

Beskrivning till bergkvalitetskartan Örebro, Kumla och del av Hallsbergs kommun

Martin Ahl & Lutz Kübler



ISSN 1652-8336
ISBN 978-91-7158-844-9

Omslagsbild: Axberg-Åby bergtäkt och asfaltverk. Koordinater i rikets nät 6584778/1477252.
Samtliga fotografier i beskrivningen är tagna av Martin Ahl.

© Sveriges geologiska undersökning, 2008
Layout: Agneta Ek, SGU

INNEHÅLL

INLEDNING 4

METODIK 5

ALLMÄN GEOLOGI	6
Ytbergarter	7
Vulkaniska bergarter, ca 1900 miljoner år	7
Sedimentära bergarter, ca 1900 miljoner år	7
Fanerozoiska sedimentära bergarter, ca 545–470 miljoner år	7
Djupbergarter	7
Granitoider, ca 1890–1850 miljoner år	8
Graniter och pegmatiter, ca 1850–1750 miljoner år	9
Gångbergarter	9
Diabas–granofyr (ca 1590 miljoner år)	9
Diabas II	
ALLMÄN GEOFYSIK	11
Sprödetektoniska zoner och sprickor	13
BERGGRUNDENS STRÅLNINGSEGENSKAPER	13
Gammastrålningsmätningar	14
TEKNISKA ANALYSER	16
Kulkvarnsanalys	16
Los Angelesanalys	16
Micro-Devalanalys	16
Analys av alkalisilikareaktivitet	20
ÖVRIGA ANALYSER	20
Petrografisk analys	20
Sprickanalys	20
Bergartskemi	20
KVALITETSKLASSNING AV PROVER	24
Användningsområde betongballast	24
Användningsområde spårballast	24
Användningsområde vägballast	24
SAMMANSTÄLLNING AV BERGKVALITETSKARTAN	25
REFERENSER 26	

INLEDNING

Bergkvalitetskartan är en tematisk karta som kompletterar SGUs berggrundskarta i skala 1:50 000. Syftet är att skapa databaser innehållande bergkvalitetsinformation, som ett effektivt planerings- och resurshushållningsunderlag för kommuner, länsstyrelser, företag m.fl. i Örebro, Kumla och i en del av Hallsbergs kommun (fig. 1). Kartan ska underlätta en utvärdering av olika bergarters lämplighet som ballastmaterial för t.ex. väg, järnväg och betong. I samband med den kommunala översiktsplaneringen ska bergkvalitetskartan kunna erbjuda ett geologiskt underlag för framtida markanvändning och underlätta övergången från grus- till krossbergsproduktion. Bergkvalitetsundersökningen i Örebro, Kumla och Hallsberg påbörjades år 2003 och slutfördes år 2005. De tre kommunerna gränsar till varandra varför de redovisas gemensamt. Arbetet med bergkvalitetskartan inom Örebro, Kumla och Hallsbergs kommuner har föregåtts av en generell läges- och behovsanalys för Örebro län. I denna analys har potentiella avnämare såsom länsstyrelse, kommuner, övriga myndigheter, entreprenörer och konsulter intervjuats angående behovet av översiktlig bergkvalitetsinformation.

Den kristallina prekambrika berggrunden täcker totalt inom området en yta på ca 1 515 km². Tidigare undersökningar av berggrunden har bl.a. utförts av Gumaelius (1873), Linnarsson (1875), Stolpe (1875),

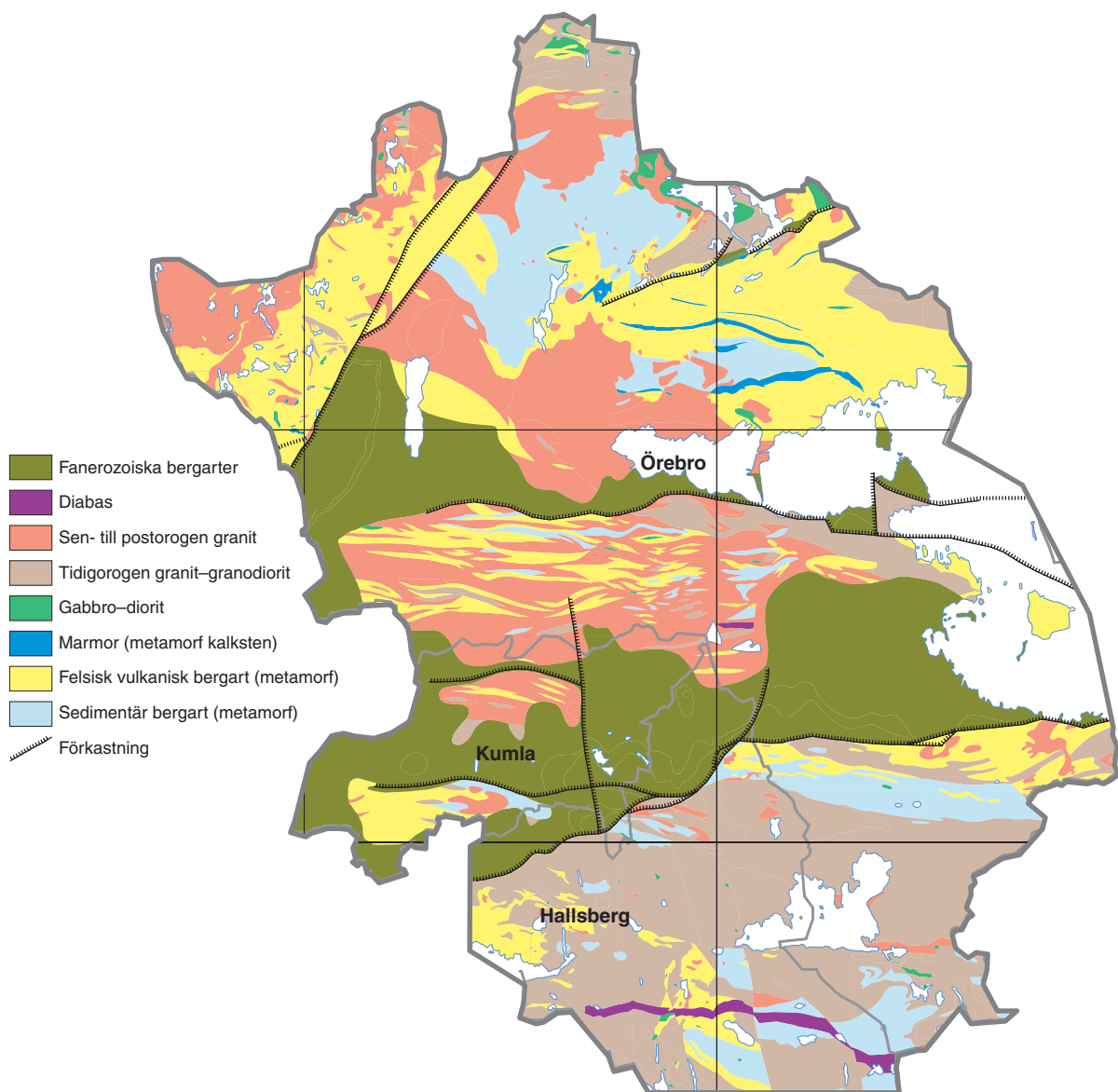


Fig. 1. Översiktlig berggrundskarta över Örebro, Kumla och del av Hallsbergs kommun.

Erdmann (1889), Allen m.fl. (1996) och Stephens m.fl. (2000). Specialarbeten med anknytning till fysisk planering och täktverksamhet har publicerats av Länsstyrelsen i Örebro län (1980), Lindén (1989), Snäll (1990), Bergman m.fl. (1999) och Ahl m.fl. (2004, 2005). Som underlag för bergkvalitetskarteringen föreligger de tryckta berggrundskartorna i skala 1:50 000 med beskrivningar: kartan Örebro NO (Magnusson & Gorbatshev 1972), kartan Örebro NV, (Lundegårdh m.fl. 1972, Aaro 1983), kartan Örebro SO (Lundegårdh m.fl. 1973), kartan Örebro SV (Lundegårdh & Fromm 1971), kartorna Finspång NO, NV (Wikström & Karis 1991) och kartan Karlskoga NO (Stephens 1998). Berggrunden i kommunen består främst av prekambrisk bergarter (äldre än 1 500 miljoner år) och fanerozoiska bergarter (yngre än 600 miljoner år). I denna undersökning har bara de äldre proterozoiska bergarterna beaktats. Berggrundskartorna 10F Örebro är framställda under 1960-talet med en publiceringsskala på 1:100 000 i åtanke. Detta, och att synen på bergartsenheter har ändrats, har medfört att en delvis omtolkning av litologierna har skett under arbetets gång.

Örebro kommun omfattar 1 380 km² (landareal) med en befolkning på ca 126 000 (2003), Kumla kommun omfattar 205 km² med en befolkning på ca 19 000 (2003) och Hallsbergs kommun 640 km² med en befolkning på ca 15 000 (2003). Inom undersökningsområdet finns bl.a. de större orterna Ervalla, Garphyttan, Glanshammar, Hallsberg, Hovsta, Kilsmo, Kumla, Mellösa, Närke-Kil, Sköllersta, Vintrosa, Odensbacka, Palsboda och Örebro.

I det undersökta området finns åtta bergtäkter som har giltigt brytningstillstånd (2005). Dessa är Almby, Mosjö-Sörby, Eker 14:25, Eker 14:28, Götarsvik, Slyte och Axberg-Åby. Alla ligger i Örebro kommun.

METODIK

Bergkvalitetskartan bygger på den tidigare genomförda berggrundskarteringen (se ovan) och grundar sig på fältkontroll av de dominerande bergartsenheter. Närmare undersökning har gjorts vid 93 lokaler och från var och en av dessa har ca 70 kg bergmaterial tagits för teknisk analys såsom kulkvarn, Los Angeles och micro-Deval (tab. 1). Den kemiska sammansättningen har analyserats i alla prover. Dessutom har det gjorts mätningar av sprickplanens riktning. Tunnslip har framställts av bergarter från varje provplats och petrografisk analys, ASR- (alkalisilikareaktivitet) och modalanalys samt fotodokumentation har utförts. Spektromettermätning av gammastrålningen (se nedan) har skett vid alla provlokaler.

Jorddjup (avståndet till berggrundsytan) har erhållits från SGUs brunnsarkiv och redovisas i tre klasser, nämligen jorddjup 1–2, 2–5 och >5 meter. Redovisade brunnar har en lägesnoggrannhet bättre än 250 m. Totalt redovisas 960 brunnar från databasen. I 110 av dessa är jorddjupet större än eller lika med 10 m. Ett största jorddjup på mer än 51 m finns i en brunn vid Närke-Kil (6587070/1459440).

Tabell 1. Medelvärden av kulkvarnsvärde (A_N) och Los Angelesvärde för de analyserade bergartsenheter i Örebro, Kumla och del av Hallsbergs kommun.

Bergartsenhet	Kulkvarnsvärde %			Los Angelesvärde %			Micro-Devalvärde %		
	Spridning	Medelvärde	Antal prov	Spridning	Medelvärde	Antal prov	Spridning	Medelvärde	Antal prov
Ytbergarter	9,6–24,2	14,8	17	12,0–32,1	18,8	17	7,0–16,2	10,4	3
Vulkaniter	6,1–19,2	10,6	24	10,7–28,8	18,7	24	5,1–10,0	7,3	6
Äldre graniter	8,2–15,4	11,1	8	18,3–24,7	22,2	8	5,5–9,4	7,4	2
Äldre granitoider	10,3–22,4	14,6	18	18,3–30,9	24,8	18			
Amfiboliter	16,2–23,5	19,3	5	13,2–18,6	15,2	5		21	1
Yngre graniter	8,2–17,7	11,4	15	17,3–28,7	22,6	15	5,5–13,5	9,2	4
Yngre graniter porfyriska	13,6–21,9	18,1	3	28,4–33,9	30,6	3		7	1
Pititomvandlad ytbergart		20,1	1		18,4	1		14,3	1
Diabas		12,9	1		13,7	1		11	1
Granofyr		11,8	1		20,2	1			
Marmor		30,3	1		28,1	1		23	1

För den geofysiska bearbetningen utnyttjades flygmätta data från år 1968 (10F Örebro NO och SO), 1979 (10F Örebro NV och SV samt 9F Finspång NO och SO) samt från 1980 (9F Finspång NV och SV). Mätningarna från 1968 omfattar endast magnetfälts- och gammastrålningsdata, medan man under de följande mätkampanjerna också registrerade elektromagnetiska data (riktningsberoende VLF-data). De flyggeofysiska mätningarna utfördes med ett flyglinjeavstånd av 200 m, mätpunktsavståndet 40 meter och en flyghöjd på 30 m. Mätnoggrannheten för magnetfältsdata ökade mellan de två mätperioderna från 10 nT (nanoTesla) till 1 nT. Flygningarna skedde i nord-sydlig riktning över hela projektområdet, med undantag för kartområdet 10E där man höll ost-västlig riktning. Tyngdkraftsmätningar har utförts huvudsakligen under åren 1979 och 1980 på sammanlagt något över 2000 punkter. Punkttätheten varierar i kartområdet 10F från 0,5 till 1,5 punkter per kvadratkilometer, medan den i 9F är mellan 0,25 och 0,5 punkter per kvadratkilometer.

