

Beskrivning till berggrundskartorna **Halmstad–Laholm**

Inger Lundqvist & Maria Carlsäter Ekdahl



ISSN 1652-8336
ISBN 978-91-7403-246-8

Närmare upplysningar erhålls genom
Sveriges geologiska undersökning
Box 670
751 28 Uppsala
Tel: 018-17 90 00
Fax: 018-17 92 10
E-post: kundservice@sgu.se
Webbplats: www.sgu.se

Omslagsbild: Metadiabas som klipper röd ådergnejs, s.k. Hallandia.
Foto: Thomas Eliasson, SGU.

© Sveriges geologiska undersökning, 2014
Layout: Agneta Ek, Jeanette Bergman Weihed, SGU

INNEHÅLL

Inledning	5
Berggrundsgeologisk utveckling	5
Bergarter	7
Metamafit och metagabbro	7
Röd till gråröd granit och rödgrå till grå granit till granodiorit, gnejsiga, starkt ådrade	8
Granit, granodiorit, tonalit, kvartsdiorit, gnejsiga	9
Röd till gråröd granit, porfyrisk eller jämnkornig, gnejsig	10
Leukogranit	11
Pegmatitgångar	12
Diabas	12
Kritabergarter	12
Geofysik	13
Metamorfose och deformation	14
Berg- och mineralresurser	19
Referenser	19
Ytterligare litteratur	20

INLEDNING

Kartområdet Halmstad–Laholm omfattar den södra delen av Halland och består av Halmstads och Laholms kommuner samt resterande delar av de topografiska kartbladen (skala 1:50 000) 5C Ullared SO och 4C Halmstad SO. Den västra, befolkningstäta delen utgör 1150 km² och har karterats i skala 1:50 000. Den östra, mer glesbefolkade delen har karterats i skala 1:250 000 och omfattar en yta på 1230 km². Närmast kusten är landet låglänt förutom några nordöstligt utsträckta bergryggar i den norra delen. De breda dalgångarna norr om Halmstad liksom Laholmsslätten i söder är uppodlade, har stora jorddjup och är mycket hållfattiga och har på kartan därför fått beteckningen ”okänd berggrund”. Mot nordöst och öster höjer sig landet och är ställvis relativt kuperat med djupa dalgångar och skogklädda bergplintar emellan. De högsta höjderna når ca 125 m över havet i öster och ca 175 m i nordöst. I söder höjer sig den mäktiga Hallandsås, som når ca 200 m över havet. Hålltäheten varierar, vissa områden har många hållar medan det i andra är glest mellan dem. Samtliga koordinater i beskrivningen är angivna i rikets nät, RT90 2,5 gon V.

Jordarterna i de uppodlade kustområdena består till största delen av grovmo och glacial lera medan höjdområdena täcks av morän. Jorddjupen är stora på vissa platser som t.ex. på Galgberget i Halmstad, där jorddjupet är drygt 100 m.

Berggrunden består till övervägande del av prekambrika bergarter, dvs. bergarter som är äldre än 545 miljoner år. Inom ett område norr om Hallandsås och utanför kustlinjen överlagras den prekambrika berggrunden av bergarter bildade under tidsperioden yngre krita för 100 till 65 miljoner år sedan. På Hallandsås finns ett flertal västnordvästliga diabaser bildade under permisk tid för ca 290 miljoner år sedan.

Äldre arbeten över området utgörs av kartor med beskrivningar i SGUs serie Aa i skala 1:50 000: Aa 60 (Hummel 1877a), Aa 114 (Lindström 1898), Aa 197 (Mohrén & Larsson 1968) och Aa 198 (Caldenius m.fl. 1966) samt serie Ab i skala 1:200 000: Ab 2 (Hummel 1877b), Ab 5 (Blomberg 1879) och Ab 12 (Lundbohm 1887). Moderna berggrundskartor, som delvis berör området är Af133 Halmstad SV (Wikman & Bergström 1987) och Af148 Helsingborg NO (Wikman & Sivhed 1992) båda i skala 1:50 000.

BERGGRUNDSGEOLOGISK UTVECKLING

Sydvästsveriges berggrund, även kallad den sydvästsvenska gnejsregionen, är en del av den Baltiska eller Fennoskandiska urbergsskölden. Denna har en äldre (arkeisk) kontinentkärna i öster och nordöst mellan Karelen och Kolahalvön och har haft en successiv tillväxt mot väster och sydväst. Bildandet av berggrunden i sydvästra Sverige inleddes för ca 1700 miljoner år sedan.

Traditionellt har gränsen mellan sydvästra Sveriges berggrund och den äldre berggrunden i öster satts i Protoginzonen, som går från östra Skåne mot Jönköping och vidare norrut väster om Vättern. Gränsen sammanfaller i stort med gränslinjen mot ett sammanhängande bälte av graniter (det transskandinaviska magmatiska bältet eller TMB), där de så kallade Smålands- och Värmlandsgraniterna dominerar. I söder begränsas regionen av förkastningar i den så kallade Tornquistzonen med nordvästlig riktning genom norra Skåne. I norr fortsätter de sydvästsvenska bergartsleden in i sydöstra Norge där de täcks av den skandinaviska fjällkedjans betydligt yngre bergarter. Den sydvästsvenska gnejsregionen delas i två områden av Mylonitzonen, som sträcker sig från Varberg norrut till Väneren, i det östra respektive det västra segmentet. Det östra segmentet omfattar området mellan Mylonitzonen och Protoginzonen där berggrunden domineras av mer eller mindre starkt gnejsiga och ådrade, magmatiska bergarter.

Kartområdet utgör en sydlig del av det östra segmentet inom den sydvästsvenska gnejsregionen. Berggrunden består huvudsakligen av magmatiska bergarter, som är ca 1690–1670 miljoner år gamla. De har omvandlats och deformerats kraftigt (metamorfos i granulitfacies) vid två separata tillfällen, dels för ca 1440 miljoner år sedan, dels under svekonorvegisk tid för ca 1100–920 miljoner år sedan. I vissa små områden har omvandlingen gått så långt att bergarten charnockitomvandlats. Den magnetiska kartbilden (se fig. 1) återspeglar områdets geologiska komplexitet.



Figur 2. Magmamängling (6283724/1312109). Foto: Thomas Eliasson.

flertal av de lågmagnetiska stråk med västnordvästlig riktning som syns i den södra delen av området (se fig. 1). Ungefär nord-sydliga lineament, längs vilka berggrunden tycks vara förkastad, återfinns inom den mellersta delen av området. På den magnetiska anomalikartan (se fig. 1) är de nord-sydliga lineamenten tydliga i den mellersta och norra delen av området. I flera fall, längs de nord-sydliga lineamenten, syns en skillnad i magnetiseringsnivå mellan den östliga respektive den västliga sidan, som tyder på rörelser med en vertikal komponent. Modelleringar av magnet- och tyngdkraftsdata stöder denna tolkning.

Norr om Hallandsås i den södra delen av kartområdet, finns ett nedförkastat område med kalkiga, leriga och sandiga sedimentbergarter, där materialet avsattes under yngre krita för ca 100 till 65 miljoner år sedan. Det finns inga blottningar av kritalagren inom kartområdet, men i närheten av Båstad strax väster om kartområdet finns några få hållar. Gränsen till kritberggrunden följer i stort kustlinjen norrut till Varberg ute till havs. Rester av de här sedimentbergarterna kan finnas i sänkor inom resten av området. På en udde i den norra delen av kartområdet har en mindre förekomst av kritabergarter hittats vid grävningar.

