogine Zone, southern Sweden. *Journal of Metamorphic Geology* 13, 461–474.
- Andréasson, P.-G. & Rodhe, A., 1990: Geology of the Protogine Zone south of Lake Vättern, southern Sweden: a reinterpretation. *Geologiska Föreningens i Stockholm Förhandlingar 112*, 107–125.
- Andréasson, P.-G. & Rodhe, A., 1996: Kinematics of a major fan-like structure in the eastern part of the Sveconorwegian orogen, Baltic Shield, south-central Sweden – comment. *Precambrian Research 78*, 289–291.
- Andréasson, P.-G., Solyom, Z. & Johansson, I., 1987: Geotectonic significance of Mn-Fe-Ba and Pb-Zn-Cu-Ag mineralizations along the Sveconorwegian-Grenvillian front in Scandinavia. *Economic Geology* 82, 201–207.
- Appelquist, K., 2003: Petrological and chemical description of the Habo volcanic suite, south central Sweden. *Göteborg University, Earth Sciences Centre, B384.*
- Ask, R., 1992: Rocks of the anorthosite-mangeritecharnockite-granite siute along the Protogine zone, southern Sweden. *Geologiska Institutionen Lunds*

Universitet, Examensarbete 38.

- Ask, R., 1996: Single zircon evaporation Pb-Pb ages from the Vaggeryd syenite and dolerites in the SE part of the Sveconorwegian orogen, Småland, S Sweden. *GFF 118*, A8.
- Axberg, S. & Wadstein, P., 1980: Distribution of the sedimentary bedrock in Lake Vättern, southern Sweden. *Stockholm Contribution in Geology 34*, 15–25.
- Becken, M., 2000: Interpretation of magnetic transfer functions from airborne tensor-VLF measurements. *Diploma Thesis. Technical University of Berlin.*
- Berg-Lembke, E., 1979: A microstructural study of the quartzite-dolerite conglomerate. *Geologiska Föreningens i Stockholm Förhandlingar 92*, 40–48.
- Bergström, U., Juhojuntti, N., Kero, L., Lundqvist, L., Stephens, M., Sukotjo, S., Wik, N.-G. & Wikman, H., 2002: Projekt Småland. *IH*. Delin (red.): Regional berggrundsgeologisk undersökning – sammanfattning av pågående undersökningar 2001. *Sveriges* geologiska undersökning Rapporter och meddelanden 110, 65–83.
- Berthelsen, A., 1980. Towards a palinspastic tectonic analysis of the Baltic shield. *International Geological Congress, Colloque C6*, 5–21.
- Blaxland, A.B., 1977: Agpaitic magmatism at Norra Kärr? Rb-Sr isotopic evidence. *Lithos 10*, 1–8.
- Blomberg, A., 1879: Beskrivning till kartbladet Ölmestad. Sveriges geologiska undersökning Ab 5, 27 s.
- Blomberg, A., 1880: Beskrivning till kartbladet Nissafors. *Sveriges geologiska undersökning Ab 6*, 31 s.
- Blomberg, A., 1906: Beskrivning till kartbladet Gällö. Sveriges geologiska undersökning Aa 131, 38 s.
- Blomberg, A., 1907: Beskrivning till kartbladet Boxholm. *Sveriges geologiska undersökning Aa 140*, 137 s.
- Bylund, G. & Pisarevsky, S.A., 2002: Palaeomagnetism of Mesoproterozoic dykes from the Protogine Zone, southern Sweden and the enigmatic Sveconorwegian Loop. *GFF 124*, 11–18.
- Christoffel, C.A., Connelly, J.N. & Åhäll, K.-I., 1999: Timing and characterization of recurrent pre-Sveconorwegian metamorphism and deformation in the Varberg-Halmstad region of SW Sweden. *Precambrian Research 98*, 173–195.
- Claeson, D.T., 1999: Geochronology of the Rymmen gabbro, southern Sweden; implications for primary versus inherited zircon in mafic rocks and rheomorphic dykes. *GFF 121*, 25–31.
- Claeson, D.T., 2001: Investigation of gabbroic rocks associated with the Småland-Värmland granitoid

batholith of the Transscandinavian Igneous Belt. *Göteborg University, Earth Sciences Centre, A64.*

