

Kortfattad beskrivning till berggrundskartan Västerås kommun

Lars Persson & Ildikó Antal Lundin



ISSN 1652-8336
ISBN 978-91-7403-016-7

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: Vändle bergtäkt.
Vändle quarry.

© Sveriges geologiska undersökning, 2010
Layout: Agneta Ek, SGU

INNEHÅLL

inledning	5
Berggrundsgeologisk översikt	5
Geofysisk översikt	7
Gammastrålningsmätningar på berghällar	8
Geologisk översikt av kommunens bergarter	10
Ytbergarter	10
Äldre gnejsgranitoider och basiska bergarter (tidigsvekokarelska djupbergarter)	10
Metabasiter	12
Migmatitgraniter	14
Yngre, syn- till senorogena graniter och pegmatiter	14
Jämnkorniga graniter (Malingsbo- eller Vandlegranit)	15
Strömkornsförande (fältspatporfyriska) graniter (Fellingsbrogranit)	15
Pegmatiter	17
Diabaser	18
Metamorfos och omvandling	18
Strukturer	18
Analyser	19
Naturresurser	19
Erkännanden	19
Referenser	21

INLEDNING

Undersökningen av de geologiska förhållandena i Västerås kommun har ingått i *Västra Mälardalsprojektet* som inleddes under år 2000. Inom detta projekt har även Eskilstuna, Kungsör, Hallstahammar och Köpings kommuner undersökts. Modern geologisk information täcker sedan tidigare en stor del av kommunen och nykartläggning har endast skett av den del närmast Mälaren som ligger inom det topografiska kartbladet 10G Eskilstuna NO samt av ett mindre område inom 11H Enköping NO. Även öarna i Mälaren har kartlagts. Inom Västra Mälardalsprojektet har information som berör berggrundsgeologi, bergkvalitet, jordartsgeologi, grundvatten, geokemi, geofysik och maringeologi (undersökning av Mälarens bottenförhållanden) tagits fram. Kombinationen av dessa olika geovetenskapliga discipliner är värdefull, inte minst i urban miljö (tätortsmiljö).

Det undersökta området täcks av följande kartblad i SGUs äldre serie av kombinerade berg- och jordartskartor: Aa 1 Västerås (Karlsson 1862), Aa 26 Sala (Gumaelius 1868), Aa 3 Skultuna (Kugelberg 1862), Aa 196 Västerås (Lundegårdh & Lundqvist 1954), Af 118 Enköping SV (Stålhös 1976), Af 122 Västerås SV (Lundegårdh & Nisca 1978) och Af 204 Västerås SO (Arnbom 1999). 11G Västerås NO är relativt nyutgivet (Ripa m.fl. 2002) och denna undersökning inkluderar ett avsnitt om bergkvalitet utfört av M. Göransson och L. Persson. Översiktliga geologiska kartor av berggrunden inom kartområdet 11G Västerås SO finns i Karta över Mellersta Sveriges Bergslag (Törnebohm 1880) samt i Statens industriverks karta över Västmanlands län (Lundegårdh 1981). Övriga arbeten som berör de geologiska förhållandena i kommunen är Ripa (1995, 1996), Kübler & Ripa (1998), Ripa & Kübler (1999, 2000) och Persson & Sträng (2000).

Berggrundskartan visar en tolkning av de olika bergarternas utbredning samt förekomsten av vissa större tektoniska strukturer (förkastningar osv.). Som ett komplement till berggrundskartan har en separat bergkvalitetskarta framställts (Persson m.fl. 2007) som redovisar bergmassans egenskaper och användbarhet. Resultaten från utförda analyser för bestämning av bergkvalitet redovisas, exempelvis kulkvarnsvärden, Los Angeles-tal, radiumindex och punktlastvärden. Dessutom innehåller denna karta strukturella formlinjer (förskiffringsstrukturer) samt topografiskt och geofysiskt indikerade lineament, som i de flesta fall är indikationer på sprickbildningar och förkastningar i berggrunden (jfr Persson 2000).

Västerås kommun har en ungefärlig yta av 960 km². Centralort är Västerås och andra större orter är Skultuna, Kvicksund, Tillberga, Dingtuna och Irsta. Landskapstypen är typisk för Mälardalen med omväxlande slätter och skogbevuxna moränområden. Topografin är huvudsakligen relativt flack. Större skogklädda moränområden utbreder sig i nordväst och norr, där topografin är mer kuperad. Hållfrekvensen (blottningsgraden) är högst inom skogsområdena och i Västerås stad, medan den är tämligen låg inom övriga delar av kommunen.

BERGGRUNDSGEOLOGISK ÖVERSIKT

Berggrunden inom kartområdet utgör en del av den vidsträckt, nu kraftigt nedvittrade svekokarelska bergskedjezonen (orogenen), som omfattar delar av hela östra Sverige och västra Finland (jfr Lundqvist 1979). Ursprungligen leriga och sandiga sediment har omvandlats genom förhöjd temperatur och tryck. De har därvid ådergnejsomvandlats, vilket innebär att granitiska och pegmatitiska ådror, sliror och partier tillkommit i bergarten (s.k. neosom). Ungefär samtidigt, ca 1900 miljoner år, vulkaniska bildningar har omvandlats på liknande sätt och ligger ofta i nära anslutning till de omvandlade sedimenten. Granitoider med associerade grönstenar (intrusiv- eller djupbergarter) förekommer och de har bildats ur framträngande silikatsmältor, s.k. magmor. Deras ålder är omkring 1900–1850 miljoner år, dvs. av tidigsvekokarelsk ålder. Ovan nämnda s.k. ytbergarter (sedimentbergarter och vulkaniter) har deformerats under orogenesen och intruderats av granitoiderna.

Såväl under vulkanismen som efter granitoidernas stelning har i samband med sprickbildning basaltisk magma trängt in i berggrunden och stelnat som gångar. Dessa är i östra Sverige vanligen decimeter- till