BERGARTER

Metamafit och metagabbro

Mörka, omvandlade, magmatiska bergarter finns i ett flertal större och mindre kroppar, inneslutningar och gångar inom hela området. Det finns ingen datering av bergarterna, men troligen är de flesta förekomsterna likåldriga med de övriga bergarterna, dvs. ca 1 690–1 670 miljoner år gamla. På strandhällar i Tylösand väster om Halmstad finns blandbergarter och magmablandning (fig. 2) mellan en omvandlad gabbro och en granitisk, gnejsig och ådrad bergart som är ca 1 670 miljoner år gammal. Bergarterna utgörs av omvandlad gabbro, diorit, ultramafit eller diabas och innehåller bland annat mineralen granat och

amfibol, varför de med ett gemensamt namn kallas granatamfiboliter. Vissa av förekomsterna innehåller också mineralet klinopyroxen (fig. 3), mer sällsynt ortopyroxen, och de har markerats med en annan färg på kartan. Ortopyroxenkristallerna kan lokalt vara upp till 8 cm i diameter. Bergarterna är grå till svarta, varierar i kornstorlek från grovkorniga till finkorniga och de grovkornigare varianterna ser vitsvarta ut. Granatamfiboliterna är massformiga till gnejsiga och ställvis markant ådrade.

Granatamfiboliterna har den lägsta strålningsnivån av bergarterna i området. Medelvärden ligger på 1,1 % kalium, 0,6 ppm uran och 1,6 ppm torium. Densiteten är hög (3 050 kg/m³ i medelvärde) och några av de lokala massöverskott som föreligger har kunnat knytas till dem. Geofysiskt kan de grovt delas in i två grupper, en med hög susceptibilitet ($>1\,000 \times 10^{-5}$ SI-enheter) och en med låg susceptibilitet ($50\text{--}200 \times 10^{-5}$ SI-enheter). På den magnetiska anomalikartan (se fig. 1), i det sydöstra hörnet av kartområdet 5C Ullared SO, syns ett markant lågmagnetiskt (blått) område. Det föreligger också ett lokalt massöverskott i samma område. Det orsakas av en granatamfibolit med hög susceptibilitet men en ännu kraftigare omvänd remanent magnetisering.

Ultramafiska bergarter är ovanliga i södra Halland, men det finns en förekomst vid Brandshult norr om Oskarström. Bergarten utgörs till största delen av en granoblastisk och finkornig massa av högmetamorfa mineral såsom klinopyroxen, ortopyroxen, granat, spinell och opakmineral. Även amfibol förekommer. I bergarten finns oregelbundet formade, halvcentimeterstora rester av primära magmatiska mineral som olivin, klinopyroxen och ortopyroxen. De metamorfa mineralen har bildat kransformade strukturer, så kallade koronor, runt dessa rester av magmatiska mineral. Ultramafiten har en densitet på ca 3 240 kg/m³.

Röd till gråröd granit och rödgrå till grå granit till granodiorit, gnejsiga, starkt ådrade

Röd till rödgrå, starkt ådrad, veckad, omkristalliserad, granitisk till granodioritisk ortognejs dominerar i den nordvästra delen av kartområdet. Den förekommer också som mindre, långsmala kroppar inom



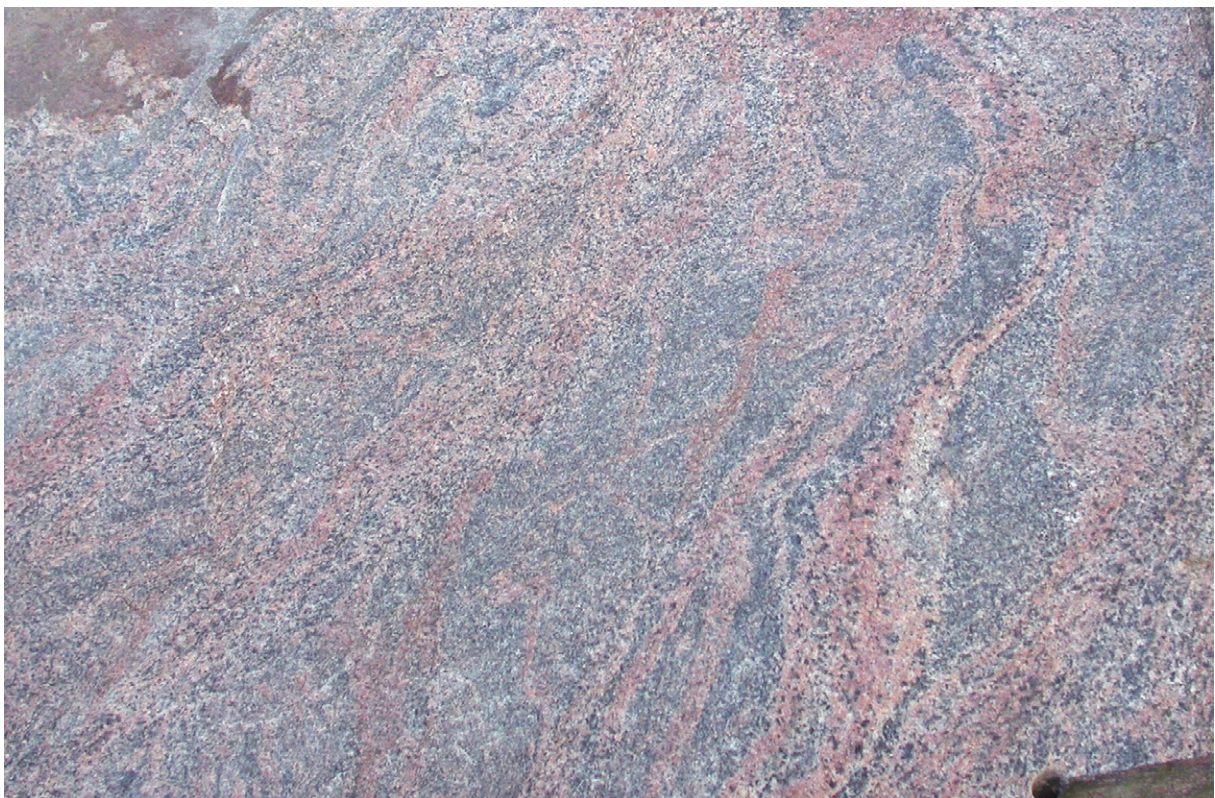
Figur 3. Granatamfibolit (metagabbro) med grågrön klinopyroxen. Bildbredd ca 3,5 cm. (6284834/1313821). Foto: Thomas Eliasson.

resten av området. Den rödare, rent granitiska varianten har skiljts ut som en egen enhet på kartan men övergångar mellan de två leden är glidande. Veckningen och omkristallisationen orsakar att bergarten ser "flammig" ut (fig. 4), något som stenindustrin tagit till vara på; den bryts och saluförs bland annat under namnet Hallandia. Veckningen är speciellt uttalad inom den nordvästra delen av området, för övrigt liknar bergarten mer en vanlig ådergnejs. Bergarten är något heterogen och tycks ställvis ha en bandning mellan olika sammansättningsled. Smala, avslitna, mörkt grå till svarta stycken av omvandlade mörka bergarter är vanligt förekommande. Ursprungligen kan de till en del ha varit mörka gångar av t.ex. diabas, som slagit igenom gnejsen. Ådergnejsen är åldersbestämd (U-Pb på zirkoner) på två platser inom kartområdet. Ett prov taget i Söndrum väster om Halmstad har gett en ålder på 1671 ± 4 miljoner år (Rimsa m.fl. 2007) och ett annat prov taget på Högabjär 9 km norr om Halmstad har gett en ålder på 1686 ± 12 miljoner år. Kornstorleken är medelkornig. Granat förekommer vanligen och mer sällsynt klinopyroxen.

Gnejserna har genomgående låga strålningsnivåer. Den röda till rödgrå, granitiska till granodioritiska varianten har genomsnittliga halter på 3,6 % kalium, 1,1 ppm uran och 8 ppm torium, medan den rödare har något högre kalium- och toriumhalter (4,3 % kalium, 1,1 ppm uran och 12 ppm torium). Densiteten är genomsnittligt högre för den röda till rödgrå, granitiska till granodioritiska gnejsen (medelvärde 2670 kg/m^3 mot 2630 kg/m^3 för den rödare varianten) och även susceptibiliteten är högre (medelvärde 2300×10^{-5} SI-enheter mot 1300×10^{-5} SI-enheter för den rödare varianten).