- Connelly, J.N., Berglund, J. & Larson, S.Å., 1996: Thermotectonic evolution of the Eastern Segment of SW Sweden; tectonic constraints from U-Pb geochronology. *I*T.S. Brewer (red.): Precambrian Crustal Evolution in the North Atlantic Region. *Geological Society Special Publication 112*, 297–313.
- Dalziel, I.W.D., 1997: Neoproterozoic-Paleozoic geography and tectonics: Review, hypothesis, environmental speculation. *Geological Society of America Bulletin 109*, 16–42.
- EC, 1999: Radiological protection principles concerning the natural radioactivity of building materials. *European Commision, Directorate-General Environment, Nuclear Safety and Civil Protection, Radiation Protection 112*, 16 s.
- von Eckermann, H., 1968: New contributions to the interpretation of the genesis of the Norra Kärr alkaline body in Southern Sweden. *Lithos 1*, 76–88.
- Eichstädt, F., 1885: Om qvartsit-diabaskonglomeratet i Småland och Skåne. *Sveriges geologiska undersökning C 74*, 28s.
- Elming, S.-Å., Moakhar, M.O. & Martinsson, O., 2004: A palaeomagnetic and geochemical study of basic intrusions in northern Sweden. *GFF 126*, 243–252.
- Estifanos, B., Johansson, L., Ståhl, K. & Wroblewski, T., 1998: A mineralogical and synchrotron X-ray Rietveld study of dark-clouded plagioclase from Bjärnum, southern Sweden. *GFF 120*, 337–340.
- Fredén, C. (red.), 2002: Berg och jord, 3:e uppl. Sveriges Nationalatlas.
- Gavelin, A., 1912: Beskrivning till kartbladet Tranås. Sveriges geologiska undersökning Aa 135, 75 s.
- Gavelin, S., 1931: Några tektoniska och stratigrafiska iakttagelser inom Almesåkraformationen. *Geologiska Föreningens i Stockholm Förhandlingar 53*, 137–149.
- Geijer, P., Collini, B., Munthe, H. & Sandegren, R., 1951: Beskrivning till kartbladet Gränna. Sveriges geologiska undersökning Aa 193, 100 s.
- Gierup, J., Johansson, R., Pamnert, M., Persson, M., Thunholm, B., Wahlgren, C.-H., Wikman, H., Stephens, M. & Johansson, R., 1999: Översiktsstudie av Jönköpings län. Geologiska förutsättningar. *SKB Rapport R-99-35*, 53 s.
- Gorbatschev, R., 1980: The Precambrian development of southern Sweden. *Geologiska Föreningens i Stockholm Förhandlingar 102*, 129–136.
- Hedström, H., 1917: Beskrivning till kartbladet Eksjö. Sveriges geologiska undersökning Aa 129, 107 s.

Henkel, H. & Guzmán M., 1977: Magnetic features of

fracture zones. Geoexploration, 15, 173-181.

- Holst, N.O., 1885: Beskrivning till kartbladet Hvetlanda. *Sveriges geologiska undersökning Ab 8*, 63 s.
- Holst, N.O., 1893: Beskrivning till kartbladet Lenhofda. Sveriges geologiska undersökning Ab 15, 48 s.
- Hubbard, F.H., 1975: The Precambrian crystalline complex of south-western Sweden; the geology and petrogenetic development of the Varberg region. *Geologiska Föreningens i Stockholm Förhandlingar* 97, 223–236.
- Hummel, D., 1877: Beskrivning till kartbladet Vexiö. Sveriges geologiska undersökning Ab 3, 31 s.
- Jacobsen, B.H., 1987: A case for upward continuation as a standard separation filter for potential field maps. *Geophysics 52*, 1138–1148.
- Jarl, L.-G., 2002: U-Pb zircon ages from the Vaggeryd syenite and the adjacent Hagshult granite, southern Sweden. *GFF 124*, 211–216.
- Johansson, L. & Johansson, Å., 1990: Isotope geochemistry and age relationships of mafic intrusions along the Protogine Zone, southern Sweden. *Precambrian Research* 48, 375–414.
- Johansson, L., Lindh, A. & Möller, C., 1991: Late Sveconorwegian (Grenville) high-pressure granulite facies metamorphism in southwest Sweden. *Journal* of Metamorphic Geology 9, 283–292.
- Johansson, L., Möller, C., Lundqvist, L. & Sukotjo, S., 2006: Late Sveconorwegian syntectonic migmatite formation along the eastern margin of the Eastern Segment, southwest Sweden. Abstract. 27th Nordic Geological Winter Meeting. Bulletin of the Geological Society of Finland, Special Issue 1, 61.
- Johansson, L., Möller, C. & Söderlund, U., 2001: Geochronology of eclogite facies metamorphism in the Sveconorwegian province of SW Sweden. *Precambrian Research 106*, 261–275.
- Korhonen, J.V., Aaro, S., All, T., Elo, S., Haller, L.Å., Kääriäinen, J., Kulinich, A., Skilbrei, J.R., Solheim, D., Säävuori, H., Vaher, R., Zhdanova, L. & Koistinen, T., 2002a: Bouguer Anomaly Map of the Fennoscandian Shield 1:2 000 000. The Geological Surveys of Finland, Norway and Sweden and Ministry of Natural Resources of the Russian Federation.
- Korhonen, J.V., Aaro, S., All, T., Nevanlinna, H., Skilbrei, J.R., Säävuori, H., Vaher, R., Zhdanova, L. & Koistinen, T., 2002b: Magnetic Anomaly Map of the Fennoscandian Shield 1:2 000 000. The Geological Surveys of Finland, Norway and Sweden and Ministry of Natural Resources of the Russian Federation.
- Kornfält, K.-A. & Bergström, J., 1990: Beskrivning till berggrundskartorna Karlshamn SV och SO. *Sveriges geologiska undersökning Af 167–168*.
- Larson, S.Å. & Berglund, J., 1995: Berggrundskartan

07D Ulricehamn SO. Sveriges geologiska undersökning Af 178.