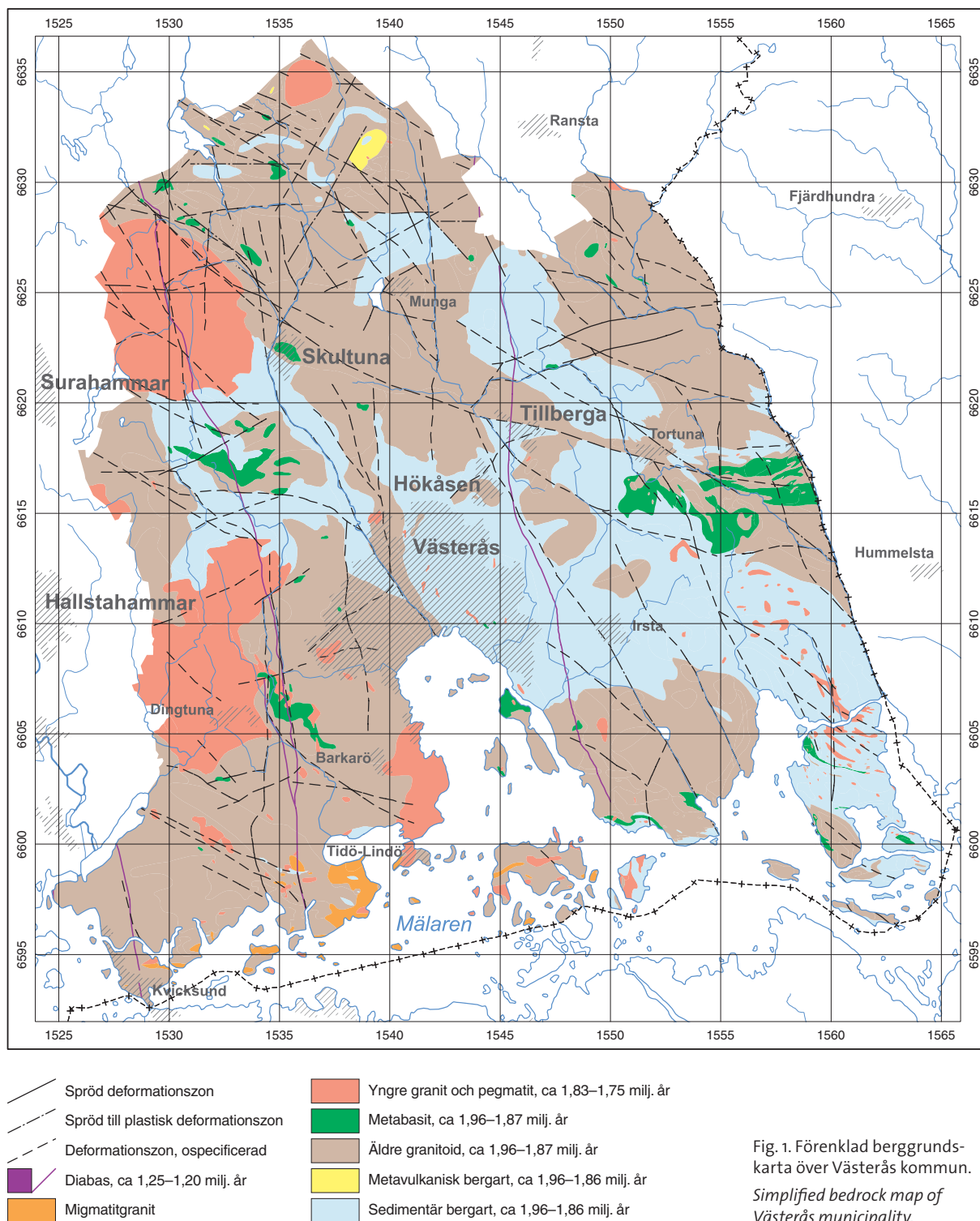


Fig. 1. Förenklad berggrunds-karta över Västerås kommun.
Simplified bedrock map of Västerås municipality.

meterbreda, deformerade, avslitna och amfibolitomvandlade. Deformation och omvandling har även drabbat övriga nämnda bergarter.

I östra Sverige förekommer rikligt med s.k. yngre graniter med tillhörande granit-, pegmatit- och aplitgångar i omgivande berggrund (jfr Persson m.fl. 2001). De yngre graniterna som i Mellansverige ofta benämns Malingsbo-, Vändle- eller Stockholmsgraniter är vanligen grå, fin- till medelkorniga och oftast helt massformiga. Ställvis kan de ha en skär eller till och med röd färgnyans. De har en ålder av

ca 1 800 miljoner år. Av ungefär samma ålder är en oftast grövre, massformig och strökornsförande granit som benämns Fellingsbrogranit.

Efter bergskedjebildningen följde en lång, relativt lugn period då berggrunden avsvalnade. En omfattande nedbrytning skedde av bergskedjan varvid upp till 15 km berg bortroderades. Rörelser i jordskorpan fick berggrunden att deformeras genom uppsprickning. För mellan 1 500 och 1 000 miljoner år sedan trängde basiska magmor upp längs sprickor och bildade diabasgångar. Därefter har berggrunden även fortsättningsvis varit utsatt för erosion och spröd deformation, varvid ytterligare sprickor och förkastningar bildats.

GEOFYSISK ÖVERSIKT

Geofysiska flygmätningar omfattar mätning av det jordmagnetiska fältets totalintensitet, mätning av markens naturliga gammastrålning samt mätning av det elektromagnetiska fältet i VLF-området. Mätningarna är utförda från flygplan på ca 30 m höjd, längs linjer med 200 m avstånd och med ca 40 m mellan mätpunkterna. Området som motsvaras av Västerås kommun är täckt med moderna flygmagnetiska, flygradiometriska och flygelektromagnetiska VLF-data. VLF-data som är uppmätta med två sändare i stället för en innebär att en riktningsoberoende respons erhålls. Sådan information täcker dock enbart kartbladen 11G Västerås SO och 10G Eskilstuna NO.

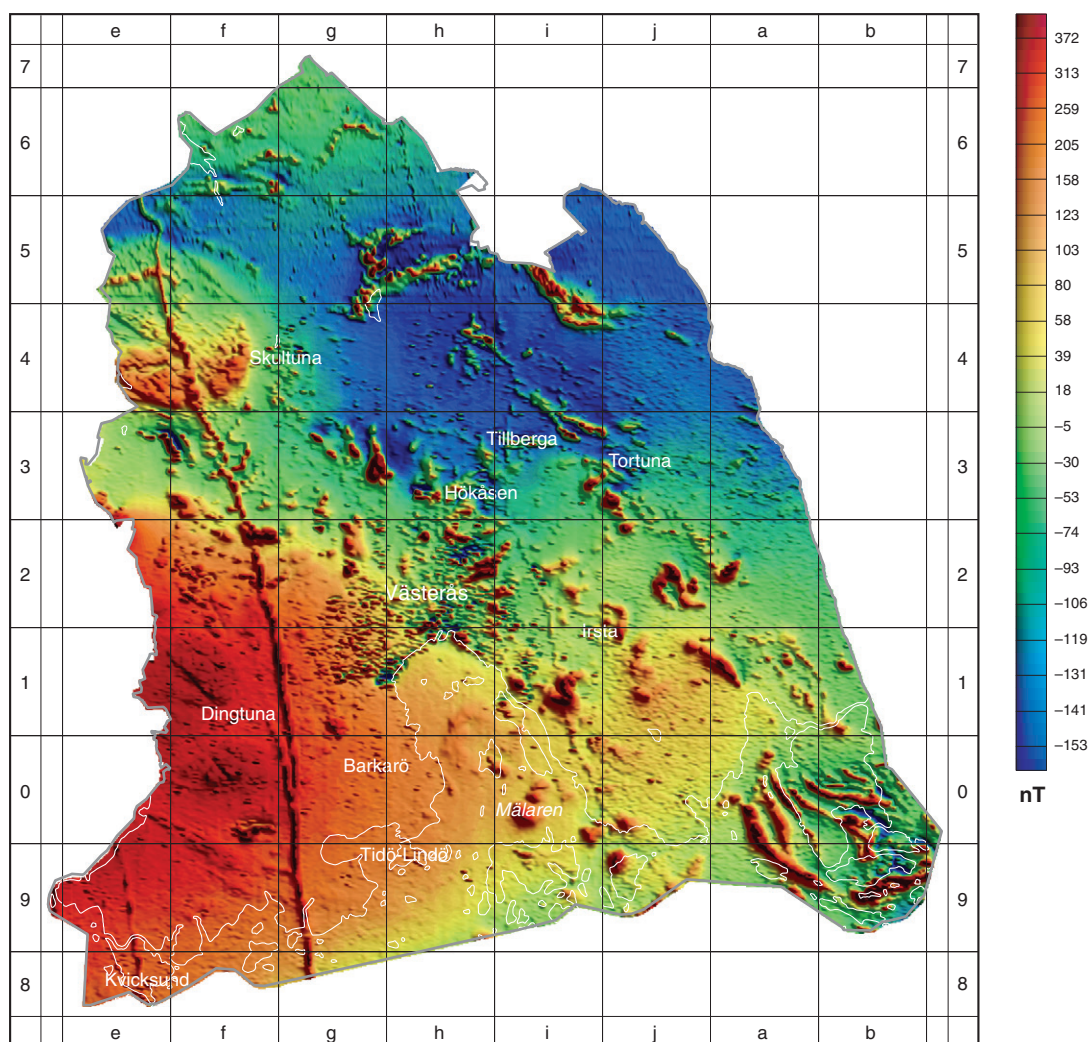
Variationer i magnetfältet beror framför allt på olika bergarters innehåll av magnetiska mineral. Magnetanomalikartan ger information om vissa bergarters utbredning samt om strukturella drag i berggrunden. Gammastrålningskartorna ger en bild av hur de naturliga radioaktiva isotoperna av uran, torium och kalium är fördelade i det översta, cirka 3 dm tunna skiktet av jordtäcket eller bergytan. Kartorna är användbara i berggrundskarteringen för att skilja olika bergartstyper men framför allt för att identifiera områden med risk för förhöjda radonvärden. VLF-kartan visar den elektriska ledningsförmågan i marken, huvudsakligen brantstående strukturer och elektromagnetiska (VLF-) data utgör ett utmärkt underlag för uppföljning av sprödetektonik (vatten- och lerfyllda svaghetszoner) samt uppföljning av grafit- och magnetkisförande bergartsled och kan med stor fördel användas även i hydrogeologiska sammanhang. Sammanfattningsvis kan man säga att VLF-information är mycket värdefull i byggnadsgeologiska arbeten och i samhällsplaneringsarbeten.