Petrofysikdata från åren före 1990 finns från 46 bergartsprover i kartbladsområde 10E. Under arbetet med syntesprojektet "Bergslagen" (Stephens m.fl. 2000) insamlades 56 prover. Under detta projekt utfördes också mätningar av berggrundens radioaktiva strålningsegenskaper på 57 observationspunkter. Inom ramen för det här redovisade projektet insamlades 144 bergartsprover för bestämning av magnetiska egenskaper (magnetisk susceptibilitet och remanens) och densitet. Strålningsegenskaperna mättes på 148 platser och på varje plats företogs i genomsnitt 3 mätningar. Av de 93 provtagningsplatserna för bergkvalitet kunde 83 mätas med gammaspektrometer. Övriga provtagningsplatser uppfyllde inte kraven för godtagbara mätförhållanden, men mätningar skedde då på närmast möjliga plats med likartad berggrund.

På bergkvalitetskartan redovisas vissa strukturella drag i berggrunden. Dessa har antingen baserats på direkta fältobservationer eller tolkats från ett topografiskt eller geofysiskt underlag. Så kallade formlinjer återger större strukturella drag observerade i fält i olika foliationstyper (skiffrighet eller gnejsighet). Normalt sammanfaller de med strukturella drag som är tolkade från magnetfältsdata (s.k. magnetiska konnexioner) som återger bergets magnetiska strukturer förorsakade av lagring, deformation eller metamorf differentiering. I de fall då formlinjer och konnexioner inte sammanfaller kan man misstänka mer komplext sammansatta deformationsfenomen eller metamorfa överpräglings.

Zoner med dominerande spröd deformation som har identifierats med hjälp av topografiska och geofysiska data är oftast på ett eller annat sätt tydligt markerade i naturen som dalsänkor eller förkastningsbranter. Däremot är det inte alltid möjligt att lokalt begränsade förkastningsbranter eller hållstup går att identifiera i dessa data. I detta projekt är flygmagnetiska data av sådan kvalitet att lineament kortare än ca 1 km inte har beaktats.

Ett mycket viktigt verktyg vid identifiering av sprödektoniska zoner är elektromagnetiska (VLF) mätningar. Som nämndes tidigare saknas sådana över större delen av det östra projektområdet, och från övriga ytor föreligger bara s.k. riktningsberoende data, vilket betyder att signalen från endast en sändare har utnyttjats. Därför domineras dessa data kraftigt av en viss riktning vilket kan leda till en statistiskt oriktig tolkning av linjära strukturer. Å andra sidan sammanfaller lineament som ger en VLF-signal i de flesta fall med sådana som identifierats med andra metoder. Elektromagnetiska data har sålunda enbart använts för att jämföra eller bekräfta deformationszoner.

ALLMÄN GEOLOGI

Projektområdet har mycket varierande berggrund. Många olika typer av yt- och djupbergarter förekommer, och också graden av metamorf omvandling växlar starkt. I Käglanområdet i nordost dominerar relativt välbevarade ytbergarter. Mot väster utmed Kilsbergen, är den metamorfa graden högre (amfibolitfacies) och de dominerande vulkaniterna starkt migmatitiserade. I den södra delen av området finns också en metamorf gradskillnad mellan de bättre bevarade bergartsleden i nordost och de starkt omvandlade bergarterna i sydväst. I de delar av området där starkt omvandlade ytbergarter förekommer är berggrunden komplex. Det är stora svårigheter att bedöma dessa migmatitiserade bergarters ursprung som vulkaniter respektive sediment. I figur 1 visas en generaliserad berggrundskarta över projektområdet.

Ytbergarter

Ytbergarterna inom området utgörs huvudsakligen av s.k. svekofenniska vulkaniska och sedimentära bergarter, bildade för ca 1 900 miljoner år sedan. De vulkaniska bergarterna dominerar och täcker stora delar av området. Förutom i den nordvästra delen av projektområdet är den metamorfa omvandlingsgraden i de vulkaniska bergarterna övervägande hög. Detta gör det ställvis omöjligt att avgöra vilken ursprungsbergarten har varit. Välbevarade och betydligt yngre ytbergarter av kambrisk och ordovicisk ålder, dvs. 545–470 miljoner år gamla förekommer i ett större område söder om Örebro där de täcker stora delar av Närkeslätten.

Vulkaniska bergarter, ca 1 900 miljoner år

De vulkaniska bergarterna utgörs huvudsakligen av finkorniga, porfyrisk till jämnkorniga, lokalt lagrade kvarts- och fältspatdominerade bildningar. Underordnat förekommer även mer basiska vulkaniska bergarter. De vulkaniska bergarterna uppvisar ett nära släktskap med de äldsta djupbergarterna och gradvisa övergångar till dessa förekommer i vissa områden. Bättre bevarade, mindre metamorft påverkade vulkaniter återfinns nordost om Örebro i det s.k. Käglandet och norr om sjön Tisaren. Huvuddelen av de vulkaniska bergarterna har primärt bildats som vulkaniska askor, men lavar, subvulkaniska intrusioner och gångar förekommer också. De vulkaniska bergarterna är värdbergart för de flesta malmförekomsterna i området och är i vissa fall starkt hydrotermalt omvandlade i samband med malmbildningen. En pinit-omvandlad ytbergart, troligen vulkanit, har skilts ut i kvalitetsklassningen nedan. Den karaktäriseras av att cordieriten har omvandlats till sericit-klorit och biotit (fig. 2 a).

Sedimentära bergarter, ca 1 900 miljoner år

De sedimentära bergarterna förekommer tillsammans med de vulkaniska bergarterna och är vanligtvis glimmerrikare än dessa. Till de sedimentära bildningarna räknas också marmor (s.k. urkalksten). Marmor är vanligt förekommande i området som decimetertjocka till några meter tjocka inlagringar, tillsammans med de andra ytbergarterna. Lokalt förekommer även mäktiga horisonter och de mest betydande inom området är stråken vid Glanshammar och norr därom (fig. 2 b och f).

Fanerozoiska sedimentära bergarter, ca 545–470 miljoner år

De fossilförande, fanerozoiska sedimentära bergarterna täcker stora delar av området mellan Örebro och Hallsberg. De utgörs av kambrisk sandsten, lersten och alunskiffer samt ordovicisk kalksten. Till skillnad från de äldre sedimentära och metavulkaniska bergarterna är den primära skiktningen i de fanerozoiska bergarterna nästan horisontell eller endast svagt stupande åt söder. Mycket lite av de yngre sedimentära bildningarna är blottat. Bergarterna är dock väl dokumenterade från ett flertal kalkstensbrott och genom borrhningar i samband med prospektering efter oljeskiffer under andra världskriget. Utbredningen av de fanerozoiska bergarterna begränsas i söder och väster av större förkastningar. Dessa bergarter är ej undersökta med avseende på bergkvalitet.

Djupbergarter

Djupbergarterna inom området kan åldersmässigt indelas i två huvudgrupper, äldre (ca 1 890–1 850 miljoner år) och yngre (1 850–1 750 miljoner år). Bergarterna i den äldre gruppen är omvandlade och uppvisar vanligtvis tydlig stänglighet och foliation. De är rumsligt associerade med de vulkaniska bergarterna och domineras av granodiorit och tonalit. De yngre djupbergarterna utgörs av granit och pegmatit (ca 1 850–1 750 miljoner år).

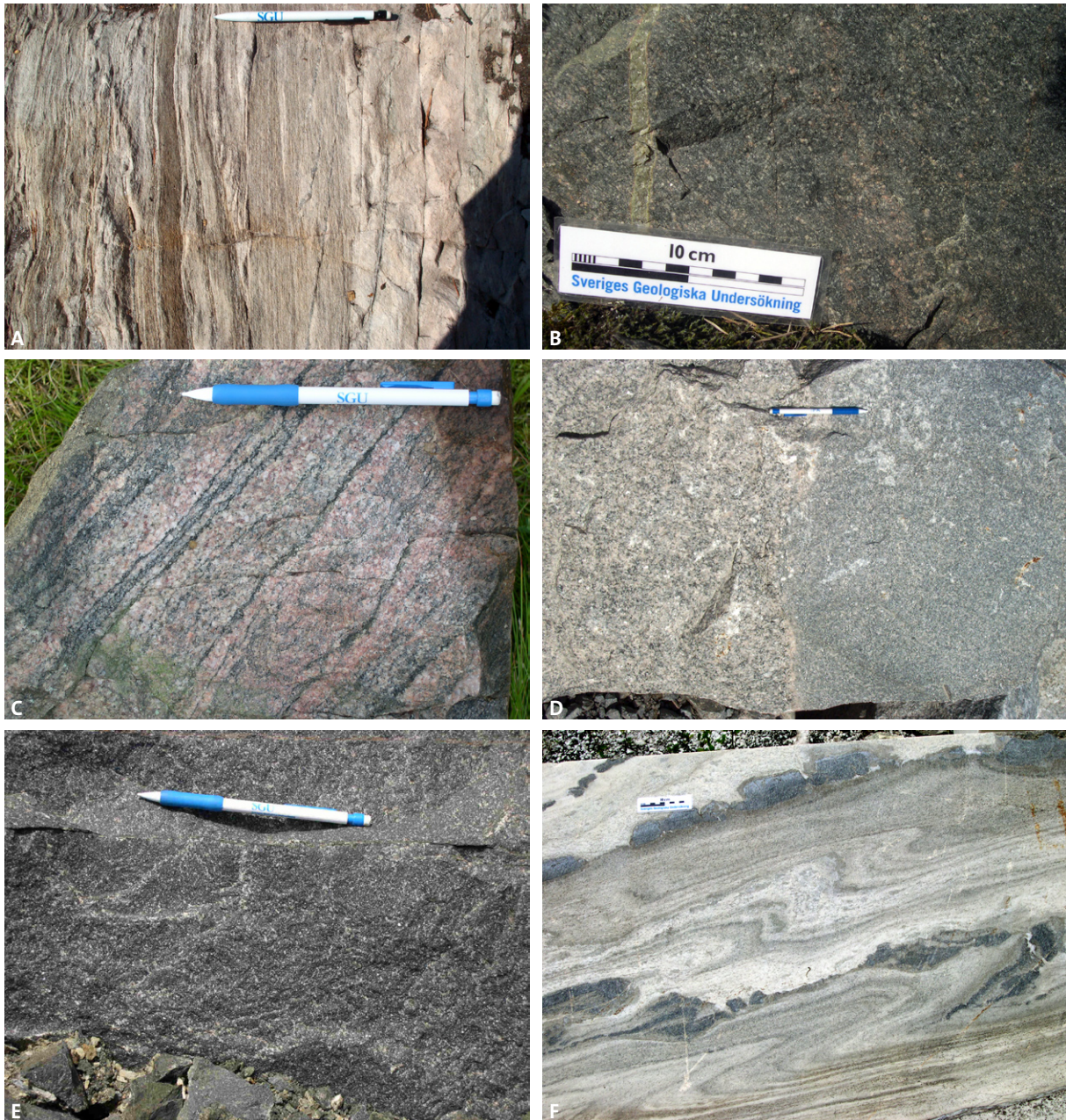


Fig. 2. Fotografier från projektområdet. Exempel på bergartstyper med kulkvarnsvärden (A_N) och Los Angelesvärden (LA-tal). Provnnummer (koordinater i rikets nät). **A.** Ytbergart ospec. Karaktäriseras av växlande omlagrat material av troligt vulkanskt ursprung (A_N 14,4 och LA-tal 14,4). GRS030032 (6555159/1479052). **B.** Kvarts- och kalifältspatporfyrisk metavulkanit (A_N 6,1 och LA-tal 10,7). GRS030018 (6582940/1478717). **C.** Granitoid, åderförgnejsad (A_N 6,1 och LA-tal 10,7). MAL030032 (653580/1472780). **D.** Granit, porfyrisk t.h. (A_N 13,6 och LA-tal 28,3), medelkornig t.v. (A_N 13,6 och LA-tal 28,3). GRS0390021A och B (6579821/1460294). **E.** Diabas (A_N 12,9 och LA-tal 1). MAL030044 (6539756/1472654). **F.** Metakalksten, marmor (A_N 30,3 och LA-tal 28,1). MAL040054 (656108.7/1473031).

Granitoider, ca 1 890–1 850 miljoner år

Större inslag av äldre djupbergarter förekommer i områdets östra och södra delar. I den östra delen, kring Ervalla, dominerar grå, medelkorniga, stängliga och tämligen svagt folierade granodioriter och tonaliter. Underordnat förekommer också områden med granit. Även mer basiska led med gabbro och diorit förekommer, och de är huvudsakligen associerade med granodiorit och tonalit. Områden som domineras av granodiorit och tonalit är i allmänhet mindre homogena än de granitiska delarna och innehåller fler

fragment av andra bergarter. De äldre djupbergarterna i områdets södra del är petrografiskt likartade med de ovan beskrivna från Ervallaområdet. Den metamorfa överpräglingsen är dock mer betydande och bergarterna är oftast tydligt folierade och lokalt även utbildade som ådergnejser (fig. 2 c).