- Larson, S.Å., Stigh, J. & Tullborg, E.L., 1986: The deformation history of the eastern part of the southwest Swedish gneiss belt. *Precambrian Research 31*, 235–257.
- Larsson, D. & Söderlund, U., 2005: Lu-Hf apatite geochronology of mafic cumulates: An example from a Fe-Ti mineralization at Smålands Taberg, southern Sweden. *Chemical Geology 224*, 201–211.
- Lind, G., 1972: The gravity and geology of the Vättern area, Southern Sweden. *Geologiska Föreningens i Stockholm Förhandlingar 94*, 245–257.
- Lindström, A, 1898: Beskrivning till kartbladet Ulricehamn. *Sveriges geologiska undersökning Ac 34*, 36 s.
- Loberg, B., 1999: Geologi. 6:e uppl. Prisma.
- Lundegårdh, P.H., Wikström, A. & Bruun, Å., 1985: Beskrivning till provisoriska översiktliga berggrundskartan Oskarshamn. *Sveriges geologiska undersökning Ba 34*, 26 s.
- Lundqvist, L., 1996: 1.4 Ga mafic-felsic magmatism in southern Sweden. *Göteborg University, Earth Sciences Centre, A11.*
- Löfstrand, G., 1898: En samling slipade och polerade prof af s.k. svart granit från Herrestad vid Kärda station i Jönköpings län. *Geologiska Föreningens i Stockholm Förhandlingar 20*, 308–308.
- Magnusson, N.H., 1973: *Malm i Sverige 1 Mellersta och södra Sverige*. Almqvist & Wiksell Förlag AB, 320 s.
- Mansfeld, J., 1995: Crustal evolution in the southeastern part of the Fennoscandian Shield. *Meddelanden från Stockholms universitets institution för geologi och geokemi 289.*
- Mansfeld, J., 1996: Geological, geochemical and geochronological evidence for a new Palaeoproterozoic terrane in southeastern Sweden. *Precambrian Research* 77, 91–103.
- Mansfeld, J., 2002: Age and depositional environment of the Oskarshamn-Jönköping Belt supracrustal rocks. 25th Nordic Geological Winter Meeting, Reykjavik, Iceland. Abstract Volume, 134.
- Munthe, H., 1905: Beskrivning till kartbladet Skövde *Sveriges geologiska undersökning Aa 121*, 158 s.
- Munthe, H. & Gavelin, A., 1907: Beskrivning till kartbladet Jönköping. *Sveriges geologiska undersökning Aa 123*, 166 s.
- Månsson, A.G.M., 1996: Brittle reactivation of ductile basement structures; a tectonic model for the Lake Vättern basin, southern Sweden. *GFF 118, Jubilee Issue* A19.
- Möller, C., 1998: Decompressed eclogites in the Sve-

conorwegian (-Grenvillian) orogen of SW Sweden: petrology and tectonic implications. *Journal of Metamorphic Geology 16*, 641–656.

- Möller, C., 1999: Sapphirine in SW Sweden: a record of Sveconorwegian (-Grenvillian) late-orogenic tectonic exhumation. *Journal of Metamorphic Geology* 17, 127–141.
- Möller, C. & Andersson, J., 2006: Direct dating of Sveconorwegian north-south compression in the southern Eastern Segment – ion probe dating (Nordsim) of zircon. Abstract. 27th Nordic Geological Winter Meeting. Bulletin of the Geological Society of Finland, Special Issue 1, 107.
- Möller, C., Andersson, J. & Claeson, D., 2005: Ionprobe dating of complex zircon in high-grade gneisses, southeast Sveconorwegian Province: constraints for metamorphism and deformation. SGU-rapport 2005:35, 59 s.
- Möller, C., Andersson, J., Eliasson, T., Hellström, F. & Lundqvist, I., 2006: Ion probe zircon dating of polymetamorphic gneisses, southeast Sveconorwegian Province defining 1.44 Ga migmatisation, 1.40 Ga granitic dyke intrusion, and post-1.40 Ga folding. *Abstract. 27th Nordic Geological Winter Meeting. Bulletin of the Geological Society of Finland, Special Issue 1*, 107.
- Möller, C. & Söderlund, U., 1997: Sveconorwegian high-grade regional reworking in the Eastern Segment, SW Sweden: cause, character, and consequences. Letter. *GFF 119*, 253–254.
- Nilsson, M. & Wikman, H., 1997: U-Pb zircon ages of two Småland dyke porphyries at Påskallavik and Alsterbro, south-eastern Sweden. *I* T. Lundqvist (red.): Radiometric dating results 3. Sveriges geologiska undersökning C 830, 31–40.
- Patchett, P.J., 1978: Rb/Sr ages of precambrian dolerites and syenites in southern and central Sweden. *Sveriges geologiska undersökning C 747*, 63 s.
- Pedersen, L.B., 1991: Relations between potential fields and some equivalent sources. *Geophysics 56*, 961–971.
- Persson, L., 1985: Beskrivning till berggrundskartorna Vetlanda NV och NO. Sveriges geologiska undersökning Af 150–151, 138 s.
- Persson, L., 1989: Beskrivning till berggrundskartorna Vetlanda SV och SO. Sveriges geologiska undersökning Af 170–171, 130 s.
- Persson, L. & Daniels, J., 2002: Utveckling av tolkningsmetoder för VLF-data. FRAP 2002406. Sveriges geologiska undersökning 2002:41.
- Persson, L. & Wikman, H., 1986: Beskrivning till provisoriska översiktliga berggrundskartan Jönköping. Sveriges geologiska undersökning Ba 39, 25 s.