De nämnda flyggeofysiska mätningarna, tillsammans med tyngdkraftsmätningar, ger viktig information om berggrundens strukturella drag, bergarternas tredimensionella utbredning samt förkastningar och sprickzoner i berggrunden.

Eftersom endast begränsad nykartering gjorts inom Västerås kommun koncentrerades fältarbetet på punktinsatser vad gäller magnetiska och elektromagnetiska anomaliuppföljningar samt på uppföljning av gammastrålningsanomalier på berghällar. Provtagningen har också varit begränsad av den ovannämnda anledningen. De redan utgivna äldre berggrundskartorna har gjorts utan geofysisk uppföljning vilket betyder att det saknas relevant markgeofysisk information. Detta har lett till svårigheter i tolkningsarbetet.

Massiven av yngre granit i norra och västra delen av projektområdet har en tydlig geofysisk signatur på grund av sin höga magnetiserbarhet (magnetisk susceptibilitet på $200\text{--}2\,000 \times 10^{-5}$ SI-enheter). De framträder distinkt på magnetanomalikartan (fig. 2) till skillnad från de äldre intrusivbergarterna som har en lågmagnetisk signatur. Yngre graniter, pegmatitgraniter och pegmatiter, som har sin största utbredning väster om Västerås, uppvisar dessutom höga gammastrålningsvärden.

På magnetanomalikartan (fig. 2) framträder några smala högmagnetiska anomalier som stryker i nord-sydlig och nordnordväst-sydsydlig riktning. De har tolkats som diabasgångar vars bredd är mindre än 50 m. Enstaka högmagnetiska anomalier som förekommer inom kommunens gränser har kunnat knytas till magnetkisförande metasedimentära bergarter. Dessa ger upphov till högmagnetiska anomalier och den magnetiska anomalorsaken är oftast magnetkisens remanenta magnetisering. De är goda elektriska ledare. De basiska ytbergarternas magnetiska egenskaper är inte kartlagda inom Västerås kommun. Enstaka susceptibilitetsmätningar visar på låg magnetiserbarhet (susceptibilitet mellan 40 och 80×10^{-5} SI-enheter).



Magnetisk anomalikarta. Magnetiska data är reducerade till epok 1965.o. Kartan visar totalfältets avvikelser från DGRF 1965.o. Den baseras på mätningar utförda på 30 m flyghöjd med ett linjeavstånd av 200 m. Flygriktningen är nord-sydlig, med undantag av den nordligaste delen av området på vilket flygriktningen är öst-västlig. Mätningarna utfördes under åren 1971–1993.

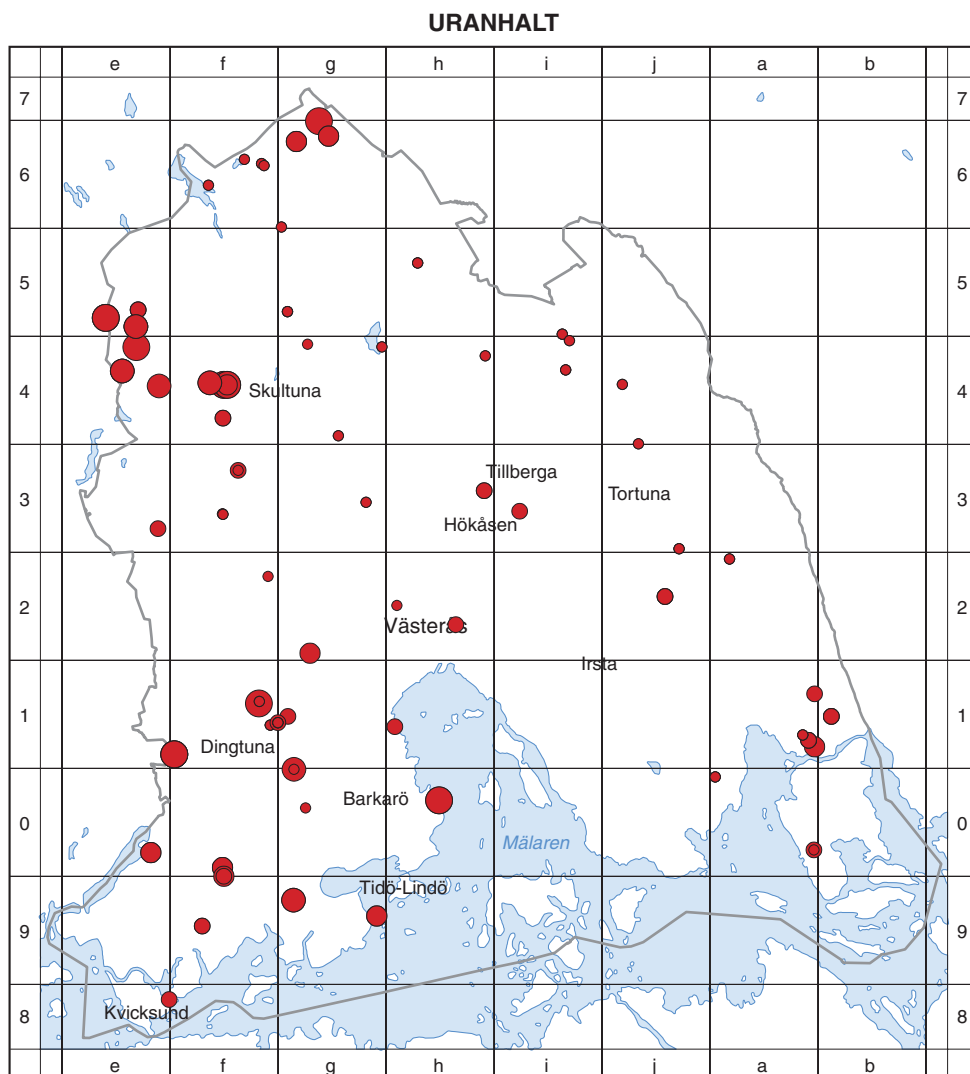
Magnetic anomaly map. Data are reduced to epoch 1965.o. The map shows the deviations of the total field from DGRF 1965.o. It is based on measurements carried out at 30 m altitude with a line separation of 200 m. Flight direction is north-south, except in the northern part of the area where the flight direction is east-west.

Gammastrålningsmätningar på berghällar

Fyra typer av handburna instrument (scintillometrar) användes: SCINTREX BGS-3 och EXPLORANIUM GR110 samt gammaspektrometrar av typerna EXPLORANIUM GR256 och GR320. Härvid har den totala gammastrålningen samt halterna av kalium-40, uran-238 och torium-232 bestämts. Radiumindex och aktivitetsindex har beräknats för samtliga mätpunkter och lagrats i SGUs databaser.

Radiumindex är ett mått på radiuminnehållet i ett material och ska för byggnadsmaterial vara mindre än 1,0 (Åkerblom m.fl. 1990, jfr BFS 1990). Det beräknas genom bestämning av urankoncentrationen i materialet. 16,2 ppm uran motsvarar 200 Bq/kg radium-226, vilket i sin tur motsvarar radiumindex 1,0. Aktivitetsindex, m_γ , är beräknat enligt The Radiation Protection Authorities in Denmark, Finland, Iceland, Norway and Sweden (2000):

$$m_\gamma = C_K/3000 + C_{Ra}/300 + C_{Th}/200$$



Uranhalt i ppm
(mätningar utförda på berghällar)

- 20–60 (16)
- 15–20 (18)
- 10–15 (17)
- 5–10 (31)
- 0,1–5 (78)
- <0,1 (1)

Fig. 3. Lokaler med uppmätt uranhalt och uranhalt i ppm.
Localities with measured contents of uranium, ppm.

där C_K , C_{Ra} och C_{Th} är koncentrationen av kalium-40, radium-226 respektive torium-232, alla i enheten Bq/kg. Halterna av kalium, uran och torium anges i massandelar som procent för kalium och miljondelar (ppm) för uran och torium. Halterna kan omräknas till Bq/kg enligt följande:

$$1\% K = 313 \text{ Bq/kg}$$

$$1 \text{ ppm U} = 12,35 \text{ Bq/kg}$$

$$1 \text{ ppm Th} = 4,06 \text{ Bq/kg}$$

Inom Västerås kommun har sammanlagt 162 punkter mätts på 68 lokaler (fig. 3). De bergarter inom området som kan ge upphov till uran- och toriumanomalier är yngre graniter, pegmatiter och apliter samt i vissa fall neosomer i metasedimentära ådergnejsomvandlade bergarter. Genomgående höga uranhalter (mellan 9 och 25 ppm) har Fellingsbrograniten i nordvästra delen av kommunen. Toriumhalten där är mellan 30 och 65 ppm.