Granit, granodiorit, tonalit, kvartsdiorit, gnejsiga

Gnejsig granit till kvartsdiorit förekommer som större och mindre kroppar inom hela kartområdet. Granitisk sammansättning är helt dominerande. Gnejsig granodiorit finns framför allt i två större kroppar, den ena söder och öster om Hyltebruk och den andra på Nyårsåsen, 5 km nordväst om Halmstad. Gnejsig tonalit förekommer mestadels i anslutning till metamafit och metagabbro. Gnejsig kvartsdiorit finns bara



Figur 4. "Flammig" ådergnejs, s.k. Hallandia (630200/1309700). Foto: Thomas Eliasson.

Tabell 1. Medelvärden för kalium-, uran- och toriumhalter samt densitet och magnetiska egenskaper för gnejsiga graniter, granodioriter och tonaliter i området.

Bergart	Kalium (%)	Uran (ppm)	Torium (ppm)	Densitet (kg/m ³)	Susceptibilitet (x10 ⁻⁵ SI-enheter)	Remanens (mA/m)
Tonalit, gnejsig	2,1	0,5	3	2 800	6 320	1700
Granodiorit, gnejsig	3,1	1,0	8,5	2 700	3 440	1140
Granit, gnejsig	4,1	1,2	11,5	2 630	1 870	1120

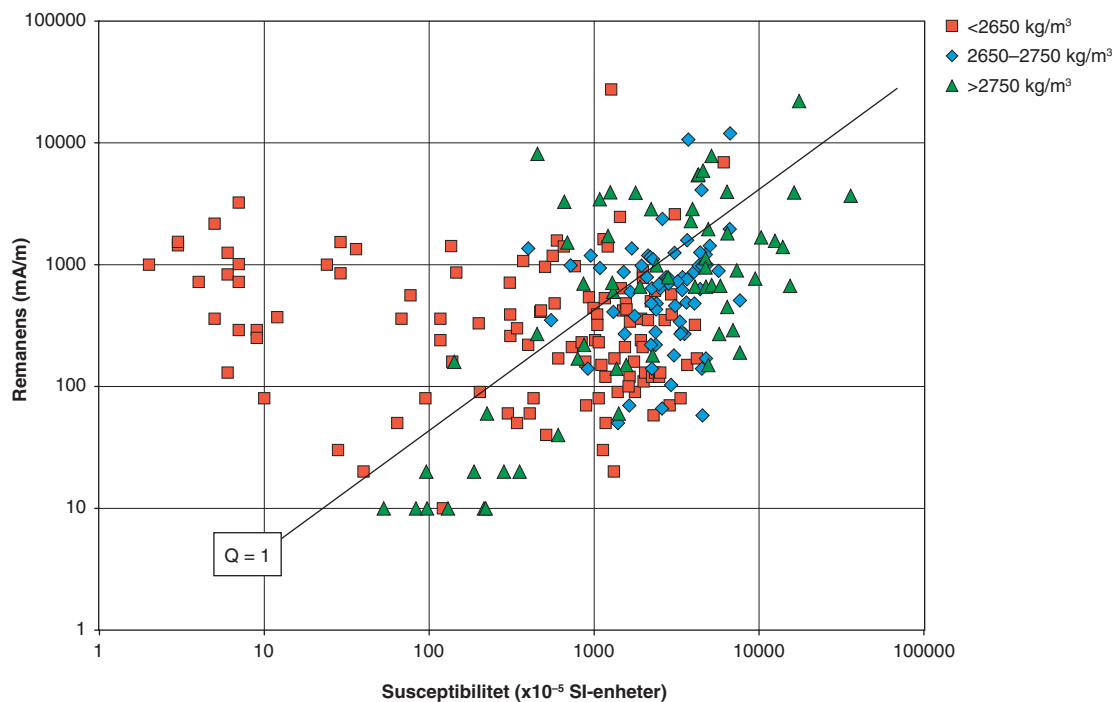


Figur 5. Gnejsig, stänglig Hinnerydsgranit (6300416/1322761). Foto: Thomas Eliasson.

på en plats. Färgen varierar med sammansättningen från röd till mörkt grå. De olika sammansättningarna graderar över i varandra i de kroppar som består av fler än en bergart. Mineralkornen är fin- till medelkorniga. Bergarterna är gnejsiga och på en del platser ådrade, även om det i de röda granitiska leden kan vara svårt att urskilja ådrorna. Även dessa bergarter innehåller små granatkorn, speciellt de tonalitiska och kvartsdioritiska varianterna. Lokalt uppträder också klinopyroxen och i mindre utsträckning ortopyroxen, framför allt i tonaliten och kvartsdioriten. Strålningsnivåer, densitet, susceptibilitet och remanens för de olika bergarterna framgår av tabell 1. Det finns ingen datering på dessa bergarter, men fältmässiga förhållanden tyder på att de är likåldriga med omgivande bergarter, dvs. ca 1 690–1 670 miljoner år.

Röd till gråröd granit, porfyrisk eller jämnkornig, gnejsig

I den östra delen av kartområdet dominerar en röd till gråröd, porfyrisk, stänglig, ställvis gnejsig bergart, så kallad Hinnerydsgranit. Västerut minskar förekomsten av graniten. Bergarten uppvisar för det mesta diffusa, stängliga, polykristallina fältspatögon som vanligen är mindre än 2 cm (fig. 5). På vissa platser kan de dock vara upp till 5 cm i diameter och på andra saknas helt. Norr om Torup och väster om Hyltebruk finns ett större område där graniten saknar ögon. Ögonhalten varierar även inom de olika förekomsterna så att vissa mindre partier saknar ögon. En variant av Hinnerydsgraniten finns i trakten



Figur 6. Diagrammet visar förhållandet mellan den inducerade och den remanenta magnetiseringen för bergartsprover från området. Bergarterna är grupperade efter uppmätt densitet. Den svarta linjen representerar Q-värde (förhållandet mellan den remanenta och den inducerade magnetiseringen) = 1. Punkter som ligger ovanför den svarta linjen domineras av remanent magnetisering.

runt Kvibille 12 km norr om Halmstad. Den skiljer sig åt genom att den är rödare. En åldersbestämning (U-Pb på zirkoner) gjord på ett prov taget i Kvibille gav en ålder på 1676 ± 10 miljoner år (Andersson m.fl. 2005). De polykristallina fältspatögonen består av kalifältspat (mikroklin) och kan vara mantlade med plagioklas (rapakivitextur). Lokalt finns också kärnor av ortoklas, högtemperaturvarianten av kalifältspat. Grundmassan är medelkornig och består huvudsakligen av kvarts, kalifältspat, plagioklas och hornblände. Även i denna bergart förekommer det lokalt granat och klinopyroxen. Bergarten är vanligtvis tydligt stänglig, på vissa lokaler gnejsig och sällsynt kan enstaka ådror uppträda. Bergarten är lågstrålande med medelvärden på 3,5 % kalium, 1 ppm uran och 8 ppm torium. Hinnerydsgraniten har en genomsnittlig densitet på 2670 kg/m^3 . Susceptibiliteten är generellt hög (3000×10^{-5} SI-enheter i medelvärde), vilket syns på den magnetiska anomalikartan (se fig. 1), speciellt i de nordöstra delarna som domineras av Hinnerydsgranit.

Leukogranit

Röd, gnejsig granit som är fattig på mörka mineral (<5 %), så kallad leukogranit, förekommer framför allt i den mellersta delen av kartområdet. Bergarten liknar den tidigare beskrivna röda, granitiska gnejsen men innehåller en mindre mängd mörka mineral. De här två bergarterna är dock inte alltid lätta att skilja åt. Leukogranitens ålder är inte känd, men bergarten skulle till viss del ha kunnat bildas ur smältor, som uppstod under metamorfosperioden för ca 1440 miljoner år sedan. Bergarten är fin- till medelkornig, gnejsig och något ådrad. Ådrorna är svåra att se, då bergarten innehåller så lite mörka mineral, men mineralkornen är tydligt grövre i dem. En del partier i graniten är helt omkristalliserade och där ser bergarten närmast massformig ut.