- Persson, P.-O. & Wikman, H., 1997: U-Pb zircon ages of two volcanic rocks from the Växjö region, Småland, south central Sweden. *Sveriges geologiska undersökning C 830*, 50–56.
- Rimsa, A., Whitehouse, M.J. & Johansson, L., 2004. Modification of zircon morphology and geochemistry during metamorphism – a case study from Söndrum, SW Sweden. Abstract, The 26:th Nordic Geological Winter Meeting. *GFF 126*, 34.
- Rodhe, A., 1987: Depositional environments and lithostratigraphy of the middle proterozoic Almesåkra group southern Sweden. *Sveriges geologiska undersökning Ca 69*, 80 s.
- Rodhe, A., 1988: The dolerite breccia of Tärnö, Late Proterozoic of southern Sweden. *Geologiska Föreningens i Stockholm Förhandlingar 110*, 131–142.
- Rodhe, A., 1992: Terminology and ideas regarding the Protogine Zone in southern Sweden. *Geologiska Föreningens i Stockholm Förhandlingar 114*, 360–365.
- Röshoff, K., 1973: Vulkaniter, sediment och plutoniter i Vetlandaområdet. Avhandling: *Lund Geologiska institutionen*.
- Röshoff, K., 1975: Some aspects of the Precambrian in south-eastern Sweden in the light of a detailed geological study of the Lake Nömmen area. *Geologiska Föreningens i Stockholm Förhandlingar 97*, 368–381.
- Samuelsson, L., Larson, S.Å., Åhäll, K.-I., Lundqvist, I., Brouzell, J. & Berglund, J., 1988: Beskrivning till provisoriska översiktliga berggrundskartan Borås. Sveriges geologiska undersökning Ba 41, 32 s.
- Shaikh, N.A., Persson, L., Sundberg, A. & Wik, N.-G., 1989: Malmer, industriella mineral och bergarter i Jönköpings län. Sveriges geologiska undersökning Rapporter och meddelanden 50, 128 s.
- Skjernaa, L., 1992: Microstructures in the Nyatorp Shear Zone, southeastern Sweden. Geologiska Föreningens i Stockholm Förhandlingar 114, 195–208.
- Stolpe, M., 1892: Beskrivning till kartbladet Nydala. Sveriges geologiska undersökning Ab 14, 69 s.
- Strålskyddsmyndigheterna i Danmark, Finland, Island, Norge och Sverige, 2000: Naturally occurring radioactivity in the Nordic Countries – Recommendations. *The Radiation Protection Authorities in Denmark, Finland, Iceland, Norway and Sweden,* 80 s.
- Svedmark, E., 1907: Beskrivning till kartbladet Svinhult. Sveriges geologiska undersökning Aa 134, 48 s.
- Söderlund, U., Isachsen, C., Bylund, G., Heaman, L.M., Patchett, P.J., Vervoort, J. & Andersson, U.B., 2005: U-Pb baddeleyite ages and Hf, Nd isotope chemistry constraining repeated mafic magmatism in the Fennoscandian Shield. *Contributions to Mineralogy and Petrology 150*, 174–194.

- Söderlund, U., Möller, C., Andersson, J., Johansson, L. & Whitehouse, M., 2002: Zircon geochronology in polymetamorphic gneisses in the Sveconorwegian orogen, SW Sweden: ion microprobe evidence for 1.46–1.42 and 0.98–0.96 Ga reworking. *Precambrian Research 113*, 193–225.
- Söderlund, U. & Rodhe, A., 1998: Constraints on synintrusive ca. 1.8 Ga conglomerate deposits associated with the Småland-Värmland Belt, SE Sweden; Pb-Pb zircon evaporation dating of the Malmbäck conglomerate. *GFF 120*, 69–74.
- Söderlund, P., Söderlund, U., Möller, C., Gorbaschev, R. & Rodhe, A., 2004: Petrology and ion microprobe U-Pb chronology applied to a metabasic intrusion in southern sweden: A study on zircon formation during metamorphism and deformation. *Tectonics* 23, 1–16.
- Tegengren, F.R., 1924: Sveriges ädlare malmer och bergverk. *Sveriges geologiska undersökning Ca 17*, 406 s.
- Vidal, G., 1972: Algal stromatolites from the late Precambrian of Sweden. *Lethaia* 5, 353–368.
- Vidal, G., 1974: Late Precambrian microfossils from the basal sandstone unit of the Visingsö beds, South Sweden. *Geologica et Palaeontologica 8*, 1–14.
- Vidal, G., 1985: Lake Vättern. Geologiska Föreningens i Stockholm Förhandlingar 106, 395–396.
- Wahlgren, C.-H., Cruden, A.R. & Stephens, M.B., 1994: Kinematics of a major fan-like structure in the eastern part of the Sveconorwegian Orogen, Baltic Shield, south-central Sweden. *Precambrian research* 70, 67–91.
- Wang, X.-D. & Lindh, A., 1996: Temperature-pressure investigation of the southern part of the Southwest Swedish Granulite Region. *European Journal of Mineralogy* 8, 51–67.
- Wik, N.-G., Bergström, U., Bruun, Å., Claeson, D., Jelinek, C., Juhojuntti, N., Kero, L., Lundqvist, L., Stephens, M.B., Sukotjo, S. & Wikman, H., 2005: Beskrivning till regional berggrundskarta över Kalmar län. Sveriges geologiska undersökning Ba 66, 50 s.
- Wik, N.-G., Bergström, U., Claeson, D., Juhojuntti, N., Kero, L., Lundqvist, L., Petersson, J., Sukotjo, S., Wedmark, M. & Wikman, H., 2003: *I* H. Delin (red.): Regional berggrundsgeologisk undersökning – sammanfattning av pågående verksamhet 2002. *Sveriges geologiska undersökning Rapporter och meddelanden 112*, 96–116.
- Wikman, H., 1997: U-Pb zircon ages of three granitoids from the Växjö region, south central Sweden. *IT*. Lundqvist (red): *Sveriges geologiska undersökning C 830*, 63–72.