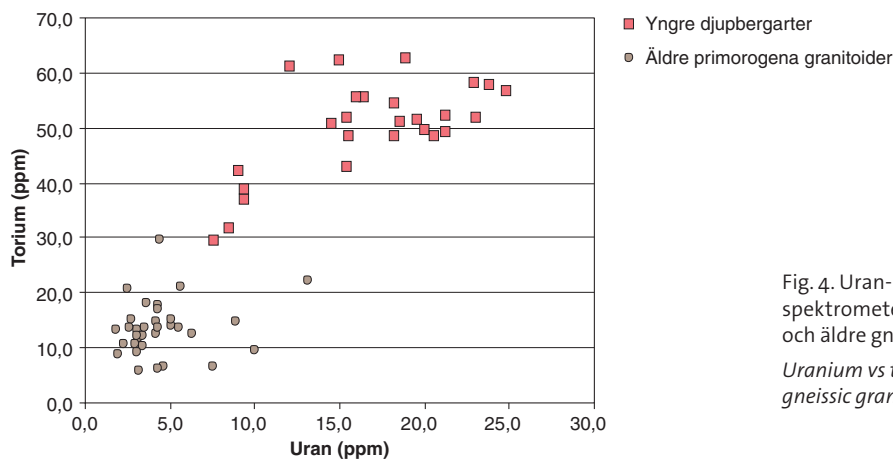


Fig. 4. Uran- och toriumförhållandet (enligt spektrometermätningen) mellan yngre graniter och äldre gnejsiga granitoider.

Uranium vs thorium of younger granites and gneissic granitoids.

De yngre pegmatitgraniterna och de yngre jämnkorniga graniterna inom Västerås kommun uppvisar förhöjd gammastrålning härrörande från både uran och torium (fig. 4). Uranhalten vid de uppmätta lokalerna varierar mellan 7 och 33 ppm medan toriumhalten varierar mellan 41 och 68 ppm. De höga gammastrålningsvärdena gör att dessa bergarter är olämpliga som byggnadsmaterial i byggnader där människor vistas kontinuerligt. Områden med förhöjda strålningsnivåer är emellertid lätt detekterbara vid brytningstillfället med hjälp av handburna instrument.

GEOLOGISK ÖVERSIKT AV KOMMUNENS BERGARTER

Ytbergarter

Under den svekokarelska bergskedjebildningen omvandlades ursprungligen sandiga och leriga sedimentbergarter till gnejser (sedimentådergnejser). Gnejserna är gråsvarta, kraftigt veckade och ofta bemängda med körtlar och sliror av kvarts-fältspatmaterial med ljus färg (granit och pegmatit, fig. 5). Lager rika på mörka mineral finns lokalt associerade med gnejserna och utgör sannolikt rester av vulkaniska bergarter, diabaser eller djupbergarter. Rikt förekommande glimrar och sulfider vittrar och ger ställvis bergarterna en rostig prägel (fig. 6). Gnejserna uppvisar glimmerrika och kvarts-fältspatrika skikt alltifrån centimeter- till decimeterstora. Lokalt förekommer kvartsitisk och arkosisk sammansättning (Ripa & Kübler 1999) eller glimmerrika partier med inslag av finkornig grafit, t.ex. sydost om Tillberga. Sedimentådergnejserna har störst utbredning nära Västerås samt därifrån i riktning mot framför allt sydost (Kungsåra) och nordväst (Lillhärad). Den starkaste omvandlingen tycks ha drabbat de glimmerrika leden, som har förgrovats under samtidig bildning av kvarts-fältspatådror, varvid ådergnejser uppstått. Sillimanit finns i små mängder i ådergnejserna. Mineralet förekommer dels som aggregat av små nålformiga kristaller (fibrolit), dels som enskilda, något större kristaller. Granat påträffas lokalt. De kvarts-fältspatrika leden var betydligt mer motståndskraftiga (kompetenta). Enligt Arnbom (1999) uppträder inom Västeråsområdet lokalt glimmerrika lager med pinitomvandlad cordierit (cordierit som är omvandlad till aggregat av klorit och muskovit) i de kvart-fältspatrika gnejserna.

Mycket omvandlade, delvis glimmerrika vulkaniter förekommer i två små områden inom kommunen. Ett litet område förekommer söder om Solinge och det andra området ingår i ett större vulkanitområde vid Ransta.

Äldre gnejsgranitoider och basiska bergarter (tidigsvekokarelska djupbergarter)

En stor del av kommunen upptas av äldre granitoider (främst graniter men även granodioriter och tonaliter, fig. 1), vilka är mer eller mindre förskiffrade och som vanligen benämns gnejsgranitoider (fig. 7).



Fig. 5. Sedimentådergnejs, Granitiska och pegmatitiska ådror. Berghamra, sydöstra Västerås, 6609120/1544450.
Sedimentary veined gneiss with granitic and pegmatitic veins.



Fig. 6. Sedimentådergnejs. Rostvittring efter glimmer, sulfider m.m. Stenby, Västerås, 6613680/1543330.
Sedimentary veined gneiss with rusty surfaces after weathering of micas and sulphides.



Fig. 7. Gnejsig granit. Strökorn ca 1–3 cm. Vägskäring nära Loviseberg. LEP000140, 6598680/1528500.
Gneissic granite. Megacrysts c. 1–3 cm. Road cut.

Graniterna förekommer främst i de sydvästra delarna av kommunen (Borgåsund och västra Västerås) medan granodioriter och tonaliter är mer frekventa i områden norr och nordöst om Västerås (Skultuna, Labacken, Sevalle). Granitoiderna är oftast medelkorniga, har grå till rödgrå färg och är ställvis starkt migmatitiserade. Centimeterstora strökorn av fältspat förekommer lokalt (fig. 8–10). De felsiska leden (granitoiderna) innehåller mafiska xenoliter och enklaver ("magma mingling"-struktur). Frekvensen av mafiska inneslutningar tycks vara högre i närheten av diorit- och gabbromassiv, och granitiska led övergår ofta i tonalitiska och enklavrika partier intill mafiter. Detta visar att mafiska och felsiska led bildats ungefär samtidigt (Ripa & Kübler 2000). De gnejsiga graniternas strukturer klipps av yngre graniter (fig. 9). Lokalt uppträder en ljus, grovt medelkornig till grovkornig pegmatitgranit som oregelbundna gångar i gnejsgraniten (Arnbom 1999). Pegmatitgraniten är ibland ögonförande, t.ex. på Djäkneberget i Västerås stad och uppvisar en svag förskiffringsstruktur som i många fall är konkordant med förskiffringsmönstret i omgivande gnejsgranit (Arnbom 1999).

Öster om ytbergartstråket kring Sala domineras de äldre intrusivbergarterna av en röd till grå, lokalt hornbländeförande, jämnkornig och i de flesta fall massformig granit, som är åldersbestämd till 1891 ± 6 miljoner år (Ripa & Persson 1997). En granodioritisk varietet (s.k. Salagranit) från ett område strax nordväst om Sala daterades av Persson (1993) till 1890 ± 3 miljoner år.