Bergarten har varierande toriumhalter (1–40 ppm) men låga uranhalter och höga kaliumhalter. Medelvärden är 4,5 % kalium, 2 ppm uran och 13 ppm torium. Densiteten är överlag låg (2600 kg/m^3 i medelvärde). De magnetiska egenskaperna hos bergarten varierar mycket (fig. 6). Susceptibiliteten varierar mellan 2×10^{-5} SI-enheter och 4000×10^{-5} SI-enheter och den remanenta magnetiseringen mellan 20 mA/m

och 3 200 mA/m. Av figur 6 framgår att det inte finns någon korrelation mellan en hög susceptibilitet och en hög remanens för de lättare bergarterna. I flera fall har förekomsten av leukograniter korrelerat till de lågmagnetiska stråk som framträder på den magnetiska anomalikartan (se fig. 1).

Pegmatitgångar

Pegmatit är en grovkornig, granitisk bergart, där de ingående mineralen utgörs av kvarts, kalifältspat, plagioklas och de mörka mineralen biotit och hornblände. Inom kartområdet finns det även pegmatitgångar som innehåller mineralet pyroxen. Det finns pegmatitgångar inom hela kartområdet men de är inte så vanligt förekommande. Bredden på gångarna varierar och är som mest någon meter. Pegmatiten har bildats vid flera olika tillfällen och gångarna har alltså olika åldrar. De äldsta är medveckade i berggrunden och kan ställvis vara avslitna (boudinerade) i mindre bitar, medan de yngre slår rakt igenom övriga bergarter. De allra yngsta pegmatitgångarna bildades för ca 945 miljoner år sedan under den svekonorvegiska bergskedjebildningsperioden för 1150 till 900 miljoner år sedan. En åldersbestämning (U-Pb på zirkoner) på en klippande men veckad pegmatitgång på Högabjär (9 km norr om Halmstad) har gett en ålder på ca 1400 miljoner år (Möller m.fl. 2005). Strålningsmässigt är pegmatiterna mycket heterogena. Generellt är halterna låga, men varierar. Två pegmatitgångar har gett ett aktivitetsindex som överskrider 2, på grund av höga toriumhalter.

Diabas

Diabas är en mörk gångbergart, där de viktigaste mineralen utgörs av pyroxen och plagioklas. Plagioklaskristallerna är listformade och omsluts av pyroxen i en så kallad ofitisk textur. Inom kartområdet finns diabaser av flera generationer. De äldsta är kraftigt omvandlade och deformerade och medveckade i berggrunden. Huvudmineralen utgörs av plagioklas, amfibol, granat och i vissa gångar pyroxen. Bergarten är mörkt grå till svart och finkornig till fint medelkornig.

Norr och väster om Halmstad finns ett antal ungefär nord-sydligt strykande omvandlade diabaser, som klipper ådringen i omgivande bergart (fig. 7). Eftersom åderbildningen är daterad till ca 1440 miljoner år, måste gångarna vara yngre. En osäker Sm-Nd-datering (modellålder) pekar på en ålder av ca 1400 miljoner år men gångarna skulle också ha kunnat bildas under svekonorvegisk tid, dvs. för ca 1100–920 miljoner år sedan. Bergarten är mörkt grå till svart och finkornig till fint medelkornig. De vanligaste mineralen är plagioklas, amfibol, granat och pyroxen. Gångarna är någon decimeter till några meter breda och stupar medelbrant till brant.

På Hallandsås och precis norr därom finns ett antal unga diabaser med västnordvästlig riktning och varierande stupning. På en del platser finns även apofyser. Gångarna klipper gnejsighet och ådring hos omgivande bergarter. Magman intruderade för ca 290 miljoner år sedan under permo-karbonsk tid. Diabasen är finkornig, massformig och gråsvart till svart. Mineralen utgörs till största delen av plagioklas och pyroxen. På den magnetiska anomalikartan (se fig. 1) framträder de västnordvästligt riktade diabaserna tydligt i den södra delen av området på grund av dels deras genomgående höga susceptibilitet (medelvärde $5\,300 \times 10^{-5}$ SI-enheter), dels deras kraftiga remanenta magnetisering som är riktad så att den förstärker den totala magnetiseringsnivån (deklinations 200–240 grader, inklinations 30–44 grader). Medelvärde för densiteten är 2 930 kg/m³.

Kritabergarter

I det nedförkastade området norr om Hallandsås täcks den prekambrisk berggrunden av sedimentära bergarter avsatta under tidsperioden yngre krita för ca 100–65 miljoner år sedan. Det finns ingen blottning av de här bergarterna inom kartområdet men i trakten av Båstad några kilometer väster om kartområdet finns det några stycken. Man har t.ex. brutit kalksten i Malens kalkstensbrott, som numera är nedlagt.



Figur 7. Metadiabas som klipper röd ådergnejs, s.k. Hallandia (6283604/1314127). Foto: Thomas Eliasson.

Kritaavlagringarna tros vara avsatta på en djupvittrad berggrundsytta. Sedimentbergarterna är som mest ca 130 m mäktiga och tunnare ut mot norr. De utgörs av ljus kalksten (kalkarenit) och det finns också sandiga lager, men litologin är inte helt känd.

GEOFYSIK

Geofysiska flygmätningar täcker hela området och innefattar mätning av det jordmagnetiska fältets totalintensitet, det elektromagnetiska fältet i VLF-området samt markens naturliga gammastrålning. Data erhållna från flygmätningar verifieras genom uppföljning på marken med handburna instrument. Markmätningarnas huvudsakliga syfte är dock att följa upp anomaliersaker, dvs. att knyta anomalier till olika bergartsled samt att ge detaljbilder av anomalier för exempelvis beräkningar av tredimensionella geologiska modeller.

Lokala variationer i magnetfältet beror på bergarternas varierande magnetiska egenskaper. Den magnetiska kartbilden kan därför ge information om vissa bergarters utbredning samt om strukturella drag i berggrunden. Bergarterna i området har vanligen en hög magnetisk susceptibilitet eftersom de oftast är magnetitförande. Närmare 60 % av hållmätningarna har gett en genomsnittlig susceptibilitet större än

1000×10^{-5} SI-enheter, medan knappt 10 % gett medelvärden under 100×10^{-5} SI-enheter. Bergarterna har dessutom ofta en stark, remanent magnetisering som många gånger har en riktning motsatt det jordmagnetiska fältet (dvs. uppåtriktad). En uppåtriktad remanent magnetisering motverkar den inducerade magnetiseringen som ligger i det jordmagnetiska fältets riktning. Om den uppåtriktade remanenta magnetiseringen är högre än den inducerade magnetiseringen blir nettomagnetiseringen uppåtriktad. Detta innebär att bergarter med en hög halt av magnetiska mineral ändå kan framträda som lågmagnetiska (blå) områden på den magnetiska anomalikartan (fig. 1). I området har 36 % (82 st.) av bergartsproverna gett en remanent magnetisering som är större än den inducerade magnetiseringen. Majoriteten av dessa prover är graniter med en låg halt av mafiska mineral (fig. 6). För 28 bergartsprover har även riktningen av den remanenta magnetiseringen bestämts. Drygt 80 % av dessa har gett en riktning som är brant uppåtriktad.