- Wikman, H., 1998: Beskrivning till berggrundskartorna Växjö SV och SO. Sveriges geologiska undersökning Af 188, 200, 90 s.
- Wikman, H., 2000: Beskrivning till berggrundskartorna 5E Växjö NV och NO. Sveriges geologiska undersökning Af 201, 216, 108 s.
- Wikman, H., Bruun, Å., Dahlman, B. & Vidal, G., 1982: Beskrivning till berggrundskartan Hjo NO. Sveriges geologiska undersökning Af 120, 120 s.
- Wikström, A., 1989: General geological-tectonic study of the Simpevarp area with special attention to the Äspö island. *SKB, Progress Report 25-89-06,* 12 s.
- Åhäll, K.-I., Connelly, J. & Brewer, T., 2002: Transitioning from Svecofennian to Transscandinavian Igneous Belt (TIB) magmatism in SE Sweden: implications from the 1.82 Ga Eksjö tonalite. *GFF 124*, 217–224.
- Åhäll, K.-I., Samuelsson, L. & Persson, P.-O., 1997: Geochronology and structural setting of the 1.38 Ga Torpa granite; implications for charnockite formation in SW Sweden. *GFF 119*, 37–43.

Geologisk och geofysisk ordlista

Förklaringarna bygger i huvudsak på ordlistan i Sveriges Nationalatlas, Band 12, Berg och jord, 3:e upplagan (Fredén 2002), samt ordlistan i Geologi, 6:e upplagan (Loberg 1999).

- **Amfibol.** En grupp av Fe-Mg-silikater med prismatisk kristallform. De viktigaste mineralen i gruppen är hornblände och aktinolit-tremolit.
- Amfibolit. Metamorf basisk bergart bestående av huvudsakligen amfibol och plagioklas.
- Amfibolitfacies. Metamorfgrad (ca 550–700 °C; medelgradig metamorfos), i basiska bergarter definerad av ett mineralinnehåll av plagioklas och hornblände (där anortithalten i plagioklas är minst 17 %).
- **Amygdul.** Hålrum bildat i en magmatisk bergart genom expanderande gas, sekundärt fyllt med ett mineral ur fluidlösningar.
- Andalusit. Ett aluminiumsilikat som bildas i aluminiumrika bergarter under metamorfos vid låga tryck, <4 kbar (motsvarar ett djup av ca 14 km), och temperaturer under ca 600 °C. Jfr kyanit och sillimanit.
- **Andesit.** Intermediär vulkanisk bergart som domineras av plagioklas och mörka mineral t.ex. hornblände, pyroxen, biotit.
- Anomali. Lokal avvikelse.
- **Antiform.** En ryggformad del av ett veckat lager eller en veckad lagerserie.
- **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).
- **Arkeiska.** Från tidsperioden ca 4600–2500 miljoner år sedan som benämns arkeikum.
- Axialplan. Se veckaxelplan.

- **Back- och net-veining.** Uppsmält sidoberg som intruderar i den magma/bergart som orsakade uppsmältningen.
- **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.
- Biotit. Mörkt glimmermineral.
- Bornit. Sulfidmineral som innehåller koppar och järn.
- **Bougueranomali.** Tyngdkraftsavvikelse som tar hänsyn till mätpunkternas latitud och höjd.
- **Breccia.** Bergart som består av bergartsfragment i en mer finkornig mellanmassa.
- **Cordierit.** Ett silikatmineral som bildas vid medelgradig metamorfos i magnesium- och aluminiumrika 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 basisk gångbergart som bildar mer eller mindre branta skivor i berggrunden.
- **Diamantborrning.** Undersökningsborrning med diamantsatt borrkrona. Borrningen syftar till att ta upp en serie prover, borrkärna, av berggrunden.
- **Diorit.** Intermediär djupbergart som domineras av plagioklas och mörka mineral.
- **Djupbergart.** Magmatisk bergart som kristalliserat (stelnat) i djupare delar av jordskorpan.

- **Enklav.** Del av en magma/bergart som ligger omsluten av annan magma/bergart och skild från modermagman.
- **Epidot.** Ett mossgrönt silikatmineral med Ca, Al och Fe, vanligt som sprickfyllnad.
- **Fanerozoiska.** Från tidsperioden som omfattar tiden från ca 545 miljoner år fram till nutid, som benämns fanerozoikum.
- Felsisk bergart. Bergart som består av ljusa mineral, oftast synonymt med sur bergart.
- **Fennoskandiska skölden.** Urbergsområde som omfattar Sverige med undantag av fjällkedjan och sydvästra Skåne, större delen av Finland, nordvästra Ryssland och delar av Sydnorge.
- **Ferrimagnetisk.** Egenskap hos en substans att starkt attraheras av en magnet och besitta en permanent magnetisering.
- Foliation. Allmän term för planstruktur i bergart. Jämför förskiffring.