Metabasiter

Termen metabasit omfattar här omvandlade basiska bergarter som är spridda över kommunområdet med större massiv nära Tortuna, Dingtuna och Lillhärad. Ofta används även termen amfibolit. Mer finkorniga metabasiter är oftast förskiffrade, medan grövre typer vanligen har en mer massformig struktur. Gångar och brottstycken av metabasiter påträffas på flera platser inom det undersökta området. Storleken hos de senare varierar från några centimeter till flera decimeter. I de omvandlade sedimentära



Fig. 8. Gnejsig granit med strökorn av fältspat. Strökornen är mellan 1 och 2 cm. Vägsärning nära Loviseberg. LEP000140, 6598680/1528500.

Gneissic granite with feldspar megacrysts. The megacrysts are normally 1 to 2 cm. Road cut.



Fig. 9. Kraftigt gnejsig granit med strökorn av fältspat som genomsätts av yngre granit. Strökornen är normalt mellan 1 och 2 cm. Vägsärning nära Loviseberg. LEP000140, 6598680/1528500.

Gneissic granites with feldspar megacrysts intruded by younger granite. The megacrysts are normally between 1 and 2 cm. Road cut.

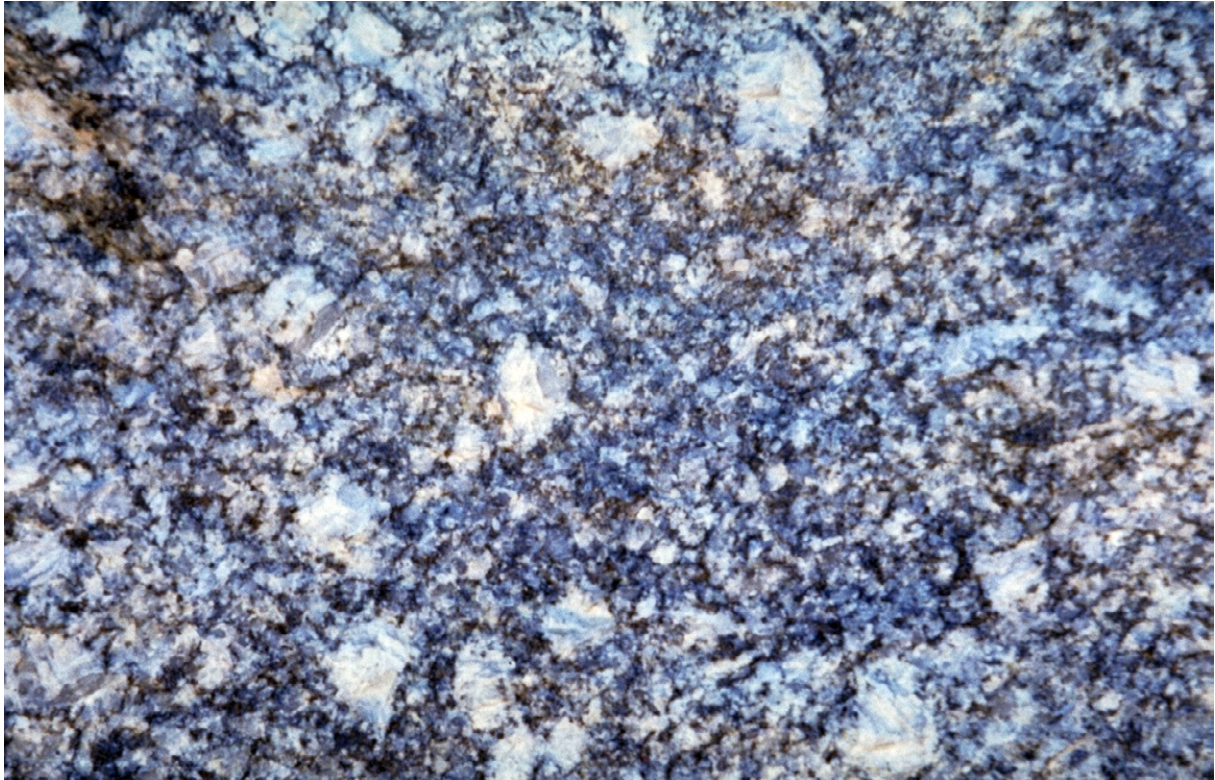


Fig. 10. Gnejsig granit med stora, glest spridda strökorn av fältspat. Strökornen är normalt mellan 2 och 4 cm. 2,7 km öster om Hökåsen, 6616250/154715.

Gneissic granite with large, scattered feldspar megacrysts. The megacrysts are normally between 2 and 4 cm.

bergarterna uppträder metabasitgångar vanligen som avslitna lager. I de äldre gnejsgranitoiderna är de ofta kraftigt utdragna i förskiffringsriktningen och lokalt delvis assimilerade (Arnbom 1999). Det finns troligen flera generationer av basiska bergarter. Enligt Ripa & Kübler (2000) omges metabasiterna lokalt av parallella gångar med finkorniga och felsiska bergarter. Tillsammans bildar gångbergarterna förmodligen s.k. blandade gångar ("composite dykes"). Gångarnas strykning är parallell med den strukturella trenden i området.

Migmatitgraniter

I den södra delen av kommunen, nära Mälaren, på öarna i Mälaren samt nära gränsen mot Eskilstuna kommun är omvandlingsgraden högre. Här förekommer gråröda till röda, ojämnkorniga, saliska (kalifältspatrika), fin- till medelkorniga, mer eller mindre massformiga graniter med övergångar till pegmatit. Normalt utgör de mindre gångar och partier i äldre berggrund, men större massiv finns inom den södra delen av kommunen liksom inom angränsande Eskilstuna kommun. De innehåller ställvis mer eller mindre upplösta rester av äldre berggrund, främst gnejsgraniter. De är inte helt lätta att särskilja från de s.k. yngre graniterna och pegmatiterna men är oftast betydligt mer heterogena.

Yngre, syn- till senorogena graniter och pegmatiter

Inom området förekommer s.k. syn- till senorogena, svekokarelska graniter, granitgångar, apliter och pegmatiter. De benämns ofta helt enkelt yngre graniter och pegmatiter. De är i allmänhet massformiga och klipper omgivande tektoniska strukturer. Ställvis kan de emellertid visa tecken på förskiffring eller stänglighet. Två typer av graniter förekommer, dels en gråröd, fin- till medelkornig, jämnkornig granit



Fig. 11. Grå, fint medelkornig, yngre granit med pegmatitsliror. Vägskäring nära Loviseberg. LEP000140, 6598680/1528500.
Grey, finely medium-grained, younger granite with pegmatitic schlieren. Road cut.

(kallad Malingsbo- eller Vändlegranit, i Stockholmsregionen Stockholmsgranit) och dels en rödlätt, grovkornig, strökornsförande (fältspatporfyrisk) granit (s.k. Fellingsbrogranit). I samband med dessa förekommer ofta rikligt med pegmatiter (fig. 11). Med avseende på komponenterna kalium, uran och torium skiljer sig Fellingsbrograniten något från den finkornigare graniten genom en högre andel av torium.

Jämnkorniga graniter (Malingsbo- eller Vändlegranit)

En variant av senorogen granit är gråröd till röd, massformig, fin- till medelkornig (0,5–5 mm) samt jämnkornig och benämns Malingsbo- eller Vändlegranit. Den bryts för makadamtillverkning i Vändle bergtäkt (fig. 12–13). Enligt Arnbom (1999) utgör kvarts, kalifältspat och plagioklas huvudmineral i ungefär lika proportioner. Vidare finns 2–5 % biotit och lokalt muskovit (0,5–1 %). Plagioklasen motsvarar oligoklas (An₂₅) som ofta är starkt omvandlad. Accessoriska mineral är apatit, zirkon och epidot. Kornfogningen är pusslad, dvs. tämligen komplicerad. I samma typ av granit, vid den numera nedlagda Algruvan (även kallad Toftgruvan) invid gården Älgmossen, finns molybdenglans, mestadels som 0,5–1 mm, ibland uppemot 10 mm stora korn. Ett mindre massiv av yngre, jämnkornig granit förekommer vid Solinge (Ripa m.fl. 2002).