Graniter och pegmatiter, ca 1 850–1 750 miljoner år

Graniter och pegmatiter, som bildades genom uppsmältning av äldre berggrund i samband med den svekokarelska orogenesen, förekommer huvudsakligen i områdets nordöstra och centrala östra delar. Till denna bergartsgrupp räknas homogena, massformiga, vanligtvis porfyriska graniter som den s.k. Örebro-graniten samt inhomogena, delvis pegmatitiska varianter med rikligt förekommande inneslutningar av äldre bergarter. Åldersbestämningar av dessa bergarter indikerar stora variationer mellan ca 1 850 och 1 750 miljoner år (fig. 2 d).

Gångbergarter

Gångbergarter är relativt frekventa inom området och utgörs huvudsakligen av diabas och pegmatit. Diabasgångar kan genom sin vanligtvis höga magnetisering samt sitt uppträdande lätt urskiljas på den magnetiska totalfältskartan. De bildar ofta mycket långa, ihålliga magnetiska stråk som klipper genom övriga bergarter.

Ett karaktäristiskt inslag i magnetfältsbilden (fig. 3) är just två svärmar av diabasgångar med dominerande riktning i 275 grader (i fortsättningen kallad västnordvästtypen) respektive 345 grader (i fortsättningen kallad nordnordvästtypen). Som figur 4 b visar är riktningarna mycket konstanta. På grund av att västnordvästtypen förekommer också som tätare grupper inom svärmen framträder de som avlånga anomalier på tyngdkraftskartan (fig. 5). De spridda nordnordvästgångarna däremot har inte den volym som krävs för att ge ett synligt tyngdkraftsöverskott. En enkel beräkning baserad på en genomsnittlig mäktighet av 40 meter för västnordvästdiabaserna ger en utvidgning i nordost–sydvästlig riktning av jordskorpan med ca 1200 m i projektområdet. Inkluderar man Brevengångens bredd blir utvidgningen ca 3 000 m. Inom ytbergartsområdena uppträder rikligt med amfibolitinlagringar vars ursprung endera kan vara basiska till intermediära vulkaniter eller omvandlade diabasgångar. Också här har enstaka yngre diabasgångar smugit sig konformt in i omgivningen men är då fullt synliga på magnetfältskartan. Gångbergarterna kan regionalt sett betraktas som inhomogeniteter i berggrunden men de utgör sällan några större volymer.

Diabas–granofyr (ca 1 590 miljoner år)

Över hela området förekommer diabasgångar tillhörande den västnordvästliga svärmen, i vilken den s.k. Brevengången sydost om Hällefors är den största. Brevengången är som bredast ca 1 km och har en total utsträckning på ca 30 km. Där Brevengången är som bredast indikerar magnetfältskartan att gången är uppbyggd av tre parallellt löpande enheter. De två yttre har ett geofysiskt signalement motsvarande de renodlade diabaserna i området. De har konstant höga magnetiska egenskaper medan den så kallade granofyren varierar kraftigt. Övergången mellan enheterna, från granofyr till diabas, markeras av en markant sänkning av gammastrålningens totalintensitet. Kaliumhalten minskar från ca 3 till 0,4 %, uranhalten från ca 3 till 0,4 ppm och toriumhalten från ca 10 till 1 ppm. Granofyrens densitet (från 2 650 till ca 2 775 kg/m³) tycks variera med halten mafiska mineral och kan närmast jämföras med densiteten för felsiska till intermediära intrusivbergarter. Diabasens densitet är konstant kring 3 000 kg/m³ (± 50 kg/m³, fig. 6 b). På grund av sin stora utbredning ger Brevengången ett klart tyngdkraftsöverskott som tyder på att granofyrens andel eventuellt minskar mot djupet (fig. 2 e).

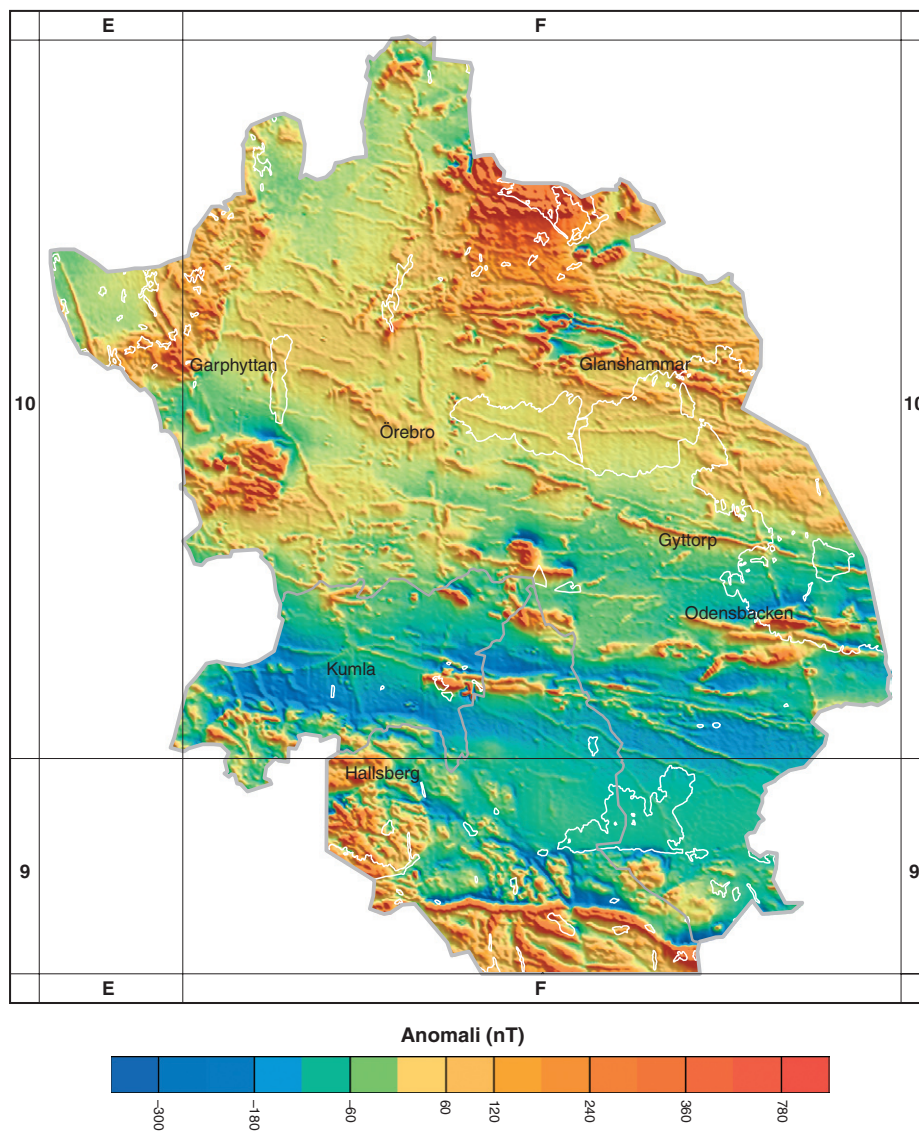


Fig. 3. Magnetfältsanomalikarta. Diabasgångar och framför allt Brevengången i södra delen av området framträder tydligt som positiva, långsträckt anomaliryggar. Den mafiska, högmagnetiska intrusionen i nordöst har sin huvudsakliga utbredning utanför området.

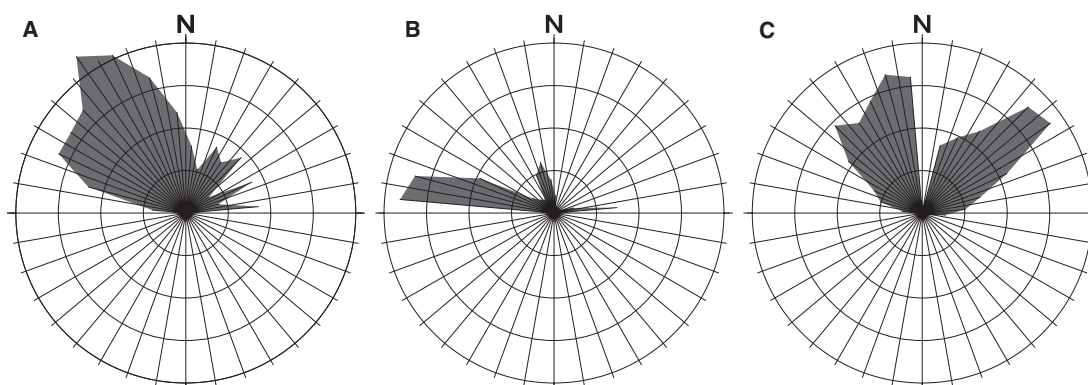


Fig. 4. Rosdiagram. Vinkelvärdena som användes i diagrammen är genomsnittsvärden för hela lineament. Vinkelsektorer visas i 10 graders intervall. **A.** Lineament tolkade från magnetfältdata. Ett antal lineament från projektområdets omgivning har tagits med. $N=303$. Yttre cirkeln motsvarar 10 %. **B.** Diabasernas orientering i projektområdet. Västnordväst-diabaserna dominerar i antal. Om hänsyn också tas till den geografiska längden kommer nordnordväststypens betydelse att öka avsevärt i diagrammet. $N=507$. Yttre cirkeln motsvarar 25 %. **C.** Lineament tolkade från digitala topografiska data. (Lantmäteriets höjddatabas, 50 meters upplösning). $N=510$. Yttre cirkeln motsvarar 10 %.

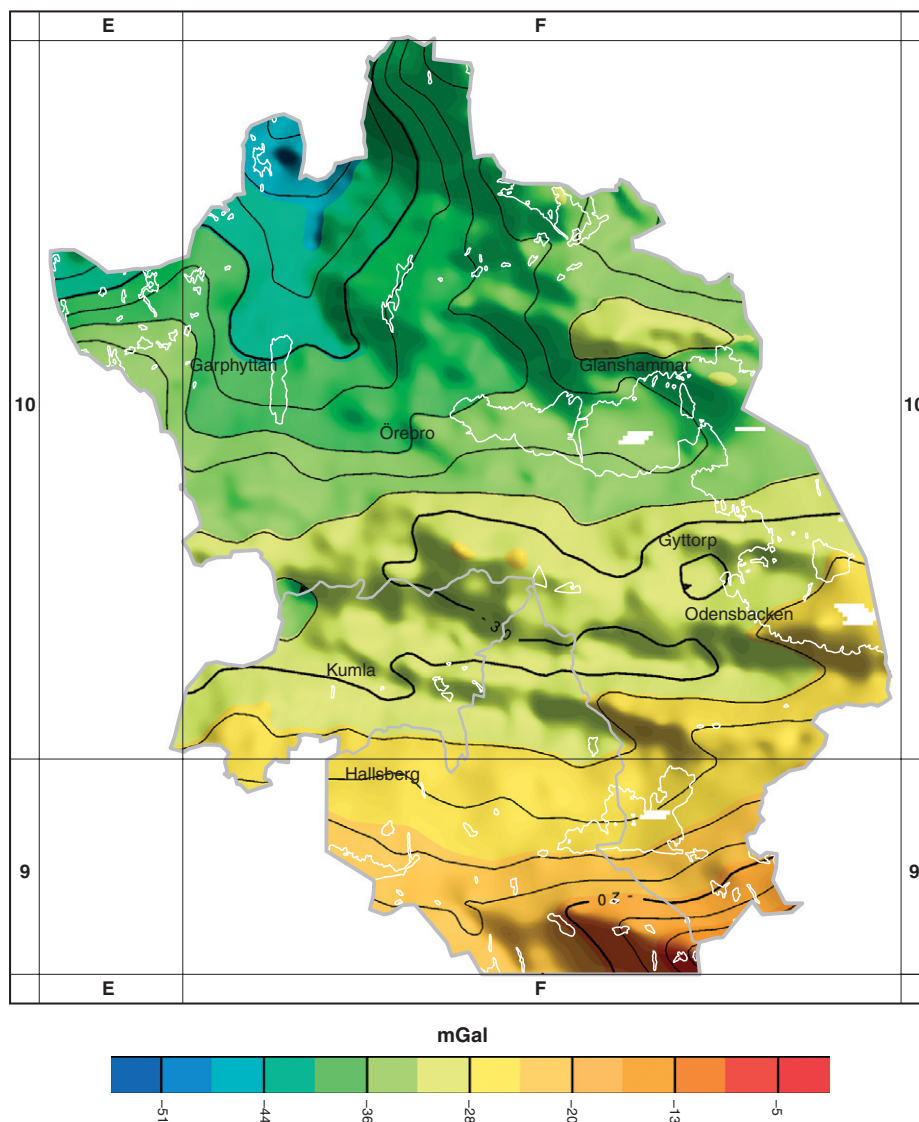


Fig. 5. Skuggad tyngdkraftsanomalikarta. Mät punktstätheten är ca 0,25 per kvadratkilometer längst i söder och 0,5–1 per kvadratkilometer i övriga områden..