Fossil. Förstenade lämningar efter djur och växter.

- **Fältspat.** Sammanfattande namn för en grupp bergartsbildande silikatmineral. De viktigaste är kalifältspat (kalium- och aluminiumrik) och plagioklas (natrium-, kalcium- och aluminiumrik).
- **Förskiffring.** Planstruktur i en metamorf bergart definierad av parallellorientering av mineralkorn. Utvecklas vid medelgradig metamorfos.
- **Förkastning.** En spricka eller sprickzon parallellt med vilken berggrunden har rört sig.
- **Gabbro.** Basisk djupbergart som domineras av plagioklas, pyroxen och olivin.
- **Gammaindex.** $m_{\gamma} = C_K/3000 + C_{Ra}/300 + C_{Th}/200$. I formeln är C_K koncentrationen av kalium-40, C_{Ra} koncentrationen av radium-226 och C_{Th} koncentrationen av torium-232, alla i enheten Bq/kg.

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.
- **Granat.** En grupp silikatmineral med varierande sammansättning. De vanliga typerna är samtliga aluminiumrika och innehåller olika proportioner av järn, magnesium, kalcium och mangan. Bildas i medeloch höggradigt metamorfa skiffrar och kalkrika sedimentbergarter. I basiska bergarter bildas granat vid höga metamorfa tryck, och utgör då vanligen ett av huvudmineralen i bergarten.

Granatamfibolit. Metamorf basisk bergart bestående av plagioklas + hornblände och rikligt med granat.

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

- **Granitoid.** Samlingsnamn för kvartsrika djupbergarter, t.ex. granit, granodiorit, tonalit.
- **Granodiorit.** Intermediär till sur djupbergart bestående av huvudsakligen mineralen kvarts, fältspat, glimmer eller hornblände.
- **Granulitfacies.** I basiska bergarter definerad metamorf grad (hög temperatur, > ca 700°C) med metamorft mineralinnehåll bestånde av ortopyroxen och/eller klinopyroxen + plagioklas ± hornblände ± granat ± kvarts.
- **Grännait.** En alkalin magmatisk bergart som är en speciell form av nefelinsyenit, uppkallad efter Gränna.
- **Grönskifferfacies.** Definierad metamorf grad (350– 530 °C). Basiska bergarter består huvudsakligen av amfibol (aktinolit) + Na-rik plagioklas (albit) + epidot + klorit. Skiffrar innehåller vanligen klorit + muskovit + biotit + Na-rik plagioklas (albit)
- **Gångbergart.** En magmatisk bergart i form av en skiva. Utgör sprickfyllnader och har vanligen bildats i övre delen av jordskorpan.

Hematit. Järnoxidmineral.

Hornblände. Se amfibol.

- Hybridbergart. Blandbergart.
- Högtrycksgranulit. Metamorf bergart, i basiska bergarter definierad av metamorf klinopyroxen + plagioklas + granat ± kvarts. Bildas vid hög temperatur (> ca 700 °C) och högt tryck (> ca 8 kbar, motsvarar 30 km djup).
- **Ignimbrit.** Pyroklastisk bergart där de ingående partiklarna avsatts ur heta gasmoln och där askpartiklarna sammansvetsats till en lavaliknande bergart.
- **Intermediär bergart.** Bergart med 52–63 viktprocent SiO2.

Intrusion. Magmatisk bergart som trängt in i och stelnat i jordskorpan som kroppar eller som gångar.

- **Isoklinalveck.** Veck med sammanpressade, parallella veckskänklar. Bildas under stark deformation.
- **Jordskorpa.** Den yttersta delen av jordklotet, ned till 5–10 km under oceanerna och till 20–70 km under kontinenterna.
- Kalcit. Kalciumkarbonat, kalkspat. Huvudmineral i kalksten.
- Kalifältspat. Kaliumrik fältspat. Se även fältspat.

Kalksten. Bergart bestående av i huvudsak kalcit.

Kambrisk. Från den tidsperiod ca 545–495 miljoner år sedan som benämns kambrium.