Strökornsförande (fältspatporfyrisk) graniter (Fellingsbrogranit)

Den s.k. Fellingsbrograniten är rödgrå till röd, övervägande grovkornig med oftast utpräglad strökornsstruktur av mikroklin som kan vara upp till 5 cm. Lokalt blir dock bergarten mera jämnkornig, t.ex. runt södra delarna av Långsjön (fig. 14). Enligt Arnbom (1999) uppträder kvarts, mikroklin och plagioklas (oligoklas, An₂₅) i ungefär lika stora mängder. Biotithalten är ca 10 %. Biotiten är ofta kloritiserad och



Fig. 12. Grå, fin- till medelkornig, yngre granit. Vändle bergtäkt, 6605550/1530150.
Grey, fine- to medium-grained, younger granite. Vändle quarry.



Fig. 13. Vändle bergtäkt, 6605550/1530150.
Vändle quarry.



Fig. 14. Röd, yngre, strömkornsförande granit, s.k. Fellingsbrogranit. Strömkornen är normalt 2 till 3 cm. Långsjön, 6618750/1525550.
 Younger, red, massive granite with feldspar megacrysts (2–3 cm), so-called Fellingsbro granite.

plagioklasen är vanligen måttligt sericitomvandlad. Accessoriska mineral är hornblände, muskovit, apatit, epidot, zirkon, titanit, flusspat och opakmineral (främst magnetit). Fellingsbrograniten utgör ett större massiv i nordvästra delen av kommunen, västnordväst om Skultuna. Bergarten fortsätter västerut in på kartområdet 11G Västerås SV, där den benämns Lisjögranit av Öhlander & Zuber (1988). På grundval av gravimetriska och geokemiska undersökningar tolkar de graniten som utgörande de övre delarna av en granitdiapir med djup rotzon. Granitens randzon utgörs av en nästan genomgående grovporfyrisk granit, medan massivets inre delar kännetecknas av en varierande och ofta låg frekvens av mikroklinströmkorn. Kännetecknande för Fellingsbrograniten är förekomsten av flusspat. Den har kristalliserat sent och är koncentrerad till sprickor, som bildats i slutskedet av granitmaggans kristallisering. Norr och söder om Långsjön (3f) finns ett flertal sprickor fyllda med flusspat. Ametistvarianten av bergkristall har också noterats i dessa sprickor och förefaller vara associerad med flusspat (Arnbom 1999). Fellingsbrograniten inom kartområdet 11G Västerås SV har U-Pb-daterats till 1780–1770 miljoner år (Patchett m.fl. 1987, Öhlander & Romer 1996). Hög gammastrålning förekommer i denna granit.

Pegmatiter

Pegmatit förekommer allmänt i omvandlade sedimentära bergarter och äldre granitoider inom kommunen i form av gångar och smärre massiv. I de södra delarna av kommunen är frekvensen mycket hög och de äldre granitoiderna innehåller en stor mängd pegmatit, ofta utgörande 30–50 % av den totala bergmassan. Pegmatiten visar övergångar till yngre granit men även migmatitgranit. Större pegmatitområden finns t.ex. norr om Tidö–Lindö (Fullerö) och norr om Dingtuna. Hög gammastrålning har uppmätts i pegmatiterna. Radiumindex kan ofta överstiga gränsvärdet 1,0. Bergarten är mycket grovkornig och vanligen röd eller gråvit till färgen. Kalifältspat, kvarts, muskovit och biotit utgör huvudmineral. Även vit oligoklas förekommer.

Diabaser

Magnetanomalikartan avslöjar flera diabasgångar som stryker i nord–sydlig till nordnordväst–sydsydostlig riktning. Dessa tillhör ett regionalt system av gångar och har endast lokalt kunnat observeras i fast klyft. Jorddjupet till diabasgångarnas överytor torde ofta ligga mellan 20 och 30 meter. Deras bredd kan uppskattas till mindre än 50 m. Diabaser i Södermanland med samma riktning har Rb-Sr-daterats till mellan 900 och 1 000 miljoner år av Patchett (1978). Diabasgångar i håll (blottat berg) har observerats i Råbyområdet väster om Västerås samt i Vändle bergtäkt (Arnbom 1999). Gångarna är på båda lokalerna 0,1–5 m breda med huvudsaklig strykning nordväst–sydost. Diabasen är mörkgrå och medel- till finkornig. Huvudmineral utgörs av plagioklas (andesin, labrador) och klinopyroxen, delvis omvandlade till sericit och epidot respektive hornblände och klorit. Biotit förekommer, liksom opakmineral och apatit. En västnordvästligt strykande och relativt mäktig diabasgång norr om Sala har beskrivits av Ripa (1995). Dessutom har ett antal ostnordost–västsydvästligt strykande, decimeter- till meterbredda gångar observerats i Tistbrottet i Sala och väster därom (Ripa & Kübler 2000). De senare nämnda gångarna i västnordväst och ostnordost anses vara äldre än de nord–sydliga till nordnordvästliga.

Metamorfos och omvandling

Berggrundens metamorfa grad ligger troligen i övre amfibolitfacies (Ripa & Kübler 2000). Enligt Arnbom (1999) ger förekomsten av muskovit, sillimanit (fibrolit) och till viss del granat en anvisning om att temperaturen som högst legat kring 650 °C och trycket ca 2–3 kbar (Arnbom 1999, jfr Stålhös 1991). Måttlig ådergnejsomvandling med relativt hög halt av muskovit och endast lokala förekomster av granat tyder dock på att temperaturen varit något lägre. Muskovitens nedbrytning till kalifältspat och aluminumsilikat i närvaro av kvarts sker nämligen vid ca 620–640 °C vid dessa tryck. Detta torde därför vara en övre temperaturgräns för metamorfosen i området. Förekomsten av sillimanit (fibrolitvarianten) kan bero på lokal temperaturhöjning till följd av t.ex. pegmatit- eller granitintrusioner. Kvarts-fältspatådringen i området beror troligen till största delen på intern materialutsöndring eller injektioner utifrån, snarare än på mineralreaktioner vid hög temperatur (Arnbom 1999). Detta material kan bilda smärre partier eller mindre massiv av s.k. migmatitgraniter (se ovan). Under den svekokarelska bergskedjebildningens avtagande fas bildades retrograda mineral i bergarterna. I de äldre granitoiderna omvandlades plagioklas i större eller mindre omfattning till sericit och epidot, medan biotit kloritiserades. I metabasiterna skedde också sericit- och epidotomvandlingar i plagioklas samt omvandling av pyroxen till hornblände och biotit (Arnbom 1999).

STRUKTURER

Stålhös (1991) ger en tektonisk modell för den svekokarelska deformationen av berggrunden i östra Mellansverige. Han anser att granitoider intruderade i tidigt bildade sedimentbergarter, dels som massiv (främst i Uppland), dels som gångar (främst i Södermanland). Ett tryck riktat från öster mot väster deformerade hela komplexet. Samtidigt byggdes ett nord–sydligt mottryck upp, vilket kom att orsaka en tvärveckning. De pretektoniskt intruderade basiska gångarna (metabasiterna) deformerades tillsammans med hela bergartskomplexet. Den regionala deformationen och metamorfosen (omvandlingen) skedde för ungefär 1 850–1 840 miljoner år sedan. Under deformationens avtagande skede intruderade de senorogena graniterna och pegmatiterna för ca 1 800–1 780 miljoner år sedan. Därefter har spröd deformation som sprickbildning och förkastningar påverkat berggrunden. Enligt Arnbom (1999) syns på magnetanomalikartorna långsträckta lineament som är orienterade i västnordväst–ostnordostlig riktning och vilka tolkas som plastiska rörelsezoner. En sådan zon finns t.ex. norr om Strömsholm, där den till stora delar ligger oblottad men har observerats i håll där deformationen syns som en kraftig planförskifning, ofta med utdragna smala band av amfibolit. Den stora tektoniska zonen längs Svartåns dalgång, mellan Skul-

tuna och Västerås, kan också ha initierats tidigt men har sannolikt aktiverats även flera gånger därefter. Den stryker i nordväst–sydostlig riktning och uppvisar strukturer som tyder på både spröd och plastisk deformation. I en bergskärning nära ringleden i Västerås stad, invid Svartån, finns tydliga exempel på spröda och plastiska deformationsmönster i den gnejsiga graniten (Arnbom 1999).