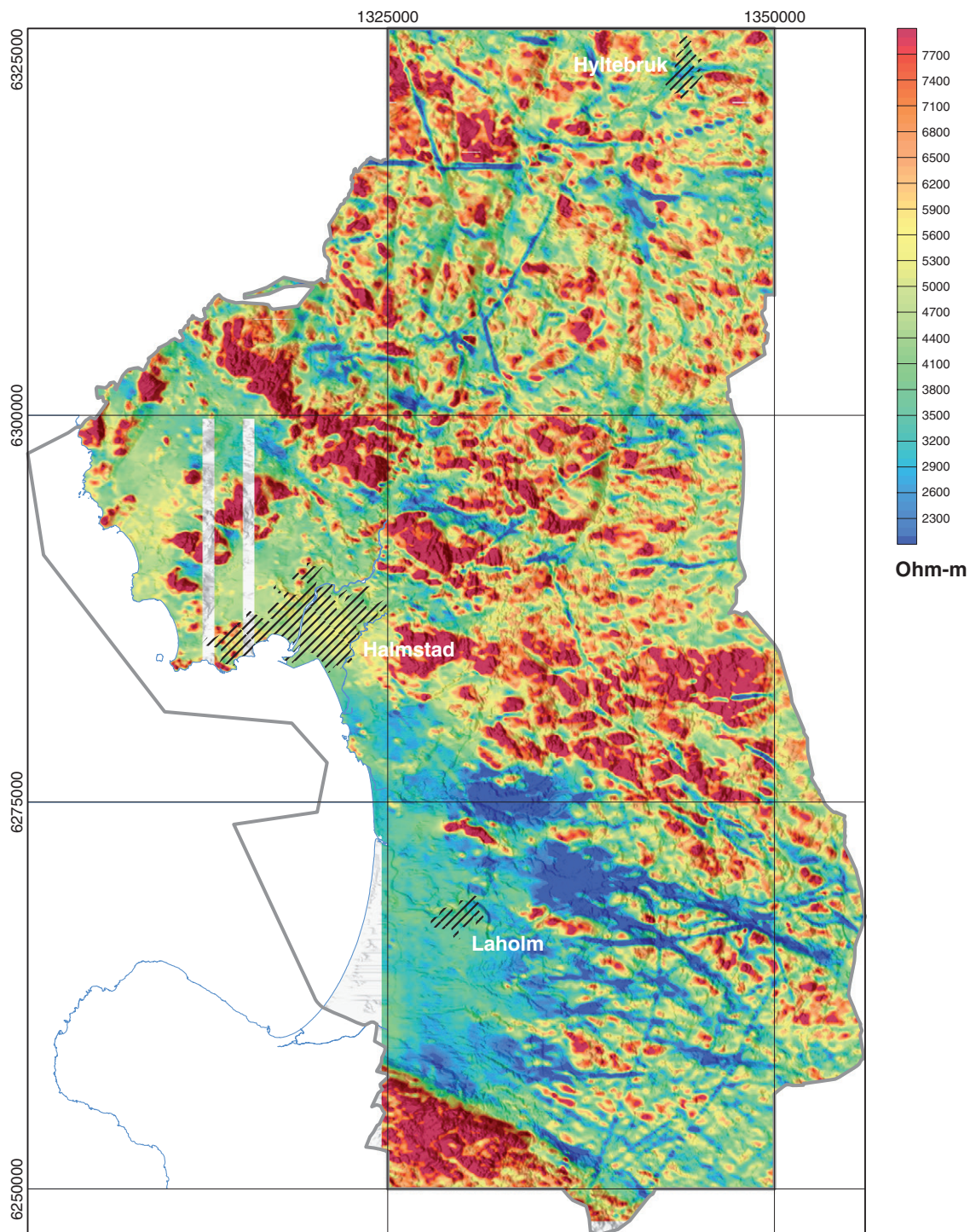
Elektromagnetiska data ger värdefull information om den elektriska ledningsförmågan i marken och utgör ett utmärkt underlag för identifiering av spröda, brantstående deformationszoner (vatten- och lerfyllda svaghetszoner). Flygmagnetiska data, tillsammans med elektromagnetiska VLF-data och höjddata har använts som underlag vid tolkning av sprickzoner och deformationszoner i berggrunden. Det elektromagnetiska fältet i VLF-området är uppmätt med två sändare, vilket gör det möjligt att beräkna markens skenbara resistivitet (fig. 8) utan något riktningsberoende. I området framträder de postglaciala och glaciala lerorna i de västra delarna som områden med lägre resistivitet (blå) medan blottade berghällar och ytnära berg samt moränområden utgör de mer resistiva (röda) områdena.

Mätning av markens gammastrålning ger en bild av hur de naturligt förekommande radioaktiva isotoperna av kalium, uran och torium är fördelade i det översta skiktet (ca 3 dm) av jordtäckret eller berggrunden. Mätningarna är användbara vid berggrundskarteringen för att skilja mellan olika bergarter, men framför allt för att identifiera områden med risk för förhöjda radonvärden. Den naturliga gammastrålningen från berggrunden i södra Halland är låg. Den förhöjda gammastrålningen i de västra delarna av området (fig. 9) sammanfaller med utbredningen av postglaciala och glaciala leror. I de nordöstliga delarna av området dämpar myr- och vattenrika marker gammastrålningen. Gammastrålningen, som mätts från flyg, har följts upp med totalt 1 119 markmätningar fördelat på 447 hållar, spridda över området. Från markmätningarna har aktivitetsindex beräknats. Endast för tre lokaler överskrider aktivitetsindex 2. I två av fallen är orsaken pegmatitgångar, i det tredje en toriumanomal granitoid. Pegmatitgångarna och granitoiden har en mycket liten utbredning. Den högsta uranhalt som mätts upp är 9 ppm, vilket motsvarar ett radiumindex på 0,6. Närmare 90 % av mätningarna har gett uranhalt på mindre än 2 ppm, vilket är mycket lågt.

Tyngdkraften mäts med markbundna instrument med en punkttäthet i området på ca 1–4 km. Inom vissa områden har tätare tyngdkraftsmätningar utförts med ett punktavstånd på mellan 500 och 1 000 m. Resultaten från tyngdkraftsmätningarna redovisas i form av bougueranomalier (fig. 10). Tyngdkraftsfältet påverkas bland annat av bergarternas densitet och ger viktig information om strukturella drag i tre dimensioner. Det regionala massöverskott som framträder på bougueranomalikartan (se fig. 10), centrerat över den nordvästra delen av kartområdet, dominerar tyngdkraftsfältet i hela Sydvästsverige. Anledningen till massöverskottet syns inte på ytan och beräkningar bekräftar att orsaken till massöverskottet ligger djupare ner i jordskorpan.