Diabas

Diabasgångar med nordnordvästlig strykningsriktning förekommer också inom länet. Dessa gångar är vanligtvis tunnare, men är liksom Brevingången mycket uthålliga. De har daterats till ca 1 000–900 miljoner år och utgör en del av ett stråk av gångar som med avbrott går att följa från Blekinge till Dalarna. Figur 4b visar att också dessa nordnordvästgångar har mycket konstant orientering. Antalet gångar är mindre än i västnordvästsvärmen men de kan i stället följas över mycket längre avstånd.

ALLMÄN GEOFYSIK

Intensitetsvariationer i jordmagnetfältet, så som de är exemplifierade i figur 3, orsakas till stor del av skillnader i bergarternas magnetiska egenskaper, vilka i sin tur huvudsakligen bestäms av koncentrationen av ferri- och paramagnetiska mineral. Alla atomslag påverkas av magnetfält, men i geologiska sammanhang dominerar järnets inflytande genom det sätt på vilket det är bundet i mineralen och naturligtvis genom

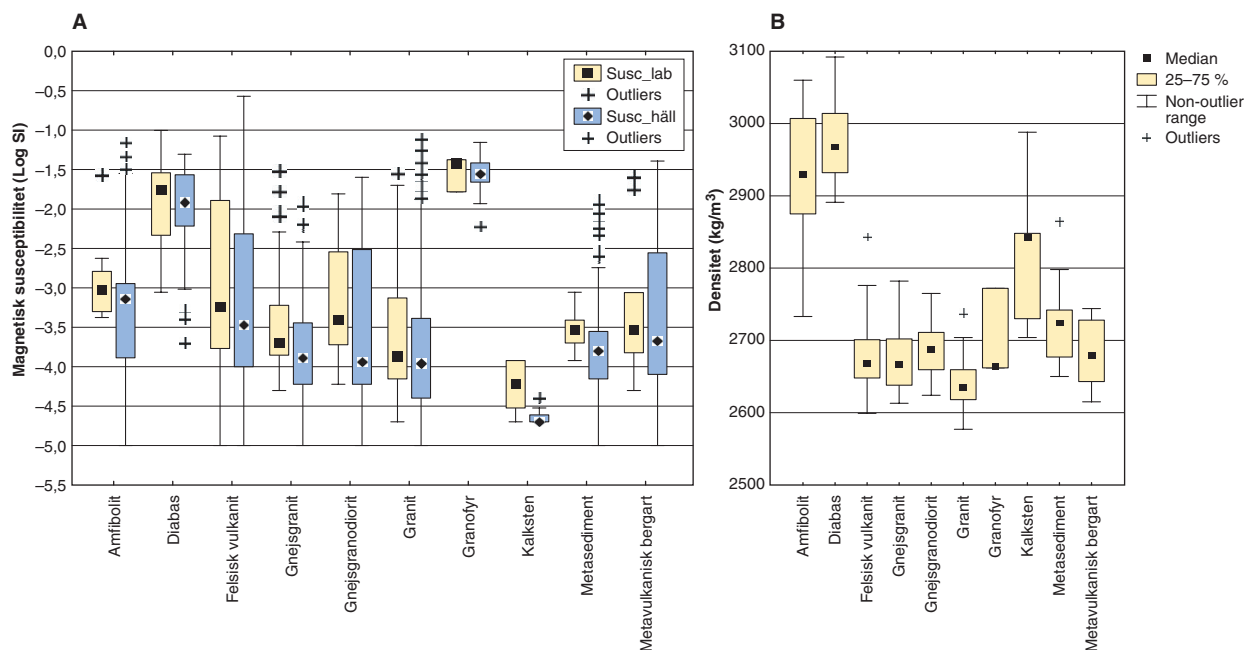


Fig. 6. **A.** Susceptibilitetsvariationer inom de dominerande bergartsgrupperna. Blå lådor är data från susceptibilitetsmätningar utförda direkt på häll. Gula lådor är data från laboratoriemätningar utförda på bergartsprover. **B.** Densitetsvariationer. Jämför med data från bergkvalitetsanalyser redovisade i tabell 2.

sin koncentration. Silikatbundet järn kan ge materialet så pass starka paramagnetiska egenskaper att kontraster i berggrunden blir tydliga, men som ferrimagnetisk magnetit kommer det att helt dominera magnetfältsbilden. Det yttre magnetfältet inducerar på grund av mineralens magnetiserbarhet (susceptibilitet) ett sekundärfält som interfererar med det yttre fältet. Ferrimagnetiska mineral kan dessutom uppvisa en mer eller mindre stark egenmagnetisering (magnetisk remanens) som också påverkar (förstärker eller försvagar) jordmagnetfältets intensitet. Kartan över magnetfältets avvikelse från normalfältet (Definitive Geomagnetic Reference Field, DGRF), den så kallade magnetfältsanomalikartan, kan ge information om bergarternas utbredning och om strukturella drag i berggrunden.

Magnetfältet inom projektområdets centrala delar motsvarande kartbladen 10F SO och SV och stora delar av NO och NV, dvs. där de stora intrusiva kropparna av mer eller mindre massformiga eller svagt förskiffrade äldre och yngre graniter breder ut sig, kännetecknas av små variationer. Susceptibiliteten är generellt låg ($<1\,000 \times 10^{-6}$ SI-enheter, fig. 6 a) och den naturliga remanensen är obetydlig (<20 mA/m). Interna magnetiska strukturer saknas och i stället framträder diabasgångarna. De ytbergartsstråk som ligger inom dessa djupbergarter kan skönjas men migmatiseringsprocesserna i berggrunden kan ha förorsakat en "magnetisk homogenisering".

De fanerozoiska bergarterna, som ligger som ett relativt tunt, horisontellt lager flackt på urberggrunden, har ringa inflytande på magnetfältet vilket gör att underlaget blir "fullt synligt".

I projektets randområden är den strukturella uppbyggnaden i ytbergarterna (vulkaniter och sedimentära bergarter) tydligare och gränserna mot de magnetiskt mer homogena djupbergarterna klart markerade. Vulkanitbergarternas magnetiska susceptibilitet, t.ex. i det ovan nämnda Käglanområdet eller omkring Klockhammar, är låg men varierar kraftigt inom gruppen (fig. 6a). Enstaka högmagnetiska band alternerar med lågmagnetiska och kan innehålla mineraliserade partier. På vissa platser kan man spåra sådana magnetiska enheter under det fanerozoiska lagret.

Med hänsyn till det magnetiska signalementet är den koncentriskt anordnade magnetiska strukturen i den nordnordostliga delen av Örebro kommun den mest iögonfallande. Den förorsakas av metamorfa basiska bergarter som har sitt utgående utanför projektområdet. Den del av den basiska kroppen som orsakar den synliga magnetiska strukturen ligger till största delen under vattnet, men förmodligen täcks

anomaliersaken också av andra omgivande, lågmagnetiska bergarter. Tyngdkraftsdata (fig. 5) visar att det är en sammanhängande kropp med nordvästlig utsträckning som enligt den äldre berggrundsgeologiska kartan (Magnusson & Gorbatshev 1972) går i dagen på ett flertal ställen. Tyvärr saknas petrofysiska data för denna bergart.

Spröttektoniska zoner och sprickor

Landskapet inom projektområdet präglas av ett antal mycket markanta förkastningszoner som utgör spektakulära inslag i naturen. Det är främst zoner med vertikala förkastningsrörelser som numera markerar gränsen mellan urberget och fanerozoiska bergarter. Det är dessa förkastningar som bidrog till att de unga sedimentbergarterna under istiden skyddades från isens abrasiva verkan. De mest framträdande utgör gränser till Närkeslätten, till exempel den förkastning som bildar Kilsbergen i nordväst och ett system av förkastningar längs södra delen av slätten (söder om Hjälmaren–Hallsberg).

De centrala delarna av projektområdet – grovt sett innanför de nämnda, stora förkastningarna och där huvudsakligen de mer eller mindre homogena, äldre djupbergarterna anstår – är till skillnad från randområdena relativt strukturlösa också vad gäller spröttektoniska zoner. Analysen av linjära element tolkade på basis av de två olika metoderna (se ovan under avsnittet ”Metodik”) har utförts på data från hela området (fig. 4a, b). Den visar på stora skillnader mellan topografiska linjära strukturer och magnetiska sådana. De första har dominerande riktningar i nordnordväst med viss spridning åt nordväst, samt i nordost, medan de magnetiska lineamenten domineras helt av en nordvästlig trend med spridning åt västnordväst. Det är anmärkningsvärt att enbart ett fåtal linjära element identifierade i båda datauppsättningarna har sammanfallande lägen. Därför har heller inget försök gjorts att på kartan särskilja sådana från övriga.

Diabaserna representerar i princip sprickzoner av äldre, pre-diabasintrusivt datum. Den västnordvästliga diabassvärmen kan i så fall sägas tillhöra en egen och mycket specifik sprickorientering (fig. 4b). Den kronologiska avsättningsföljden för de två olika svärmarna kan observeras i de fall då de korsar varandra. Flera tydliga exempel på detta visar att västnordvästdiabaserna skär nordnordvästdiabaser och således är av yngre datum. Denna bild motsägs av åldersbestämningarna på gångarna (se ovan) om Brevengången anses tillhöra västnordvästsystemet.

BERGGRUNDENS STRÅLNINGSEGENSKAPER

Den radioaktiva strålningen från berggrunden orsakas i stort sett enbart av de tre isotoperna kalium-40, uran-238 och torium-232. Inom projektområdet finns välkända strålningskällor i de fanerozoiska avlagringarna och de kommer därför inte att beaktas här. Däremot kan påpekas att material från brytningen av alunskiffern kring Kvarntorp har använts till fyllnadsmaterial vid anläggningsarbeten, t.ex. riksväg 52 söder om Odensbacken, vilket framkommer på strålningskartan (fig. 7).

Hög gammastrålning och kraftigt varierande uran-toriumförhållanden präglar de migmatitiserade ytbergarterna. Ett exempel är de migmatitomvandlade sedimentbergarterna öster om sjön Deje, vilka har en stor andel av leukosom. Uranhalter på över 90 ppm är inte ovanliga medan toriumhalterna oftast är lägre. Strålningsanomalin följer ytmässigt metasedimentbergarternas utbredning men eftersom den är knuten till leukosomen varierar den lokalt kraftigt i intensitet. Söder om Hallsberg visar strålningskartan mycket höga uran- och aktivitetsindexvärden. Vid första anblicken och med tanke på isrörelsernas riktning i området verkar denna anomali vara en fortsättning på de strålningsintensiva avlagringarna kring Kumla (fanerozoiska bergarter). Spektrometermätningar utpekar anmärkningsvärt nog äldre gnejsig granodiorit (Wikström & Karis 1991) som strålningskälla. Uran- och toriumhalterna (och förhållandet mellan dem) varierar i denna granodiorit från punkt till punkt men kan ändå anses vara ovanligt höga vid en jämförelse med genomsnittliga värden för denna bergart. Uranhalten varierar från 2 till 135 ppm och toriumhalten från 10 till 70 ppm. Vid sjön Tisarens östra utlopp observerades större radioaktiva