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

- **Klorit.** Glimmerliknande, vanligen grönt silikatmineral. Bildas vid låg metamorfosgrad (upp till och med grönskifferfacies).
- **Koboltglans.** Ett silvervitt, kobolthaltigt sulfidmineral.
- Konglomerat. Sedimentär bergart som består av rundade stenar i en finkornig mellanmassa.
- Kontaktmetamorfos. Metamorfos av lokal utbredning, orsakad av temperaturförhöjning i sidoberget intill en magmakropp.
- **Kopparkis.** Ett kopparsulfidmineral. Det i Sverige viktigaste för utvinning av koppar.
- **Kvarts.** Mineral bestående av kiseldioxid (SiO₂).
- **Kvartsit.** Metamorfoserad kvartsrik bergart, vanligen en omvandlad, kvartsrik sandsten.
- **Kvartslatit.** Sur till intermediär vulkanit (ytbergart) med kvartsmonzonitisk sammansättning.
- **Kyanit.** Ett aluminiumsilikat som bildas i aluminiumrika bergarter under metamorfos vid förhållandevis höga tryck, >4 kbar (motsv. 15 km djup) vid 500 °C och >8 kbar (motsv. 30 km djup) vid 700 °C. Jfr andalusit och sillimanit.
- **Lavadom.** Domformad, trögflytande lava avsatt i eller intill vulkankratern.
- **Leukosom.** Nybildat (nykristalliserat) ljust material i en migmatit. (Se även migmatit.)
- **Lineament.** En penetrativ eller återkommande linjär struktur i berggrunden.
- **Litologi.** Beskrivning av en berg- eller jordart baserad på exempelvis mineralogisk sammansättning, kornstorlek och färg.

Magma. Smält berg.

- **Magmamingling.** Två eller flera magmor av olika sammansättning som interagerar, men utan att blandas, se även magmamixing.
- **Magmamixing.** Två eller flera magmor av olika sammansättning som interagerar och skapar blandbergart, se även magmamingling.
- **Magmatisk bergart.** Bergart bildad ur en bergartssmälta (magma).
- **Magnetisk signatur.** En magnetisk anomalis form, användbar vid jämförelse med kända eller modellerade anomalier.
- Magnetisk susceptibilitet. Kvoten mellan styrkan av inducerad magnetisering och styrkan av det yttre magnetiska fält som orsakar den inducerade magnetiseringen.
- Magnetiska trendlinjer. Magnetiska trendlinjer länkar ihop magnetiska anomalier som kan representera strukturella trender i berggrunden.
- **Magnetit.** Magnetiskt mineral (järnoxid). Viktigt mineral för utvinning av järn.

- **Malm.** En mineralkoncentration som är ekonomiskt brytvärd.
- Mantel. Påväxt av ett mineral utanpå ett annat mineral t.ex. plagioklas som växt på kalifältspatkristall.
- **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.
- **Metamorfos.** Den omvandling som en bergart genomgår när den utsätts för ändrad temperatur eller ändrat tryck eller båda dessa.
- Migmatit. Heterogen bergart med både ljusare och mörkare delar, där de mörkare vanligen har en metamorf karaktär och de ljusare har en smältkaraktär och består av kvarts, plagioklas och kalifältspat. Migmatit bildas genom delvis uppsmältning och omkristallisation av berggrunden, vilket i granitiska bergarter kan ske vid temeraturer över ca 630 °C.
- **Mikroklin.** Kalifältspat, vanligen ljusröd. Ett av de vanligaste bergartsbildande mineralen.
- **Mineral.** Fast, oorganisk substans som är definierad genom sin kemiska sammansättning och kristallsymmetri.
- **Monzodiorit.** Intermediär djupbergart bestående av huvudsakligen mineralen plagioklas, glimmer och/ eller hornblände.
- **Monzonit.** Intermediär djupbergart bestående av huvudsakligen mineralen fältspat, glimmer och/eller hornblände.

Muskovit. Ljust glimmermineral.

- **Mylonit.** Finkornig, vanligtvis finlaminerad bergart bildad genom mycket stark, plastisk deformation.
- Neoproterozoisk tid. Den senaste delen (ca 1000– 545 miljoner år) av den Proterozoiska tidsperioden (ca 2500–545 miljoner år).
- Normal förkastning. Förkastning, i regel brant, längs vilken det övre blocket rört sig nedåt. Orsakar förtunning i berggrunden.
- **Olivin.** Fe-Mg-silikat som främst förekommer i basiska bergarter.
- **Omvänd magnetisering.** Remanent magnetisering i motsatt riktning till det nuvarande jordmagnetiska fältets riktning.
- **Ordovicisk.** Från den tidsperiod ca 495–443 miljoner år sedan som benämns ordovicium.
- **Ortognejs.** Gnejsomvandlad, ursprungligen magmatisk bergart.
- **Paramagnetisk.** Egenskap hos en substans att svagt attraheras av en magnet. Substansens magnetiska egenskaper är helt beroende av ett yttre magnetfält. Paramagnetiska mineral är bl.a. biotit, hornblände och olivin.