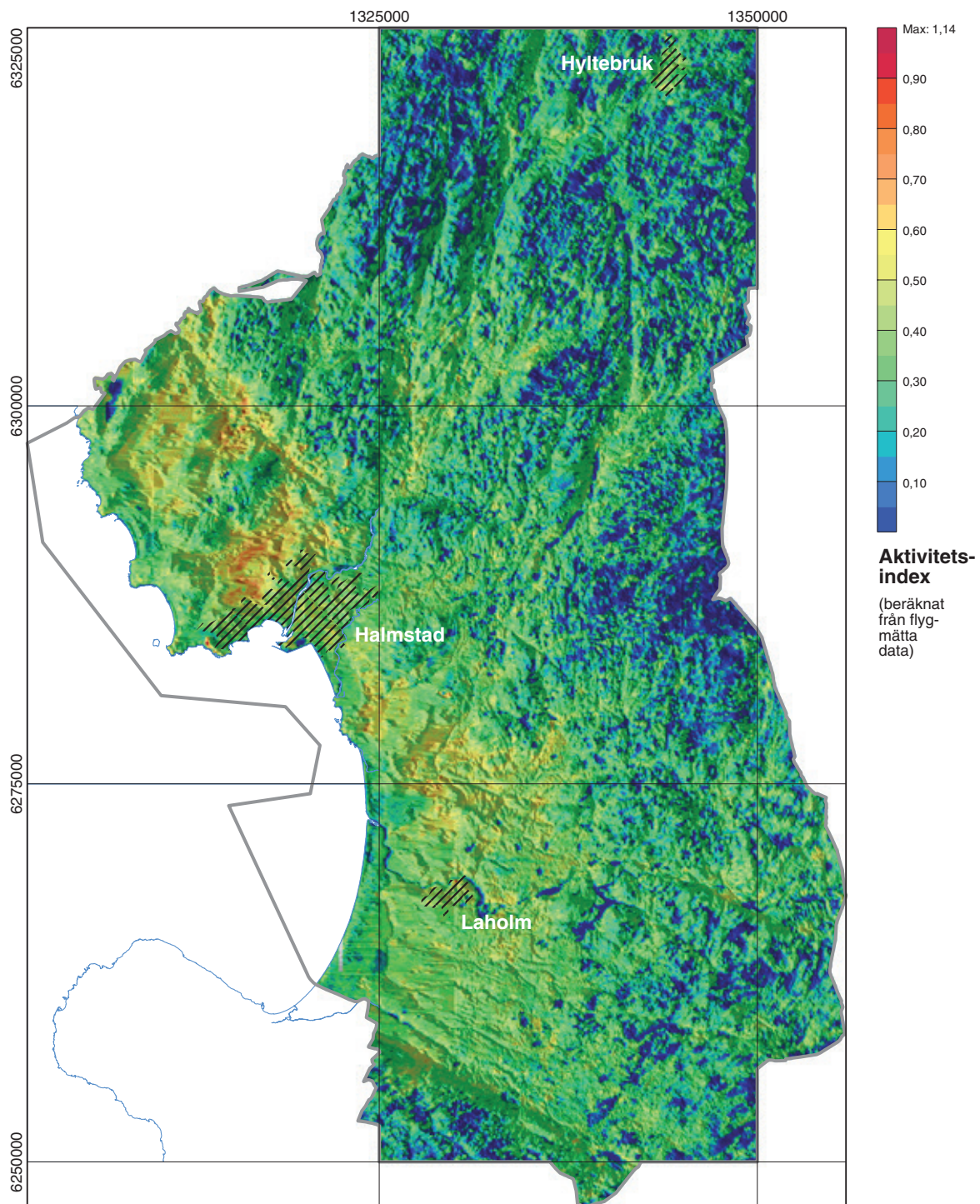
METAMORFOS OCH DEFORMATION

Berggrunden i södra Halland präglas av metamorfos och deformation som skett vid mycket höga temperaturer och tryck. Samtliga bergarter, med undantag av de yngsta pegmatitgångarna (ca 945 miljoner år gamla), kritaavlagringarna och de permiska diabaserna, har omvandlats vid 680–750 °C och 9–12 kbar i samband med en bergskedjebildning för 980–950 miljoner år sedan (den svekonorvegiska bergskedjebildningen). Det höga trycket och den höga temperaturen har uppstått när berggrunden pressats ned till mycket stort djup (35–45 km), till följd av en kontinentkollision liknande den som sker i dagens Himalaya, där den indiska plattan kolliderar med den asiatiska. De äldre bergarterna har även genomgått tidigare

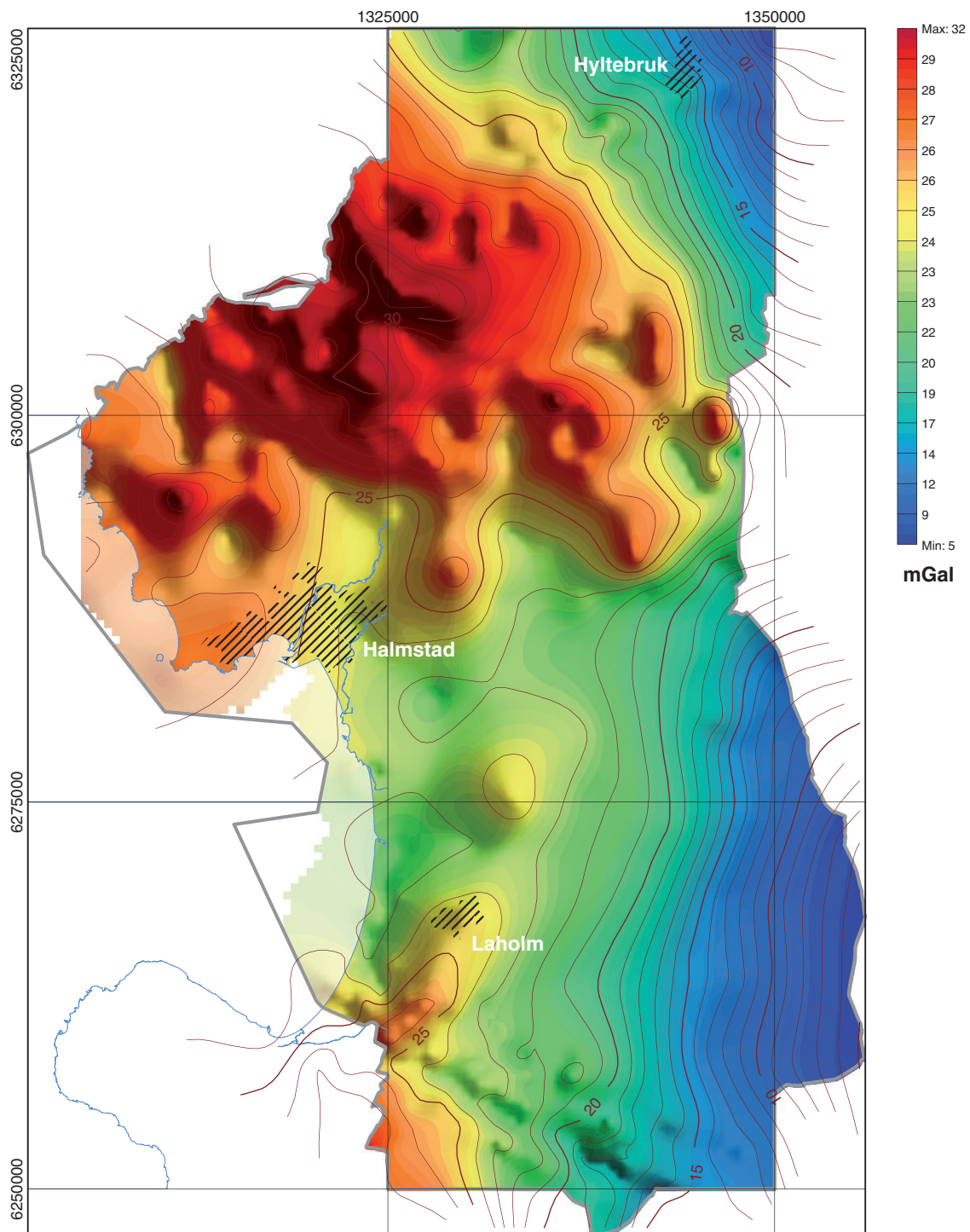


Figur 8. Kartan visar den skenbara resistiviteten beräknad från elektromagnetiska VLF-data över undersökningsområdet. Röd färg visar områden med hög resistivitet medan blå färg visar områden med låg resistivitet (dvs. god elektrisk ledningsförmåga). Kartan baseras på flygburna mätningar utförda på 30 m flyghöjd över kartområdena 3C, 4C och 5C samt på 60 m flyghöjd över kartområdet 4D, med ett linjeavstånd på 200 m. Flygriktningen är öst–västlig över kartområdena 4D och 5C samt nord–sydlig över kartområdena 3C och 4C. En höjdreliëfkarta, baserad på Lantmäteriets höjddatabank, har använts som underlag till bilden.

episoder med högtemperaturmetamorfos för ca 1425 till 1400 miljoner år sedan, men dessa händelser är svårare att karaktärisera eftersom effekterna av dem maskeras av den yngre bergskedjebildningen. Händelsen för ca 1400 miljoner år sedan har samband med intrusion av granit och kvartsmonzonit i Varberg–Ullaredsområdet. Åderbildningen i bergarterna inom kartområdet skedde för drygt 1400 miljoner



Figur 9. Karta över markens naturliga gammastrålning i undersökningsområdet. Kartan visar aktivitetsindex beräknat från halterna av kalium, uran och torium. Kartan baseras på flygburna mätningar utförda på 30 m flyghöjd över kartområdena 3C, 4C och 5C samt på 60 m flyghöjd över kartområdet 4D, med ett linjeavstånd på 200 m. Flygriktningen är öst–västlig över kartområdena 4D och 5C samt nord–sydlig över kartområdena 3C och 4C. En höjdreliëfkarta, baserad på Lantmäteriets höjddatabank, har använts som underlag till bilden.