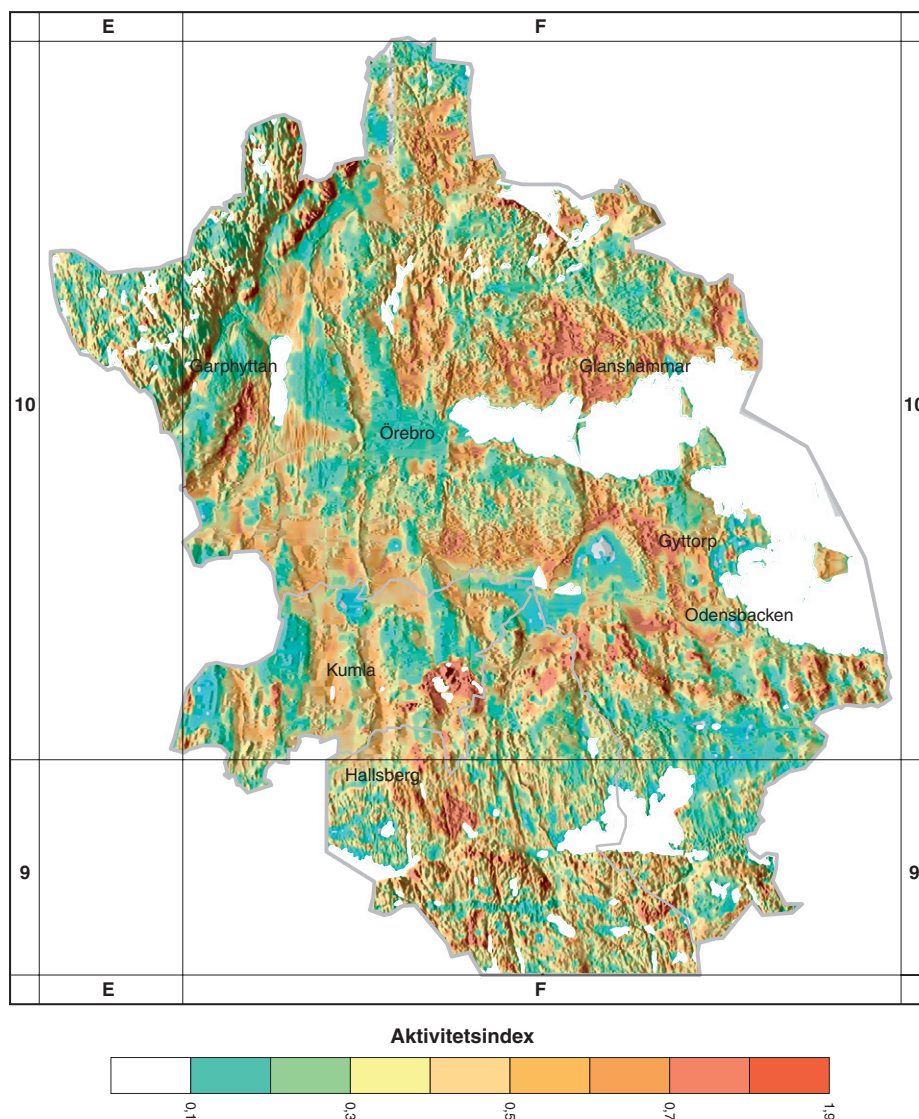


Fig. 7. Kartan visar variationerna i aktivitetsindexvärdet (flygmätta data), med höjdreliëfkartan som bakgrund.

mineralkorn i pegmatitansamlingar. En spektakulär strålningsanomali observerades i pegmatit som anstår i en järnvägsskärning norr om sjön Tisaren vid Römossen. Strålningsintensiteten uppmättes där till mellan 1 500 och 6 000 $\mu\text{R/h}$ (normalvärde för yngre granit är ca 20–40 $\mu\text{R/h}$).

Högre gammastrålningsintensitet återfinns annars norr om Hjälmaren endast i de yngre granitintrusionerna (bl.a. Fellingsbrotyp). Särskilt tydligt framträder granitoiderna som förekommer längs Kilsbergen.

Gammapstrålningsmätningar

De flygradiometriska mätningarna samt geologisk information från provtagningen för bergkvalitetsanalys har legat till grund för planeringen av gammastrålningsmätningar på berghällar. För mätningarna användes tre typer av handburna instrument: gammaspektrometrar av typerna EXPLORANIUM GR 320 och GR130 samt scintillometer av typen SCINTREX BGS-3. De två förstnämnda användes för in situ-mätningar på håll av vikthalterna för elementen kalium-40, uran-238 och torium-232. Med hjälp av dessa värden beräknades radiumindex och aktivitetsindex. Radiumindex är ett normaliserat mått på

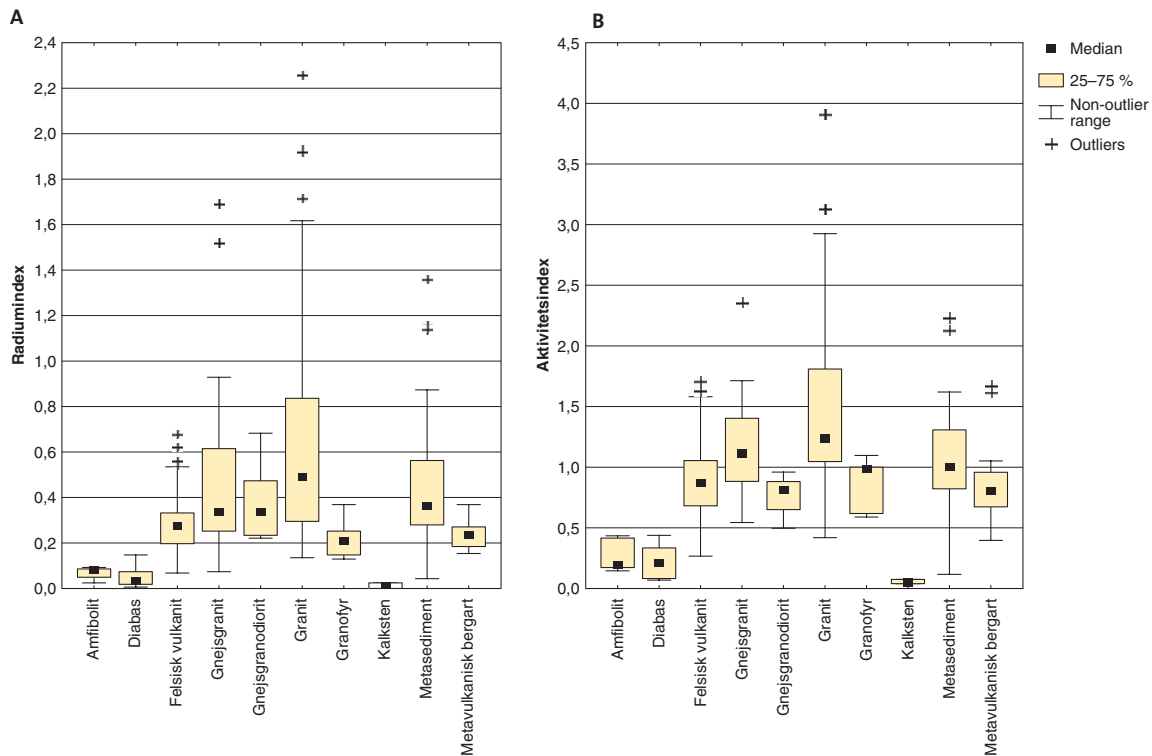


Fig. 8. **A.** Radiumindexets variation inom de dominerande bergartsgrupperna. Sammanlagt har 450 mätningar använts. **B.** Aktivitetsindexets variation. Eftersom indexvärdet kan variera mycket kraftigt inom enstaka grupper har medianvärdet använts i stället för medelvärde (liten fyrkant). Lådornas under- respektive överkant representerar 25:e respektive 75:e percentilen.

radiuminnehållet i ett material och ska för byggnadsmaterial vara mindre än 1,0 (Åkerblom m.fl. 1990, jfr BFS 1993:57). I praktiken motsvarar detta 200 Bq/kg radium-226, vilket i sin tur motsvarar en uranhalt på 16,25 ppm.

Aktivitetsindex m_γ , tidigare kallat gammaindex, är beräknat enligt en formel utarbetad av "The Radiation protection authorities in Denmark, Finland, Iceland, Norway and Sweden" (2000):

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

där C_K , C_{Ra} och C_{Th} är koncentrationen av kalium-40, radon-226 respektive torium-232, alla i enheten Bq/kg. Eftersom Ra i de mätmetoder som används här har räknats om till uran-ekvivalenter byts C_{Ra} mot C_U .

I ovanstående formel beräknas C_K , C_U och C_{Th} enligt följande:

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

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

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

Av de tekniska proverna är det fem som har ett radiumindex större än 1. Alla tillhör kategorin felsiska bergarter och då specifikt migmatitiska graniter eller ytbergarter (tab. 2 och fig. 8 a).

Lika många, men inte genomgående samma prover, uppvisar aktivitetsindex lika med eller mycket nära värdet 2 (fig. 8 b). Generellt kan man konstatera att, med undantag för de extremområden som beskrevs ovan, strålningsintensiteterna i områdets huvudbergarter håller sig under påbudna gränsvärden. Bergkvalitetskartan visar utbredningen av områden med aktivitetsindex >2. Dessa områden har tolkats

utifrån flygmätta gammastrålningsdata som följts upp med markmätningar. De bör ses som riskområden eftersom erfarenheten visar att strålningsförhållanden varierar kraftigt över korta avstånd.

TEKNISKA ANALYSER

Bergartsmaterialet har vanligen tagits på platser där tillräckligt med sprängsten eller friska blottningar funnits. Provtagningen har skett med slägga och spett. Omkring 70 kg bergmaterial har tagits vid varje lokal för kulkvarns-, Los Angeles-, micro-Deval- och alkalisilikareaktivitetstester. Medelvärden för de olika bergartsenheterna redovisas i tabell 1. Vid provtagningen strävar man efter att täcka in samtliga bergartstyper i området, men lokalerna är även valda efter var det har varit praktiskt möjligt att provta. Vid varje lokal har stor vikt lagts vid att provmaterialet ska vara representativt för området. Totalt har 95 prover tagits från 93 lokaler. Gammastrålningsmätning har skett vid de flesta av dessa lokaler.

Kulkvarnsanalys

Kulkvarnsvärdet är ett mått på bergarternas nötningsmotstånd (dubbdäcksslitage). Analyserna har utförts vid MRM AB i Luleå enligt FAS Metod 259-02. Krossning har utförts i en rotationskross med 30 mm utloppsspalt och i en laboratoriekäftkross med en utloppsspalt inställd på 16 mm. Grovsiktning har skett i en maskinskak och finsiktning i en skakapparat enligt FAS-metod 221-02. Analyserad fraktion är 11,2–16 mm. Harpsiktning har skett med spaltvidden 6,3 mm för att avlägsna de flisigaste kornen och erhålla ett flisighetstal (jfr FAS-metod 209-98) som motsvarar storproduktionsdrift, då materialet nöts under längre tid. Analys har delvis gjorts på enkelprover och delvis på dubbelprover. Kulkvarnsvärdena (A_N) presenteras i tabell 2. De bästa (lägsta) värdena kommer från felsiska metavulkaniter vilka har ett medelvärde på 10,6 och ett lägsta värde på 6,1. Äldre och yngre fint medelkorniga till medelkorniga graniter har likartade medelvärden, 11,4 respektive 11,1. Största spridningen har ytbergarterna, mellan 9,6 och 24,2, vilket kan förklaras med att i dessa bergartssekvenser växlar det mellan vulkaniskt och sedimentärt material. Sämst värde har marmor (urkalkstenen) med 30,3.

Los Angelesanalys

Los Angeles-talet (LA-talet) är ett mått på bergets motstånd mot fragmentering (sprödhet). Analyserna har utförts vid MRM AB i Luleå enligt SS-EN 1097-2 (Svensk standard 1997b). Krossning och siktning har skett på samma sätt som för kulkvarnsanalyserna. Detta har gett ett flisighetstal för samtliga bergartsmaterial på 1,30–1,40, vilket gör analysresultaten jämförbara. LA-talet har därefter bestämts på enkelprov med storleksfraktionen 10–14 mm. Resultaten presenteras i tabell 1 och 2. De lägsta (bästa) värdena erhöles från prover på vulkaniter och ytbergarter. Högst (sämst) LA-tal ger yngre, porfyriska graniter, äldre granitoider samt marmor.

Micro-Devalanalys

Micro-Devalvärde är ett mått på bergets nötningsmotstånd. Analyserna har utförts vid MRM AB i Luleå. Krossning och siktning har skett på samma sätt som för kulkvarnsanalyserna. Detta har givit ett flisighetstal (samtliga bergartsmaterial) på 1,30–1,40, vilket gör analysresultaten jämförbara. Micro-Devalvärdet har därefter bestämts på enkelprover med storleksfraktionen 10–14 mm enligt SS-EN 1097-1 (Svensk standard 1997a). Provningsen har gjorts med tillsats av vatten. Tjugo prov från projektområdet har analyserats med denna metod. De lägsta (bästa) värdena kommer från metavulkaniter och graniter, både äldre och yngre (7–7,4 %). De högsta (sämsta) värdena kommer från en amfibolit, 21,0 %, och från marmor (urkalkstenen) 23,0 %. Mikro-Devalvärdena korrelerar väl med kulkvarnsvärdena. Resultaten redovisas i tabell 1 och 2.

Tabell 2. Tekniska analysvärden och användbarhetsklassificering av prover från Örebro, Kumla och Hallsbergs kommuner för betong (B), jämväg (J) och väg (V). A_N = kulkvarnsvärde, LA - tal = Los Angelesstal, mD = micro Deval, Ra = radiumindex, Ga = aktivitetstetsindex, ASR = alkaliskareaktivitet, spm = sprickor per meter.