- **Pegmatit.** En grovkristallin granitisk bergart som vanligen bildar gångar eller mindre kroppar.
- Petrofysik Studier av de fysikaliska egenskaperna hos bergarter.
- **Plagioklas.** Natrium- och kalciumrika fältspater. Se även fältspat.
- Plastisk deformation. Deformation vid vilken berggrunden reagerar plastiskt, dvs. beter sig ungefär som modellera, vilket börjar ske vid temperaturer över ca 350 °C (då mineralet kvarts börjar deformeras plastiskt). Berggrunden reagerar i regel helt plastiskt vid temperaturer över 500 °C. Penetrativa deformationsstrukturer (foliation och lineation), veck, och lokaliserade strukturer i form av plastiska skjuvzoner bildas alla vid plastisk deformation.
- **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. Jämför procent = "en hundradel".
- Prehnit. Silikatmineral.
- **Prekambrium.** Geologisk tidsålder, omfattande tiden från jordens bildning fram till för 545 miljoner år sedan.
- **Proterozoiska.** Från tidsperioden ca 2 500–545 miljoner år sedan som benämns proterozoikum.
- **Pyroxen.** Fe-Mg-silikat som främst förekommer i basiska bergarter.
- **Q-kvot.** Kvoten mellan den remanenta och den inducerade magnetiseringen. För prov med Q>1 dominerar den remanenta magnetiseringen, för prov med Q<1 dominerar den inducerade magnetiseringen.
- **Radioaktivitet.** Spontant sönderfall av ett radioaktivt ämne, ofta via en sönderfallskedja, till ett stabilt ämne. Vid sönderfallet utsänds olika typer av joniserande strålning.
- **Radiumindex.** C_{Ra}/200, där C_{Ra} är koncentrationen av radium-226.
- **Refraktionsseismik.** Geofysisk metod som utnyttjar seismiska vågors brytning (refraktion) i kontakten mellan olika media, t.ex. i kontakten mellan jord och berg.
- **Remanent magnetisering.** Del av bergarts eller malms magnetisering som kvarstår sedan den inducerade magnetiseringen eliminerats.
- Resistivitet. (Elektriskt) motstånd.
- **Revers förkastning.** Förkastning, i regel brant, längs vilken det övre blocket rört sig uppåt, över det undre. Orsakar förtjockning i berggrunden.
- **Ryodacit.** Sur till intermediär vulkanit (ytbergart) med granodioritisk sammansättning.

- **Ryolit.** Sur vulkanit (ytbergart) med granitisk sammansättning.
- Sandstensgång. Spricka i urberget som fyllts av sandsten.
- 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.** Ursprungligen sedimentär bergart som gnejsomvandlats.
- Sedimentär bergart. Till en bergart hopläkt sediment.
- **Silikat.** Kemisk förening mellan kisel (Si) och syre (O). Se även silikatmineral.
- Silikatmineral. Den typ av silikat som förekommer i naturen. Över 90 % av jordskorpan består av bergartsbildande silikatmineral, främst kvarts, fältspat, amfibol, pyroxen och olivin.
- Sillimanit. Ett aluminiumsilikat som bildas i aluminiumrika bergarter under metamorfos vid höga temperaturer, >500 °C, och måttliga eller låga tryck, <6 kbar (motsv. 22 km djup) vid 650 °C och <8 kbar (motsv 30 km djup) vid 700 °C. Jfr andalusit och kyanit.
- Skjuvzon. Se plastisk deformation.
- **Sprickzon.** Se spröd deformation.
- **Spröd deformation.** Deformation vid vilken berggrunden reagerar genom uppsprickning. Vid denna deformation bildas enskilda sprickor och ansamlingar av sprickor till sprickzoner.
- Stratigrafiska undersökningar. Undersökningar som syftar till att utreda bergarternas inbördes åldersförhållanden.
- **Strykning.** Riktning av en planstruktur, t.ex. förskiffring, sprickzon eller bergartskontakt.
- Strökorn. Större mineralkorn i finare mellanmassa.
- **Stupning.** Vinkel som en planstruktur, t.ex. förskiffring, sprickzon eller bergartskontakt, bildar med horisontalplanet.
- **Sur bergart.** Bergart med >63 viktprocent SiO₂.
- Syenit. Intermediär djupbergart som domineras av kalifältspat och mörka mineral.
- **Syenitoid.** Samlingsnamn för kvartsfattiga djupbergarter, t.ex. kvartssyenit/syenit, kvartsmonzonit/monzonit.
- **Synform.** En trågformad del av ett veckat lager eller en veckad lagerserie.
- **Tektonik.** Den storskaliga uppbyggnaden av jordskorpan. Termen omfattar geologiska processer och strukturer relaterade till rörelser i berggrunden.

- **Textur.** Utseende och form, används för att beskriva t.ex. mineralkornens form, storlek, orientering och inbördes relationer.
- **Tonalit.** Intermediär till sur djupbergart som domineras av plagioklas, kvarts och mörka mineral.
- **Topografiskt lineament.** Rak eller svagt böjd långsträckt struktur i naturen.
- **Veckaxel.** Den tänkta linje utmed vilken ett veckat lager har sin maximala kurvatur.
- **Veckaxelplan.** Det tänkta plan vilket sammanbinder veckaxlarna för varje lager i en veckad bergartsserie.

Veck. Böjd planstruktur i berggrunden.

- **Vesuvianit.** Kalciumrikt silikatmineral som bildas vid kontaktmetamorfos av oren kalksten.
- **Vittring.** Sönderdelning och omvandling av berg och jord genom mekaniska och kemiska processer.
- **Vulkanit.** Bergart bildad genom vulkaniska processer, som utströmning vid jordytan av magma, fragment, aska, gaser etc.
- **Xenolit.** Fragment av främmande bergart i magmatisk bergart.
- **Ytbergart.** Bergart bildad på eller nära jordens yta genom sedimentära eller vulkaniska processer.
- Ögon. Större mineralkorn i finare mellanmassa.



Sveriges geologiska undersökning Box 670 751 28 Uppsala Tel: 018-17 90 00 Fax: 018-17 93 70 www.sgu.se

Uppsala 2006 ISSN 1652-8336 ISBN 91-7158-771-3 Tryck: Edita Västra Aros AB, Västerås