Figur 10. Bouguer-anomalikarta över undersökningsområdet. Kartan visar variationer i tyngdkraftsfältet uttryckt som bouguer-anomali (IGSN71) och baseras på mätningar med ett mätpunktsavstånd på ca 2–5 km där tyngdkraftsfältet är regionalt uppmätt, samt ca 500–1500 m där förtätade mätningar av tyngdkraftsfältet utförts.

år sedan. Zirkonernas påväxtzoner är också de drygt 1 400 miljoner år gamla. Svekonorvegiska påväxter syns bara i undantagsfall.

Metamorfosen har medfört att bergarterna har omvandlats vad gäller struktur, textur och mineralinnehåll och därför har andra fysikaliska egenskaper än de ursprungliga. Mineralen i bergarterna har omkristalliserat och bildar vanligen en karaktäristisk högmetamorf textur, med jämna och raka korngränser som möts punktvis tre tillsammans (granoblastisk textur).

De basiska bergarterna har omvandlats till mycket karaktäristiskt högmetamorfa bergarter rika på granat och plagioklas samt hornblände eller klinopyroxen eller båda dessa sistnämnda. De innehåller även kvarts och opakmineral, samt lokalt ortopyroxen eller skapolit. Beroende på mängdförhållandena mellan hornblände och pyroxen klassas de som granatamfibolit (hornbländedominerad) eller basisk högtrycksgranulit (klinopyroxendominerad).

Bergarter vilka ursprungligen bildades som granit, porfyrisk granit, granodiorit och närbesläktade bergarter har i varierande utsträckning omvandlats till gnejs eller ådergnejs. Ljusa migmatitådror har bildats då bergarten börjat smälta till följd av förhöjd temperatur, något som kan ske då mycket små mängder vattenrika lösningar finns i berggrunden. Med hjälp av dateringar har man kunnat visa att sådan uppsmältning skedde vid de båda högmetamorfa episoderna för 1 425 och 975 miljoner år sedan. Gnejserna har vanligen en tydlig planstruktur (gnejsig bandning), som är tydligt markerad av migmatitådror, och ställvis en finskalig struktur av långsträckta mineral som bildar en foliation (planstruktur) eller lineation (pennformad struktur) eller en kombination av båda. Kalifältspat förekommer antingen som vanlig mikroklin (röd) eller som ortoklas (grå, bildas vid hög temperatur). Både kalifältspat och plagioklas har vanligen mycket hög halt av avblandningslameller i mikroskala (de kallas pertit och antipertit), vilka bildats då högtemperaturvarianter av dessa fältspater blivit instabila när berggrunden svalnade. Mörka mineral är huvudsakligen hornblände, men även högtemperaturmineralen klinopyroxen och ortopyroxen förekommer lokalt.

I kartområdet Halmstad–Laholm uppträder charnockitomvandlade partier fläckvis i gnejserna. Bergarten har blivit gröngrå i ovittrade delar eller brun till gulaktig i vittrade partier. Charnockitomvandlade bergarter innehåller både klinopyroxen och ortopyroxen samt ortoklas. I ett nedlagt stenbrott vid Grötvik väster om Halmstad har man kunnat åldersbestämma sådan fläckvis charnockitomvandling i gnejs, på ömse sidor om en pegmatit, till 1 400 miljoner år.

Berggrundens utvecklingshistoria, med upprepade perioder av metamorfos och deformation vid mycket hög temperatur, har gett upphov till komplicerade strukturer i berget. Den vackert flammiga och veckade struktur som finns i den sten som bryts under namnet "Hallandia" är ett resultat av denna historia. Då berggrunden har utsatts för deformation under hög temperatur och (ur ett mänskligt perspektiv) långa tidsrymder har den reagerat plastiskt och fått strukturer liknande dem man kan skapa med modellera. De strukturgeologiska och tektoniska tolkningarna av berggrundens utveckling har utgjort ett debattämne bland geologer. Med modern dateringsteknik har man emellertid under senare år kunnat klarlägga att den migmatitiska bandningen i gnejserna bildades i samband med uppsmältning för ungefär 1 425 miljoner år sedan. Denna bandning skärs av yngre pegmatitgångar, vilka bildades för ca 1 400 miljoner år sedan. Bergarterna har därefter veckats och deformerats tillsammans och givit upphov till de vackra strukturer som är typiska för "Hallandia" (fig. 4).

Veckstrukturerna i kartområdet är orienterade i två huvudsakliga riktningar, med veckaxlar som stryker i nordnordöst samt västnordväst. De nordnordöstliga vecken är vanligtvis relativt upprättstående och har flackt till måttligt stupande veckaxlar. Denna deformationsfas har styrt orienteringen av bergarterna såsom de framträder i den berggrundsgelogiska kartan. Den nordnordöstligt orienterade veckningen skedde efter intrusion av pegmatitgångar för 1 400 miljoner år sedan, antingen i direkt anslutning till denna händelse eller under den svekonorvegiska bergskedjebildningen för 980–950 miljoner år sedan. Västnordvästligt orienterade strukturer framträder mycket tydligt i den södra delen av området på den magnetiska anomalikartan (se fig. 1). Västnordvästligt orienterade veck kan förknippas med starka sträckningslineationer (stänglighet), vilka förekommer över hela kartområdet och vars stupning varierar

kraftigt, från horisontell till brant östsydöstligt och lokalt även vertikalt. I västnordvästligt strykande och brant stupande zoner är berggrunden mycket starkt deformerad. Dessa strukturer bildades i samband med den yngsta, svekonorvegiska bergskedjebildningen och tillhörande höggradiga metamorfos. Till slutfasen av denna bergskedjebildning hör även odeformerade och ometamorfa pegmatitgångar, vilka intruderade för ca 945 miljoner år sedan.

De allra yngsta strukturerna är nordnordvästligt till nordnordöstligt strykande och brant stupande zoner som framträder som distinkta, lågmagnetiska lineament på den magnetiska anomalikartan (se fig. 1). Detta är sprick- och förkastningszoner som på vissa platser även bildar markanta branter i landskapets topografi. Bergarterna är vanligen sprickrika intill dessa zoner, lokalt även breccierade och starkt rödfärgade (oxiderade). Den absoluta åldern för bildningen av dessa spröda deformationsstrukturer är okänd men det är möjligt att de bildades antingen i efterdyningarna till den svekonorvegiska bergskedjebildningen eller samtidigt med bildningen av Oslosänkan under den geologiska tidsperioden perm. Det är högst sannolikt att denna sprickbildning hör samman med bildningen av sjön Vättern.

BERG- OCH MINERALRESURSER

Kartområdet har varit ett intressant område ur stenindustriell synpunkt. Dels fanns det bergarter, som var lämpliga för gat- och kantstenstillverkning, dels hade området ett gynnsamt läge för export till exempelvis Tyskland och Danmark (Asklund 1947). Brytningen var omfattande och det finns ett oräkneligt antal större eller mindre brott. Verksamheten bedrevs till största delen under senare hälften av 1800-talet och första hälften av 1900-talet. På 1940-talet fanns bara några få brott kvar som var i drift. Man bröt även kvarts i slutet av 1800-talet i ett brott i Biskopstorp, ca 10 km norr om Halmstad, för glastillverkning i Steninge glasbruk (Sundius 1952). Brottet var upptaget i en pegmatitgång och man bröt centralkvartsen.