ID-nr SGU	Bergart	N-S	Ö-V	g/cm ²	A _N %	LA %	mD	Ra	Ga	ASR	spm	B	J	V
GRS040060A	Felskyltbergart	6580996	1479153	2,7	13,8	20		0,4	1,2	II		2,0	1,0	2,0
GRS030031A	Felskyltbergart	6537671	1473107	2,71	19	17,5		0,2	0,9	I		1,5	2,0	3,0
GRS030033A	Felskyltbergart	6554299	1483020	2,69	15,9	19,2		0,1	0,6	I	2	1,0	2,0	2,0
MAL040065A	Felskyltbergart	6552913	1488526	2,73	24,2	23,7	16,2	0,2	0,6	II		2,0	1,5	3,0
GRS040059A	Felskyltbergart	6583541	1470936	2,65	18,1	32,1		0,3	0,9	I		1,0	1,0	3,0
GRS030035A	Felskyltbergart	6552530	1492895	2,71	20,7	16,5		0,3	0,7	I		1,0	1,0	3,0
GRS030022A	Felskyltbergart	6584778	1467505	2,7	10,9	16,1	7	0,3	0,8	I	4	1,0	1,0	2,0
GRS030015A	Felskyltbergart, migmatitiserad	6567900	1477252	2,65	9,6	22,4		0,2	0,9	III	2	3,0	2,0	1,0
GRS040064A	Felskyltbergart, migmatitiserad	6539182	1473610	2,71	12,7	18,9		0,3	0,9	I		1,5	2,0	2,0
GRS040073A	Felskyltbergart, migmatitiserad	6584623	1461221	2,72	10,9	20,8		0,2	0,8	II		2,0	2,0	2,0
MAL030038A	Felskyltbergart, migmatitiserad	6539590	1480095	2,71	14,7	16,1		0,5	1,1	II	1	2,0	2,0	2,0
MAL040031A	Felskyltbergart, migmatitiserad	6569208	1459394	2,64	10,2	20,1		2,2	2,0	I	1	2,0	1,0	2,0
GRS030019A	Felskyltbergart, migmatitiserad	6568314	1460896	2,68	13,5	20	8	1,1	1,3	I	3	2,0	1,0	2,0
GRS030032A	Felskyltbergart, migmatitiserad	6555159	1479052	2,69	14,4	14,4		0,2	1,0	I		1,0	1,0	2,0
MAL040062A	Intermediär ytbergart	6577894	1469104	2,76	11,7	12		0,4	1,0	II		2,0	1,0	2,0
MAL040072A	Intermediär ytbergart	6578875	1477398	2,8	17,6	12,6		0,3	0,9	II		2,0	1,5	2,0
MAL040088A	Intermediär ytbergart, migmatitiserad	6540160	1464830	2,74	14	16,8		0,1	0,4	I		1,0	1,0	2,0
GRS030018A	Felsisk vulkanit, dacit, röd, rödgrå	6582940	1478717	2,73	6,1	10,7		0,2	0,4	III		3,0	2,0	1,0
GRS030023A	Felsisk vulkanit, dacit, röd, rödgrå	6579874	1486367	2,73	14	18,1	10	0,2	0,8	I	3	1,0	1,0	2,0
GRS030009A	Felsisk vulkanit, dacit, grå	6583951	1475685	2,72	15,5	24,5		0,3	0,6	III		3,0	2,0	2,0
GRS040074A	Felsisk vulkanit, grå, rödgrå	6555058	1494289	2,69	11,8	21,1	8,6	0,6	1,1	I		1,0	1,0	2,0
MAL030040A	Felsisk vulkanit, grå, rödgrå	6552100	1456770	2,69	9,2	18		0,5	0,9	II		2,0	2,0	1,0
GRS040066A	Felsisk vulkanit, grå, rödgrå	6535549	1475947	2,67	14	28,8		0,2	0,8	I		1,0	1,5	2,5
MAL030004A	Felsisk vulkanit, grå, rödgrå	6586650	1481570	2,67	11,5	17,1	9	0,3	1,0	I		2,0	2,0	2,0
MAL030012A	Felsisk vulkanit, grå, rödgrå	6583147	1468948	2,65	9,7	18		0,2	0,8	I		1,0	1,0	1,0
MAL030042A	Felsisk vulkanit, grå, rödgrå	6565120	1471870	2,64	10	20		0,4	0,8	I		1,0	2,0	2,0
MAL040071A	Felsisk vulkanit, grå, rödgrå	6580296	1484907	2,65	7,5	17,2	4,9	0,3	0,8	II		2,0	1,5	1,0
MAL040086A	Felsisk vulkanit, grå, rödgrå	6564488	1467949	2,68	9,5	18,1		0,4	0,9	I		1,0	2,0	1,0
MAL040087A	Felsisk vulkanit, grå, rödgrå	6543650	1462960	2,67	8	17,3	5,1	0,2	0,9	I		1,0	1,0	1,0
GRS030007A	Felsisk vulkanit, migmatitisk, röd, rödgrå	6590199	1466448	2,61	10,1	21,8		0,2	0,8	I	1	1,0	2,0	2,0
GRS030001A	Felsisk vulkanit, migmatitisk, röd, rödgrå	6578778	1449402	2,64	11,1	19,8	6	0,2	1,0	I		1,0	1,5	2,0
GRS030012A	Felsisk vulkanit, migmatitisk, röd, rödgrå	6584717	1483500	2,64	8,3	14		0,2	0,9	III		3,0	1,0	1,0
GRS030005A	Felsisk vulkanit, migmatitisk, röd, rödgrå	6589695	1456275	2,66	9	17,2		0,3	1,0	III		3,0	1,5	1,0
GRS030047A	Felsisk vulkanit, migmatitisk, röd, rödgrå	6541205	1473565	2,68	12,3	19,9		0,2	0,7	I	1	1,0	2,0	2,0
GRS030003A	Felsisk vulkanit, glimmerrik, rödgrå	6583185	1472643	2,74	19,2	20,4		0,2	0,8	I		1,5	2,5	3,0
GRS030024A	Felsisk vulkanit, röd, rödgrå	6574835	1449283	2,68	13,9	16,5		0,8	1,4	I	10	1,0	2,0	2,0
GRS030013A	Felsisk vulkanit, röd, rödgrå	6577260	1471758	2,64	12,2	20,9		0,7	1,2	I	2	1,0	1,0	2,0

ID-nr SGU	Bergart	N-S	Ö-V	g/cm²	A _n %	LA %	mD	Ra	Ga	ASR	spm	B	J	V
GRS030027A	Felsisk vulkanit, röd, rödgrå	6583139	1452418	2,62	8,5	21,5		0,2	1,0	I		1,0	1,0	1,0
GRS030029A	Felsisk vulkanit, röd, rödgrå	6539990	1472300	2,66	7,4	17,6		0,3	1,0	I	3	1,0	1,5	1,0
GRS030041A	Felsisk vulkanit, röd, rödgrå	6545342	1460258	2,7	9,9	17,5		0,3	0,9	I	3	1,5	1,0	1,0
GRS030017A	Felsisk vulkanit, rödgrå	6583939	1479246	2,64	6,7	13,6		0,3	0,9	III	2	3,0	1,0	1,0
GRS040080A	Granit, folierad, grå	6550138	1476700	2,62	9,8	21,8		0,3	0,9	I		1,0	1,0	1,0
GRS040062A	Granit, migmatitisk, rödgrå	6546648	1463133	2,62	11,5	24,7		0,3	0,9	I		1,0	2,0	2,0
GRS040075A	Granit, migmatitisk, rödgrå	6555555	1498372	2,69	15,4	24,7	9,4	0,6	1,1	I		1,0	1,0	2,0
GRS030030A	Granit, porfyrisk folierad	6545282	1477318	2,67	13,5	24		0,3	1,1	I	1	1,0	2,0	2,0
MAL030030A	Granit, svagt porfyrisk	6549680	1483310	2,69	10,9	18,3		0,3	0,9	I		1,0	2,0	2,0
GRS030014A	Granit, ådergnejsig, bandad	6570250	1477807	2,63	10,6	21,4		0,7	1,5	I	4	1,5	1,0	2,0
GRS040071A	Granit, ådergnejsig, bandad	6540910	1474875	2,68	9,2	23,7		0,2	0,8	I		1,0	1,5	1,0
GRS040070A	Granit, ådergnejsig, bandad, porfyrisk	6548300	1464215	2,64	8,2	18,9	5,5	0,3	1,0	III		3,0	2,0	1,0
GRS030040A	Granitoid, folierad	6547744	1490109	2,69	18,7	27		0,3	0,9	I	<1	1,5	2,0	3,0
GRS030002A	Granitoid, fsp-porfyrisk grå	6597345	1465995	2,72	14,2	20,4		0,1	0,6	I		1,5	2,0	2,0
GRS030008A	Granitoid, fsp-porfyrisk grå	6582016	1486269	2,65	14,2	27,1		0,3	1,1	I		1,5	2,0	2,5
GRS030010A	Granitoid, fsp-porfyrisk grå	6587570	1474955	2,63	14,3	24		0,6	1,3	I		1,0	2,0	2,0
GRS030006A	Granitoid, gnejsig, grå	6584938	1462975	2,71	19,3	25,4		0,1	0,7	I		1,5	2,0	3,0
GRS030038A	Granitoid, gnejsig, grå	6538971	1486265	2,68	18,9	30,9		0,5	1,2	I		1,5	3,0	3,0
GRS040072A	Granitoid, gnejsig, grå	6580453	1461371	2,67	10,7	21,9		0,7	1,3	II		2,0	2,0	2,0
MAL030032A	Granitoid, ådergnejsig	6535840	1472780	2,68	15,9	24,5		0,2	1,9	I		1,0	1,0	2,0
MAL030036A	Granitoid, ådergnejsig	6541210	1480840	2,64	13,8	27,9		0,2	1,2	III		3,0	2,0	2,5
MAL030043A	Granitoid, ådergnejsig	6547683	1469426	2,64	11,7	24,6	<1	0,3	1,2	I		1,0	1,0	2,0
MAL040078A	Granitoid, ådergnejsig	6535162	1481249	2,67	10,5	23,9		0,3	1,0	I		1,5	2,0	2,0
MAL040090A	Granitoid, ådergnejsig	6538375	1468592	2,69	14,1	26,7		0,3	0,9	I		1,0	1,5	2,5
GRS030028A	Granitoid, ådergnejsig, bandad	6542708	1471822	2,66	15,1	28,4		1,0	1,6	I	1	1,5	1,0	2,5
GRS030034A	Granitoid, ådergnejsig, bandad	6555338	1484382	2,63	10,3	21,7		0,8	1,6	I	1	1,0	1,0	2,0
GRS030036A	Granitoid, ådergnejsig, bandad	6549035	1464000	2,68	10,5	18,3		0,4	0,8	II	2	2,0	1,0	2,0
GRS030042A	Granitoid, ådergnejsig, bandad	6544444	1469964	2,68	11,3	19,9		0,1	0,7	I	1	2,0	2,0	2,0
GRS030043A	Granitoid, ådergnejsig, bandad	6548233	1472576	2,66	16,1	26,9		0,4	1,4	I		1,0	1,0	2,5
GRS030037A	Granitoid, ådergnejsig, bandad, porfyrisk	6542700	1487071	2,73	22,4	26,3		0,1	0,8	I	1	1,5	2,0	3,0
GRS030011A	Amfibolit	6581926	1482193	3,03	20,4	13,2		0,1	0,2	I		1,5	1,0	3,0
GRS040058A	Amfibolit	6580541	1472772	2,82	20	15,5		0,1	0,3	I		1,0	1,0	3,0
GRS030044A	Amfibolit	6551422	1469315	2,86	16,2	14,2		0,2	1,0	I		1,5	1,0	2,0
GRS030023B	Amfibolit	6579874	1486367	3,02	23,5	18,6	21	0,0	0,1	I		1,5	1,0	3,0
GRS030026A	Amfibolit/Gabbro	6589410	1480951	3,05	16,3	14,7		0,0	0,1	I		1,0	1,0	2,0
MAL030045A	Granit, grå	6569375	1461152	2,66	9,7	21,2		0,3	0,6	I		1,5	2,0	1,0
MAL040080A	Granit, grå	6593320	1469245	2,68	13,3	22,2		1,1	1,9	I		2,0	1,0	2,0
GRS030021B	Granit, jämnkornig, grå	6579821	1460294	2,62	8,6	17,3	5	0,4	1,8	III		3,0	1,0	1,0
GRS030039A	Granit, migmatitisk, rödgrå	6554791	1498872	2,62	9,5	22,2		0,5	1,2	I	<1	1,0	1,0	1,0