De senorogena graniterna (Vändle-, Malingsbo- och Fellingsbrograniterna) intruderade under relativt lugna förhållanden för ca 1800–1780 miljoner år sedan. En större spröd deformationsfas med förkastningstektonik verkar ha skett innan diabaserna bildades. De senorogena graniterna är enligt Arnbom (1999) kraftigt uppspruckna längs förkastningar väster om Skultuna och nordost om Hallstahammar. Dessa förkastningar har inte påverkat diabasgångarna, vilka följaktligen är yngre. Sprickbildning och förkastning i mindre skala har dock ägt rum under olika skeden av den fortsatta geologiska utvecklingen, något som till viss del även påverkat diabasgångarna (Arnbom 1999). Kvartsbreccior förekommer på olika håll i regionen. En vacker sådan är utbildad på Bjurholmen i Mälaren och den förekommer även på fastlandet mot sydöst (Lundegårdh & Lundqvist 1954, Persson & Sträng 2000).

ANALYSER

I samband med berggrundskartläggningen har ett antal prover tagits för undersökning i mikroskop. Resultaten redovisas i tabell 1. Ett fåtal nya kemiska analyser har utförts på bergarter inom kommunen och de redovisas i tabell 2. I övrigt hänvisas till publicerade kartbladsbeskrivningar, främst Arnbom (1999) och Ripa m.fl. (2002). I samband med undersökningen av bergkvalitet har prover tagits för teknisk analys och tunnslip. Resultaten av dessa redovisas i samband med presentationen av bergkvalitetskartan (Persson m.fl. 2007).

NATURRESURSER

Enligt Arnbom (1999) har smärre sulfidmineraliseringar varit föremål för viss undersökningsverksamhet i äldre tider. Även sulfidhorisonter i ådergnejserna har blivit undersökta, t.ex. norr om Tunby i norra delarna av Västerås stad. På ömse sidor om en mindre berghäll finns idag spår efter två mindre provgropar i en järnmineralisering (magnetkis, magnetit), vilka sannolikt gjorts i slutet av 1800-talet. Det kan även ha funnits ytterligare skärpningar i området men dessa är nu försvunna på grund av att området bebyggts. Den enda gruva som har varit i drift är Alnäs molybdengruva (även kallad Algruvan eller Toftgruvan), ca 2 km nordväst om Lillhärad, där molybdenglans förekommer som impregnationer i en yngre, ljusröd och finkornig granit. Mellan åren 1943 och 1945 producerades 3 550 ton molybdenmalm enligt Hübner (1971).

För byggnadsändamål har blocksten brutits på ett flertal platser norr om Dingtuna. Största brottet har legat söder om Bysingsberg. Driften i detta brott upphörde 1936, men viss husbehovsbrytning i liten skala förekom in på 1980-talet (Arnbom 1999). Väster om ridskolan i Sala finns partier i röd och grå äldre granit, ur vilka man tidigare brutit relativt stora block. Likaså förekommer exempel på brytning av större block av röd till grå yngre granit i gamla skärpningar väster om Solinge (Ripa & Kübler 2000). För närvarande är enbart en bergtäkt i drift, Vändle bergtäkt (fig. 11), väster om Dingtuna, där en yngre, rödlätt, finkornig granit bryts för nedkrossning av bergmaterial till makadam.

ERKÄNNANDEN

Arbetena påbörjades år 2000 under ledning av Lars Persson. Fältarbeten och sammanställningar har utförts av Lisbeth Hildebrand, Lars Persson och Malin Sträng. Geofysiskt fältarbete, tolkning och sammanställning har gjorts av Ildikó Antal Lundin och Lutz Kübler. Texten har granskats och kommenterats av Jan-Olof Arnbom, Magnus Ripa och Benno Kathol.

Tabell 1. Mineralsammansättningen (vol.%) hos bergarter inom Västerås kommun.
Modal compositions (vol.%) of rock samples from the municipality of Västerås.

Prov	Koordinater	Bergart	Kornstorlek, mm	Kvarts	Kalifältspat	Plagioklas	Biotit	Muskovit	Hornblände	Epidot	Kalcit	Klorit	Övrigt
LHD000012	6599368/1534161	Granit, grå, medelkornig till grovt medelkornig, gnejsig	0,1–0,3 0,5–3	28	1	40	22	+		1		5	3
LHD000042	6599755/1531426	Gabbro, gråsvart, medelkornig, strökor	0,3 0,5–5	1	1	43	7	+	40	+	+	6	2
MPA000044	6593733/1528947	Granodiorit, grå, medelkornig, gnejsig	0,2 0,5–3	25	9	43	18	+		+	+	2	3
MPA000048	6598741/1540676	Tonalit, grå, medelkornig, gnejsig	0,1–0,2 0,5–4	23		49	19	+	8	1	+	+	4
MPA000050	6598961/1538764	Migmatitgranit, ljus grå, medelkornig, granat	0,5–1,5	29	43	19	2	1		1		1	4 ²
MPA000080A	6593438/1532145	Diabas, svart, finkornig	0,1–0,2			~50		+		+	+	~30	~20 ¹
MPA000080B	6593438/1532145	Sandsten, röd, mycket finkornig	0,05	~20	+	~70		~5–10			+	+	
MPA000094	6597375/1547180	Kvartsmonzonit, gråröd, fint medelkornig, gnejsig	0,2–0,3 0,5–3	11	24	43	19	+		1		1	1
MPA000109	6595190/1540335	Migmatitgranit, grå, medelkornig, granat	0,2–0,3 0,5–3	35	30	28	5	1		+	+	1	
MPA000175	6595525/1534800	Migmatitgranit, grå, medelkornig	0,5–4	34	31	28	1	1		+	1	2	2
MPA000199	6599590/1546385	Granit, grå, finkornig till fint medelkornig, gnejsig	0,1–0,3 0,5–2	20	37	35	7	+		+	+	+	1
MPA000237	6597855/1538565	Sedimentådergnejs, gråsvart, finkornig	0,1–0,3 0,5–2	32		43	24	+		+		+	1
MPA000258	6593720/1528705	Granodiorit, grå, medelkornig, gnejsig	0,1–0,3 0,5–4	33	14	36	4	+		1	+	9	3
MPA000288	6597530/1545125	Granodiorit, grå, fint medelkornig, gnejsig, strökor	0,1–0,3 0,5–3	18	14	46	16	+	6	+	+	+	
MPA000313	6597763/1536335	Granodiorit, gråröd, medelkornig, gnejsig	0,1–0,2 0,5–3	37	5	34	3	1		+	10	9	1

¹ Bl.a. titanit, pyroxen, olivin

² Bl.a. granat

Tabell 2. Kemiska analyser av granitoider inom Västerås kommun. Oxider som vikt-%, spårelement som ppm.

Chemical analyses of granitoids from the municipality of Västerås. Oxides in wt-%, trace elements in ppm.