Området har och har haft betydelse för blockstensproduktion. I trakten runt Halmstad har man brutit och bryter fortfarande den gnejsiga, ådrade och "flammiga" granit till granodiorit, som bl.a. saluförs under namnet Hallandia. De bergryggar som är belägna norr om Halmstad är avsatta som riksintresse av denna anledning.

Det finns i dagsläget några stenbrott som producerar krossmaterial öster och nordöst om Halmstad och ett i Sjöalt, ca 10 km sydöst om Laholm. Man bryter bland annat den röda, gnejsiga graniten och gnejsig, ådrad granit till granodiorit. Dessutom krossas skrotstenen från blockstensbrotten. En viss del av skrotstenen skeppas utomlands och används till skoningar av strandkanter.

REFERENSER

- Andersson, J., Eliasson, T., Möller, C., Lundqvist, I., Bergström, U. & Lundqvist, L., 2005: T.I.B. affinity and parautochthonous setting of high-grade orthogneisses in the southern Eastern Segment of the Sveconorwegian Province. *Abstract. Nordiska, geologiska vintermötet. Bulletin of the Geological Society of Finland*.
- Asklund, B., 1947: Svenska stenindustriområden I-II. Gattsten och kantsten. *Sveriges geologiska undersökning C 47*, 187 s.
- Blomberg, A., 1879: Beskrifning till kartbladet Ölmestad. *Sveriges geologiska undersökning Ab 5*, 27 s.
- Caldenius, C., Larsson, W., Mohrén, E., Linnman, G. & Tullström, H., 1966: Beskrivning till kartbladet Halmstad. *Sveriges geologiska undersökning Aa 198*, 138 s.
- Hummel, D., 1877a: Beskrifning till kartbladet Båstad. *Sveriges geologiska undersökning Aa 60*, 35 s.
- Hummel, D., 1877b: Beskrifning till kartbladet Ljungby. *Sveriges geologiska undersökning Ab 2*, 17 s.
- Lindström, A., 1898: Beskrifning till kartbladet Örkellunga. *Sveriges geologiska undersökning Aa 114*, 39 s.
- Lundbohm, H., 1887: Beskrivning till kartbladet Halmstad. *Sveriges geologiska undersökning Ab 12*, 55 s.
- Mohrén, E. & Larsson, W., 1968: Beskrivning till kartbladet Laholm. *Sveriges geologiska undersökning Aa 197*, 123 s.

- Möller, C., Andersson, J. & Claeson, D., 2005: Ion probe dating of complex zircon in high-grade gneisses, southeast Sveconorwegian Province: constraints for metamorphism and deformation. *Sveriges geologiska undersökning SGU-rapport 2005:35*, 59 s.
- Rimsa, A., Whitehouse, M. J. & Johansson, L., 2007: Constraints on incipient charnockite formation from zircon geochronology on rare earth element characteristics. *Contributions to Mineralogy and Petrology* 154, 357–369.
- Sundius, N., 1952: Kvarts, fältspat och glimmer samt förekomster därav i Sverige. *Sveriges geologiska undersökning C 520*, 231 s.
- Wikman, H. & Bergström, J., 1987: Beskrivning till berggrundskartan 4C Halmstad SV. *Sveriges geologiska undersökning Af133*, 79 s.
- Wikman, H. & Sivhed, U., 1992: Beskrivning till berggrundskartan Helsingborg NO. *Sveriges geologiska undersökning Af148*, 83 s.

YTTERLIGARE LITTERATUR

- Andersson, J., 2001: *Sveconorwegian orogenesis in the southwestern Baltic Shield*. Doktorsavhandling, Lunds Universitet, Lund, Sverige.
- Andersson, J., Möller, C. & Johansson, L., 2002: Zircon geochronology of migmatitic gneisses along the Mylonite Zone (S Sweden): a major Sveconorwegian terrane boundary in the Baltic Shield. *Precambrian Research* 114, 121–147.
- BFS, 1990: Nybyggnadsregler ändringar. *Boverkets författningssamling. BFS 1990:28, Nr 2*.
- Engdahl, M., Samuelsson, L., Lundqvist, I. & Bengtsson, S., 1994: Inventering av naturgrus och krossberg i Hallands län. *Länsstyrelsen i Hallands län, Miljövårdsenheten 1994:23*, 404 s.
- Henkel, H. & Nisca, H.D., 1978: A rock sample orientation system used by the Geological Survey of Sweden. *Sveriges geologiska undersökning C 740*, 15 s.
- Holland, T.H., 1900: The charnockite series, a group of archaean hyperstenic rocks in Peninsular India. *Memoirs of the Geological Survey of India, vol. 28:2*.
- Jacobsen, B.H., 1987: A case for upward continuation as a standard separation filter for potential field maps. *Geophysics* 52, 1138–1148.
- Johansson, L., Lindh, A. & Möller, C., 1991: Late Sveconorwegian (Grenvillian) highpressure granulite facies metamorphism in southwest Sweden. *Journal of Metamorphic Geology* 9, 183–292.
- Kletetschka, G., Wasilewski, P.J. & Taylor, P.T., 2002: The role of hematite-ilmenite solid solution in the production of magnetic anomalies in ground- and satellite-based data. *Tectonophysics* 347, 167–177.
- Lundqvist, I. & Wik, N.-G., 1998: Industriella mineral och bergarter i Hallands län. *Sveriges geologiska undersökning Rapporter och Meddelanden 96*, 126 s.
- McEnroe, S.A., Harrison, R.J., Robinson, P., Goila, U. & Jercinovic, M.J., 2001: Effect of fine-scale-microstructures in titanohematite on acquisition and stability of natural remanent magnetization in granulite facies metamorphic rocks, southwest Sweden: implications for crustal magnetism. *Journal of Geophysical Research* 106, 30 523–30 546.
- Möller, C., 1998: Decompressed eclogites in the Sveconorwegian (Grenvillian) orogen of SW Sweden: Petrology and tectonic implications. *Journal of Metamorphic Geology* 16, 641–656.
- Pedersen, L.B., 1991: Relations between potential fields and some equivalent sources. *Geophysics* 56, 961–971.
- Persson, L., Becken, M., Daniels, J. & Antal, I., 2001: New developments in the processing and interpretation of airborne VLF-EM data. *69th Annual International Meeting, Society of Exploration Geophysicists, San Antonio*. Extended Abstract.
- Quensel, P., 1951: The Charnockite series of the Varberg district on the south-western coast of Sweden. Arkiv för mineralogi och geologi. *Kungliga Svenska Vetenskapsakademien, band 1, nr 10*, 227–332.

- Reid, A.B., Allsop, J.M., Granser, H., Millett, A.J. & Somerton, I.W., 1990: Magnetic interpretation in three dimensions using Euler Deconvolution. *Geophysics* 55, 80–91.
- Robinson, P., Harrison, R.J., McEnroe, S.A. & Hargraves, R.B., 2002: Lamellar magnetism in the haematite-ilmenite series as an explanation for strong remanent magnetization. *Nature* 418, 517–520.
- 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.
- Söderlund, U., 1999: *Geochronology of Tectonothermal Events in the Paraautochthonous Eastern Segment of the Sveconorwegian (Grenvillian) Orogen, Southwestern Sweden*. Doktorsavhandling. Lunds Universitet, Lund, Sverige.
- Thompson, D.T., 1982: EULDPH: A new technique for making computer-assisted depth estimates from magnetic data. *Geophysics* 47, 31–37.
- Törnebohm, A.E., 1880: Mikroskopiska bergartsstudier. *Geologiska Föreningens i Stockholm Förhandlingar* 57, 22 s.
- Wikman, H. & Bergström, J., 1987b: Beskrivning till provisoriska, översiktliga berggrundskartan Malmö. *Sveriges geologiska undersökning Ba 40*, 42 s.
- Åkerblom, G., Mjølnes, L., Annanmäki, M., Magnusson, S., Strand, T. & Ulbak, K., 2000: *Naturally occurring radioactivity in the Nordic countries – recommendations*. ISBN 91-89, 230-00-0.