ID-nr SGU	Bergart	N-S	Ö-V	g/cm²	A _n %	LA %	mD	Ra	Ga	ASR	spm	B	J	V
GRS030020A	Granit, migmatitisk, rödgrå	6567907	1466710	2,73	13,6	20,5	9	0,1	0,6	I		1,5	2,0	2,0
GRS030025A	Granit, migmatitisk, rödgrå	6590712	1461579	2,62	9,1	21,1		1,1	2,0	I	2	2,0	1,0	1,0
GRS040057A	Granit, migmatitisk, rödgrå	6576500	1469286	2,65	11,2	22,3		0,7	1,5	I		1,0	2,0	2,0
GRS040061A	Granit, migmatitisk, rödgrå	6564901	1456194	2,65	11,7	23,4	9,3	0,7	1,7	II		2,0	1,0	2,0
GRS040087A	Granit, migmatitisk, rödgrå	6559059	1462684	2,66	15,4	22,9		0,6	1,5	I		1,0	1,0	2,0
GRS040120A	Granit, migmatitisk, rödgrå	6583551	1444744	2,62	9,4	23,5		1,1	1,8	I		2,0	1,0	1,0
MAL040039A	Granit, migmatitisk, rödgrå	6577048	1447265	2,75	17,7	28,7	13,5	0,3	1,4	I		1,0	1,0	2,5
MAL040059A	Granit, migmatitisk, rödgrå	6586882	1458284	2,64	13,2	25		0,3	1,6	I		1,0	2,0	2,0
MAL040067A	Granit, migmatitisk, rödgrå	6554708	1497784	2,62	9,6	24,3		0,9	1,9	I		1,0	1,0	1,0
MAL040073A	Granit, migmatitisk, rödgrå	6566103	1467074	2,64	8,2	18,5		0,3	0,9	II		2,0	1,5	1,0
MAL040004A	Granit, migmatitisk, rödgrå	6569890	1457943	2,63	10,8	26,5		0,7	1,4	I		1,0	1,0	2,0
MAL030001A	Granit, porfyrisk	6573526	1467228	2,69	18,8	29,5		0,3	1,2	I	<1	1,0	1,0	3,0
GRS030021A	Granit, porfyrisk	6579821	1460294	2,62	13,6	28,4	7	0,5	1,6	I		1,0	1,0	2,5
MAL030015A	Granit, porfyrisk	6593579	1456825	2,65	21,9	33,9		0,3	1,3	I	<1	2,0	2,0	3,0
MAL040083A	Ytbergart, pinitomvandlad	6587338	1480561	2,87	20,1	18,4	14,9	0,2	0,4	II		2,0	2,0	3,0
MAL030044A	Diabas/Breven	6539756	1472654	2,97	12,9	13,7	11	0,0	0,1	I	2	1,0	1,0	2,0
GRS030045A	Granofyr	6539488	1478373	2,74	11,8	20,2		0,1	0,6	I	<1	1,0	1,0	2,0
MAL040054A	Marmor	6581087	1473031	2,86	30,3	28,1	23	0,0	0,1	I		1,0	1,5	3,0

Analys av alkalisilikareaktivitet

Analys av alkalisilikareaktivitet (ASR) har utförts vid Cement och Betong Institutet (CBI). ASR betyder att alkalimetaller i cementen förenas med reaktiv kvarts i stenmaterialet till en alkalisk gel. Den senare kan i vissa fall expandera och därmed innebära risk för att betongen spricker. För proverna som är analyserade vid Cement och Betong Institutet har risken för ASR bedömts enligt RILEM (TC 191-ARP), klass 1 = mycket osannolikt alkalireaktiv, klass 2 = osäker eller potentiell risk och klass 3 = mycket sannolikt reaktiv inom en rimlig livslängd (ca 75 år) för en fuktbelastad utomhuskonstruktion. Prover som har fått en tvåa eller trea bör vidare analyseras innan materialet används till betong. Resultaten redovisas i tabell 2. Av de provtagna bergarterna har tolv prover uppvisat osäker eller potentiell ASR-risk, medan nio har en mycket sannolik ASR-risk.

ÖVRIGA ANALYSER

Petrografisk analys

Bergartsprovernas sammansättning och de ingående mineralens mängdförhållanden har bestämts genom mikroskopi, punkträkning på tunnslip, ca 500 punkter på en ca 25 × 20 mm stor yta. Resultaten ges i tabell 3. Speciellt kvarts- och glimmerinnehåll är av betydelse för bergarters tekniska egenskaper. Information om kornstorlek och textur redovisas i tabell 3. Om andelen sulfidmineral är >0,3 % bör bergarten analyseras kemiskt för att bestämma totalhalten av svavel innan den används till betong. Normalt korrelerar svavelhalten i en bergart med mängden sulfidmineral. Sulfider som kommer i kontakt med vatten och syre vid t.ex. uppkrossning kan oxidera, varvid pH-värdet i vattnet sänks. Vid oxidationen kan även metaller frigöras och gå i lösning i lakvattnet. Lakvatten med lågt pH och höga metallkoncentrationer kan orsaka skador på miljön. Prover med hög andel opaka mineral bör undersökas med reflektionsmikroskopi så att andelen sulfidmineral kan bestämmas. Tre prover uppvisar halter över 0,3 %, en metavulkanit (GRS030041A) och två graniter (GRS030014A och GRS030020A).

Sprickanalys

Sprickmätningar har utförts på provtagna platser i undersökningsområdet. Sprickornas orientering (strykning och stupning) har mätts och plottats i stereogram som poler till sprickplanen. En indelning i fyra sprickområden (A, B, C och D) har gjorts med hjälp av berggrundskartorna över området (fig. 9). Sprickor i alla riktningar förekommer. Flacka sprickor tenderar att bli underrepresenterade på grund av att hällytorna oftast är flacka.

Efter konturering av polerna utfaller dominanta sprickriktningar som jämförts med de storskaliga tektoniska strukturerna i respektive område. Tolkningen av resultatet är delvis subjektiv. De dominanta sprickriktningarna i området A och B är nordnordväst (210°) och ost-väst (270°), vilka sammanfaller bra med de storskaliga strukturerna i områdena (jfr fig. 4). Sprickorna i områdena C och D är mer diffusa med främst nordnordvästliga till nordliga sprickor och en ost-västlig riktning. Sprickorna i samtliga områden är relativt branta och stupar mellan 70° och 90°.

Bergarts kemi

Samliga prov har analyserats på huvudelement, spårelement och sällsynta jordartsmetaller vid det kanadensiska företaget Acme Analytical Laboratories (Vancouver). Analysresultaten har använts för att bergartsbestämma finkorniga bergarter och för att komplettera spektermätningarna. Figur 10 visar att det inte föreligger någon korrelation mellan kulkvarnsvärde och kiselhalt (SiO₂).

Tabell 3. Mineralfördelningen (volymprocent) och kornstorleken hos bergarter från Örebro, Kumla och Hallsbergs kommuner. Kva = kvarts, K-fsp = kalifältspat, Plag = plagioklas, Amf = amfibol, Bio = biotit, Mus = muskovit, Klo = klorit, Epi = epidot, Zir = zirkon, Opa = opaka mineral, Ser = sericit, Gra = granat.

ID-nr SGU	Bergart	Kornstorlek	Kva	K-fsp	Plag	Amf	Bio	Mus	Klo	Epi	Kal	Ap	Zir	Opa	Ser	Gra	Övrigt
GRS040060A	Felsklytbergart	finkornig	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	
GRS030031A	Felsklytbergart	fin medelkornig	30,4	13,8	35,2		18,8	x	x	0,2		x	x	1,8	x		
GRS030033A	Felsklytbergart	finkornig	69,4	7,8	1,4		7	14,4									x
GRS030035A	Felsklytbergart	finkornig	x	x	x		x	x	x			x	x	x	x		x
GRS030022A	Felsklytbergart	finkornig	34,2	15,6	29,6		0,6	1	8,8	10,2		x	x	x	x	x	
GRS030015A	Felsklytbergart, migmatiserad	fin medelkornig	30	27,4	13,4		23,2	0,4	4,2		x		x	x		1,4	
GRS040064A	Felsklytbergart, migmatiserad	finkornig	27,2	22,8	24,4		23	1,8		x		x		1,6	x		
GRS040073A	Felsklytbergart, migmatiserad	fin medelkornig	40,8	1	46,8		8	0,2	3	x				0,2			x
MAL030038A	Felsklytbergart, migmatiserad	fin medelkornig	50,4	1	26,4		x	14	6,2	0,8	x	x	x	x	x		1
MAL040031A	Felsklytbergart, migmatiserad	fin medelkornig	31,6	25,2	28		6	1,6	x	x		x		x	7,6		
GRS030019A	Felsklytbergart, migmatiserad	fin medelkornig	30	29,6	31,4		6,4	0,2	2,4		x		x	x	x		
MAL040088A	Intermediärytbergart, migmatiserad	finkornig	23,6		41,4		34,6						x	0,4			
GRS030018A	Felsklytbergart, dactit, röd, rödgrå	finkornig	38,2	0,2	46,6		2,4		10,6	1,4		x		0,6	x		
GRS030023A	Felsklytbergart, dactit, röd, rödgrå	finkornig	34	2	50		10	x				1		3			
GRS030009A	Felsklytbergart, dactit, grå	finkornig	40,8	6,4	36,2		12,6							4			
GRS040074A	Felsklytbergart, grå, rödgrå	fin medelkornig	31,2	12,2	41,6		14,8		0,2	x				x	x		
MAL030040A	Felsklytbergart, grå, rödgrå	fin medelkornig	34	5,8	44,2		9,8	0,4	2,2	1		0,2	x	2,4	x		
MAL030004A	Felsklytbergart, grå, rödgrå	finkornig	40	15	30		7	8	x				x				
MAL030042A	Felsklytbergart, grå, rödgrå	finkornig	41,8	13,6	37,4		5,2		0,8		0,8			0,4	x		
MAL040086A	Felsklytbergart, grå, rödgrå	fin medelkornig	39,2	28,8	28,8		0,4	0,2	2,4	x	x			0,2	x		
MAL040087A	Felsklytbergart, grå, rödgrå	finkornig	24,2	32,8	0,8		11,6			x				0,6	x		
GRS030007A	Felsklytbergart, migmatitisk, röd, rödgrå	finkornig	43,8	14	36,8		0,65	0,2	4,2		0,4						
GRS030001A	Felsklytbergart, migmatitisk, röd, rödgrå	finkornig	37,8	29	22,2		8,8		0,8		0,8			0,6	x		
GRS030012A	Felsklytbergart, migmatitisk, röd, rödgrå	finkornig	31,5	6,6	54		x	2,2	5,8					x			
GRS030005A	Felsklytbergart, migmatitisk, röd, rödgrå	fin medelkornig	35,8	23,8	30,8			3,4	0,2	6				x	x		
GRS030047A	Felsklytbergart, migmatitisk, röd, rödgrå	medelkornig	37,5	16,6	28,4		16,8	x	x	x			x	0,4	x		0,6
GRS030003A	Felsklytbergart, glimmerrik, rödgrå	finkornig	51,4	3,4	14		19,2	10,2	x			x	x	1,2	x		
GRS030024A	Felsklytbergart, röd, rödgrå	finkornig	37	34,8	15,6		12,4	0,2		x					x		
GRS030013A	Felsklytbergart, röd, rödgrå	fin medelkornig	31,4	29,6	35		1,6	2,2			x		x				
GRS030027A	Felsklytbergart, röd, rödgrå	finkornig	32,6	44,4	16,4		5,2	x	x							0,8	
GRS030029A	Felsklytbergart, röd, rödgrå	fin medelkornig	36,8	16,6	43		1,4	x	x		1,8		x	0,4			x
GRS030041A	Felsklytbergart, röd, rödgrå	finkornig	31,6	30,2	26,8		6,8	0,4	x	0,4			x	3,8			
GRS040062A	Granit, migmatitisk, rödgrå	fin medelkornig	42,4	30,8	18,2		7	0,6	1	x			x		x		
GRS040075A	Granit, migmatitisk, rödgrå	fin medelkornig	32,8	17,8	39,2		8,6	1,4	0,2				x				
GRS030030A	Granit, porfyrisk folierad	fin medelkornig	38	24	28,8		8		0,6	0,4		0,2	x	x	x		
MAL030030A	Granit, svagt porfyrisk	fin medelkornig	36,2	18,2	32,2		10,8	0,4	1,2			x	x	x			
GRS030014A	Granit, ådergnejsig, bandad	fin medelkornig	37,2	30,4	25			4,2		x				3,2			x