Provnummer	LEP00131	LEP00140A	LEP00140B	LEP00140C	MPA000044
Koordinater	6597420/1531120	6598680/1528500	6598680/1528500	6598680/1528500	6593733/1528947
Bergart	Gnejsig granit med strökorn	Gnejsig granit med strökorn	Yngre granit, grå, fint medelkornig, massformig	Yngre granit, grå, fint medelkornig, något gnejsig	Gnejsig granit
SiO ₂ , %	70,7	69,7	71,1	71,5	67,5
TiO ₂	0,42	0,41	0,32	0,23	0,49
Al ₂ O ₃	13,4	13,9	14,3	13,9	14,6
Fe ₂ O ₃	4,79	4,29	2,94	2,65	5,17
MgO	0,44	0,66	0,54	0,4	1,16
CaO	2,14	2,18	2,28	1,39	2
K ₂ O	3,7	2,8	3,13	5,34	2,63
Na ₂ O	2,99	3,92	4,02	3,21	3,89
MnO ₂	0,08	0,09	0,04	0,05	0,07
P ₂ O ₅	0,14	0,11	0,08	0,06	0,06
Loi	0,4	0,4	0,3	0,5	1
Summa	99,20	98,46	99,05	99,23	98,57
Ba, mg/kg	1310	389	796	996	252
Be	0,90	2,64	1,15	1	1,28
Co	<5,85	<5,89	<5,34	<5,71	5,98
Cr	23,6	38	30,5	28,5	50,4
Cu	<5,85	<5,89	18,6	<5,71	303
Ga	24,4	22,8	25,7	24,9	33,2
Hf	8,95	4,99	4,26	6,8	6,58
Mo	<2,34	<2,36	<2,13	<2,28	<2,38
Nb	22,8	24,5	6,68	21,3	41,7
Ni	<11,7	14,6	11	14,8	23
Rb	187	179	145	223	172
Sc	14,4	9,32	2,93	4,51	13,8
Sn	3,82	17,6	4,09	2,96	4,07
Sr	182	143	290	166	170
Ta	1,22	1,99	0,48	0,80	3,14
Th	9,17	15,2	9,72	41,2	45,8
U	4	6,05	2,23	3,25	10,5
V	13	19	18,8	4,13	34,1
W	0,64	0,87	0,41	<0,34	0,81
Y	28,5	20,2	8,45	11,9	98,1
Zn	94,7	64,4	81,3	31,5	305
Zr	348	183	186	240	203

REFERENSER

- Arnbom, J.O., 1999: Beskrivning till berggrundskartan 11G Västerås SO. *Sveriges geologiska undersökning Af 204*, 46 s.
- BFS, 1990: *Nybyggnadsregler ändringar. Boverkets författningssamling. BFS 1990:28, Nr 2*. Stockholm. ISBN 91-38-12510-2.
- Gumaelius, A., 1868: Några ord till upplysning om bladet Sala. *Sveriges geologiska undersökning Aa 26*, 127 s.
- Göransson, M., 2000: *Krossbergsinventering i Eskilstuna kommun*. Opubl. uppdragsrapport. Sveriges geologiska undersökning 2000-04-06.
- Hübner, H., 1971: Molybdenum and Tungsten Occurrences in Sweden. *Sveriges geologiska undersökning Ca 46*, 29 s.
- Karlsson, V., 1862: Några ord till upplysning om bladet Västerås. *Sveriges geologiska undersökning Aa 1*, 27 s.

- Kugelberg, O.F., 1862: Några ord till upplysning om bladet Skultuna. *Sveriges geologiska undersökning Aa 3*, 32 s.
- Kübler, L. & Ripa, M., 1998: Kartbladet 11G Västerås NO. I C.-H. Wahlgren (red.): Regional berggrundsgeologisk undersökning – sammanfattning av pågående undersökningar 1997. *Sveriges geologiska undersökning Rapporter och meddelanden 97*, 20–23.
- Lundegårdh, P.H., 1981: *Berggrundskarta över Västmanlands län*. Statens industriverk.
- Lundegårdh, P.H. & Lundqvist, G., 1954: Beskrivning till kartbladet Västerås. *Sveriges geologiska undersökning Aa 196*, 75 s.
- Lundegårdh, P.H. & Nisca, D., 1978: Beskrivning till berggrundskartan och geofysiska kartorna Västerås SV. *Sveriges geologiska undersökning Af 122*, 60 s.
- Lundqvist, T., 1979: The Precambrian of Sweden. *Sveriges geologiska undersökning C 768*, 87 s.
- Patchett, P.J., 1978: Rb/Sr ages of precambrian dolerites and syenites in southern and central Sweden. *Sveriges geologiska undersökning C 747*, 63 s.
- Patchett, P.J., Gorbatshev, R. & Todt, W., 1987: Origin of continental crust of 1.9–1.7 Ga age: Nd isotopes in the Svecofennian orogenic terrains of Sweden. *Precambrian Research 35*, 145–160.
- Persson, L., 1993: The U-Pb zircon age of the Sala “granite” of south-central Sweden. I T. Lundqvist (red.): Radiometric dating results. *Sveriges geologiska undersökning C 823*, 32–35.
- Persson, L., 2000: Bergkvalitet – geologisk information för planering och byggverksamhet. *Geologiskt forum 26*, 13–17.
- Persson, L. & Sträng, M., 2000: Projekt Västra Mälardalen. I H. Delin (red.): Regional berggrundsgeologisk undersökning – sammanfattning av pågående undersökningar 2000. *Sveriges geologiska undersökning Rapporter och meddelanden 105*, 60–62.
- Persson, L., Sträng, M. & Antal, I., 2001: Berggrundskartan 10I Stockholm, skala 1:100 000. *Sveriges geologiska undersökning Ba 60*.
- Persson, L., Antal, I., Göransson, M. & Hildebrand, L., 2007: Bergkvalitetskartan Västerås kommun. *Sveriges geologiska undersökning K 75*.
- Ripa, M., 1995: Berggrunden på kartbladet 11G Västerås NO. I C.-H. Wahlgren (red.): Regional berggrundsgeologisk undersökning – sammanfattning av pågående undersökningar 1994. *Sveriges geologiska undersökning Rapporter och meddelanden 79*, 33–37.
- Ripa, M., 1996: Kartbladet 11G Västerås NO. I C.-H. Wahlgren (red.): Regional berggrundsgeologisk undersökning – sammanfattning av pågående undersökningar 1995. *Sveriges geologiska undersökning Rapporter och meddelanden 84*, 35–37.
- Ripa, M. & Kübler, L., 1999: Kartbladet 11G Västerås NO. I C.-H. Wahlgren (red.): Regional berggrundsgeologisk undersökning – sammanfattning av pågående undersökningar 1998. *Sveriges geologiska undersökning Rapporter och meddelanden 98*, 21–27.
- Ripa, M. & Kübler, L., 2000: Kartbladet 11G Västerås NO. I H. Dehlin (red.): Regional berggrundsgeologisk undersökning – sammanfattning av pågående undersökningar 1999. *Sveriges geologiska undersökning Rapporter och meddelanden 102*, 20–26.
- Ripa, M. & Persson, P.-O., 1997: The U-Pb zircon age of the Sala-Vänge granite at Sala, south central Sweden. I T. Lundqvist (red.): Radiometric dating results. *Sveriges geologiska undersökning C 830*, 57–62.
- Ripa, M., Kübler, L., Persson, L. & Göransson, M., 2002: Beskrivning till berggrundskartan och bergkvalitetskartan Västerås NO. *Sveriges geologiska undersökning Af 217*, 70 s.
- Stålhös, G., 1976: Beskrivning till berggrundskartan Enköping SV. *Sveriges geologiska undersökning Af 118*, 45 s.
- Stålhös, G., 1991: Beskrivning till berggrundskartorna Östhammar NV, NO, SV, SO. *Sveriges geologiska undersökning Af 161, 166, 169, 172, 249 s.*
- The Radiation Protection Authorities in Denmark, Finland, Iceland, Norway and Sweden 2000: *Naturally occurring radioactivity in the nordic countries – recommendations*. ISBN 91-89230-00-0.
- Törnebohm, A.E., 1880: *Beskrivning till geologisk öfversiktskarta öfver Mellersta Sveriges bergslag*. Jernkontoret.
- Zuber, J., 1986: Geological interpretation of gravity and aeromagnetic surveys over the Fellingsbro-Blixterboda granite. *Geologiska Föreningens i Stockholm Förhandlingar 107*, 203–213.

- Åkerblom, G., Petterson, B. & Rosén, B., 1990: Markradon. Handbok för undersökning av markradonförhållanden. *Byggforskningsrådets rapport R85:1988, reviderad utgåva*, 160 s.
- Öhlander, B. & Romer, R.L., 1996: Zircon ages of granites occurring along the Central Swedish Low. *GFF* 188, 217–225.
- Öhlander, B. & Zuber, J., 1988: Genesis of the Fellingsbro-type granites: evidence from gravity measurements and geochemistry. *Geologiska Föreningens i Stockholm Förhandlingar* 110, 39–54.