ID-nr SGU	Bergart	Kornstorlek	Kva	K-fsp	Plag	Amf	Bio	Mus	Klo	Epi	Kal	Ap	Zir	Opa	Ser	Gra	Övrigt
GRS040071A	Granit, ådergnejsig, bandad	finkornig	35,2	21	33,8		8,4		0,2	0,4		x	x	1	x		x
GRS040070A	Granit, ådergnejsig, bandad, porfyrisk	finkornig	37,6	23	27,8		x		9,6	2			x		x		
GRS030040A	Granitoid, folierad	finnt medelkornig	28	18,2	35,2		13,8	4	x			0,4	x	0,4			
GRS030002A	Granitoid, fsp-porfyrisk grå	finnt medelkornig	38,6	5,6	37,6		12,8		x		0,2			0,6	x		
GRS030008A	Granitoid, fsp-porfyrisk grå	finnt medelkornig	39	30	24,2		5	x		x	0,6			1,2			
GRS030010A	Granitoid, fsp-porfyrisk grå	medelkornig	40,8	14,6	40,8		2,6	1	0,2								
GRS030006A	Granitoid, gnejsig, grå	medelkornig	15	39,6	29		16,4					x	x				
GRS030038A	Granitoid, gnejsig, grå	finnt medelkornig	39,6	6,2	27,2		20,8	5,8	x				x	0,4			
GRS040072A	Granitoid, gnejsig, grå	finnt medelkornig	44,2	21,4	28,8		2		x	0,2				0,2	3,2		
MAL030032A	Granitoid, ådergnejsig	finnt medelkornig	33,8	23	35,4		7,4	x	x			x		0,4	x		
MAL030036A	Granitoid, ådergnejsig	finnt medelkornig	38,2	26,6	26,2		7	0,2		0,4			0,2	0,8	x		0,4
MAL030043A	Granitoid, ådergnejsig	finnt medelkornig	33,4	21	34,4		8,4	0,6	1,2	1	x	x	x	x	x		
MAL040078A	Granitoid, ådergnejsig	finnt medelkornig	48,4	10,4	31,8		7,2	0,2		x		x		2	x		
GRS030028A	Granitoid, ådergnejsig, bandad	finnt medelkornig	23,6	27,2	35,8		x						13,4				
GRS030034A	Granitoid, ådergnejsig, bandad	finnt medelkornig	26	30	35,4		8,6	x	x						x		
GRS030036A	Granitoid, ådergnejsig, bandad	finkornig	32	4,6	45,2		12,6	2,2	0,4	x		0,6		2,4			
GRS030042A	Granitoid, ådergnejsig, bandad	medelkornig	23	15,8	40,5		0,6	0,2	11,2	2,8		0,6		1,4	x		0,8
GRS030037A	Granitoid, ådergnejsig, bandad, porfyrisk	medelkornig	36,2	3,8	39	x	19,8	0,2				1	x	x			
GRS030011A	Amfibolit	finkornig	12,2	0,2	31,2	46,6	5		1,8			0,8		2	x		
GRS030023B	Amfibolit	finkornig	12,2	27	58		x		0,8	0,2		0,2		1,6	x		
GRS030026A	Amfibolit/Gabbro	finkornig	5	30	65							x	x	x	x		
MAL030045A	Granit, grå	finkornig	25,6	17,6	36,2		19	0,8	0,6	x		0,2	x			x	
MAL040080A	Granit, grå	finnt medelkornig	27,6	31,2	34,2		5,2	1,8		x							
GRS030021B	Granit, jämnkornig, grå	finkornig	28	31,4	32,6		3	1,4	3,2		x	x	x	0,4	x		
GRS030039A	Granit, migmatitsk, rödgrå	grovkornig	24,4	35,6	33,4		5	1,6	x				x				
GRS030020A	Granit, migmatitsk, rödgrå	medelkornig	32,6	19,2	25,2		16,4	0,8	1,4		0,4		x		x	4	
GRS030025A	Granit, migmatitsk, rödgrå	finnt medelkornig	33,2	24,2	37,4		0,4	0,4					x	1,2		0,2	x
GRS040057A	Granit, migmatitsk, rödgrå	finkornig	38	14,2	36,6		8,4	2,2			0,2	x		0,2	x		0,2
GRS040061A	Granit, migmatitsk, rödgrå	medelkornig	33,4	33,2	23		3,8	1	4,6	x	0,4	0,2		x	x		0,4
GRS040087A	Granit, migmatitsk, rödgrå	finnt medelkornig	31	38,6	11,6		18,4		0,2	x		x	x	x	x		0,2
MAL040039A	Granit, migmatitsk, rödgrå	finnt medelkornig	31,2	35	18,4	13,8		x		0,4	x				x		1,2
MAL040059A	Granit, migmatitsk, rödgrå	finnt medelkornig	40,4	28,2	17,8		8,6	5							x		x
MAL040067A	Granit, migmatitsk, rödgrå	finnt medelkornig	28,2	37,8	26,6		0,6	3,2	3,6			x		x	x		
MAL040004A	Granit, migmatitsk, rödgrå	finnt medelkornig	28,4	43	18,6		3,6	5,6	0,8	x			x		x		
MAL030001A	Granit, porfyrisk	finnt medelkornig	x	x	x		x	x	x	x		x	x	x			x
GRS030021A	Granit, porfyrisk	medelkornig	32,6	26,4	34,8		0,6	1,4	3,2	x	0,8		0,2	x	x		
MAL030015A	Granit, porfyrisk	grovkornig	21,2	42,6	30,4		3	0,6	x	0,6		0,6		0,8			0,8
MAL040083A	Felskytbergart, pinitomvandlad	finnt medelkornig	45,4	x	24,2		5,2	x	13,8					0,2	x		11,2
MAL030044A	Diabas/Breven	finnt medelkornig	1,6	0,6	63,8		1				0,4			2,4	x		30,2

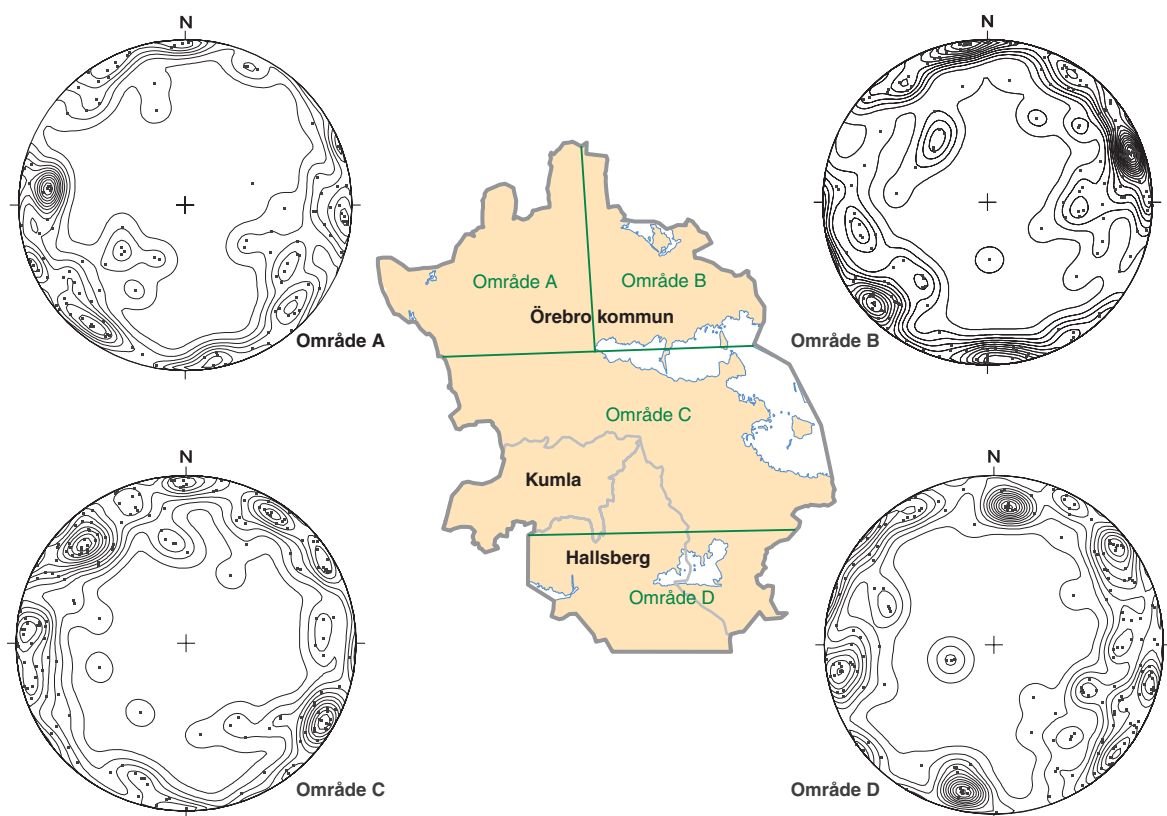


Fig. 9. Stereogram vilka visar poler till sprickplan, karta med områdesindelning.

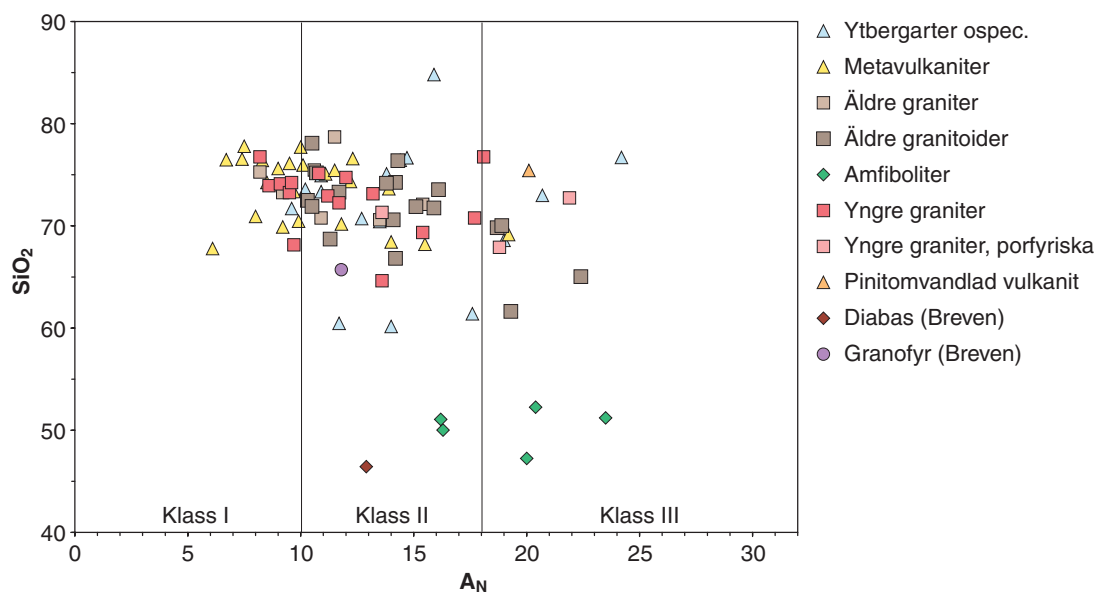


Fig. 10. Kulkvarnsvärden (A_N) mot SiO_2 (viktprocent). Bergkvalitetsklasser: klass I = god kvalitet, klass II = mindre god kvalitet, klass III = dålig kvalitet.

KVALITETSKLASSNING AV PROVER

En bedömning har gjorts av användbarheten av analyserade bergarter (tabell 2) till betong, järnväg (spårballast) och väg (jfr Persson och Schouenborg 1995, 1996).

Användningsområde betongballast

Kvalitetsklassningen för betong är främst erfarenhetsbaserad. Egenskaper som mineralsammansättning (t.ex. glimmerinnehåll), omvandlingsgrad, kornstorlek, förekomst av alkalisilikareaktivt material och sulfider, struktur, kornfogning och kornstorlek har legat till grund för klassningen (se vidare BBK 04, Concrete Report No. 1 (Swedish Concrete Association 1991), SS 13 21 25 (Svensk Standard 1983). Bergarter för högpresterande betong, dvs. med en materialkvalitet motsvarande kvartsit eller porfyr, har ej påträffats i kommunen. Klassningen av proverna (tab. 2) är gjorda enligt följande:

1	Bergmaterialet bedöms vara lämpligt som betongballast. Det bedöms klara alla av Boverkets föreskrivna krav för betongballast (BBK 04): låg–moderat glimmerhalt, låg halt av vittringsbenägna och skadliga mineral (sulfider, salter, svällare och alkalisilikareaktiva mineral) (se RILEM AAR-1, 2000). Ballasten ska dessutom ej överstiga 1,0 i radiumindex.
1,5	Osäker klasstillhörighet mellan klass 1 och 2.
2	Bergmaterialet bedöms kunna användas som betongballast. RA-index 0,5–1,0. Heterogena partier med lokalt förhöjd glimmerhalt (15–30 %). Svårt att uppfylla övriga krav enligt klass 1.
2,5	Osäker klasstillhörighet mellan klass 2 och 3.
3	Bergarten bedöms inte vara lämplig som betongballast. Den bedöms inte klara Boverkets föreskrivna krav för betongballast (BBK 04).

Användningsområde spårballast

Kvalitetsklassningen för användning av stenmaterial som spårballast grundar sig på krav uppställda av Statens Järnvägar (1988) och Banverket (2004). Glimmerhalten bör vara låg, då glimmer vanligen sänker hållfastheten, minskar bergartens förmåga att motstå vittring samt ger olämpliga kornformer vid alltför höga koncentrationer. Kvartsrika bergarter ska undvikas på grund av arbetsmiljöskäl. Den färdiga produkten bör ha en så kantig, kubisk form som möjligt. LT-index (3) ska vara lägst 90 % (FAS-metod 244-99). Klassningen av proverna (tab. 2) är gjorda enligt följande:

1	Bergmaterialet bedöms vara lämpligt som järnvägsmakadam. Det klarar alla av Banverket (2004) föreskrivna krav för järnvägsmakadam (BVF 585.52): sprödhetstal <50 % alt. LA-tal <30 %, glimmerhalt <10 % (10–25 % vid godkännande av beställare), flisighetstal = $1,35 \pm 0,05$, ej kvartsit, vattenabsorption <1 %.
1,5	Osäker klasstillhörighet mellan klass 1 och 2.
2	Bergmaterialet bedöms kunna användas som järnvägsmakadam. Heterogena partier med lokalt förhöjd glimmerhalt (15–30 %). Svårt att uppfylla övriga krav enligt klass 1.
2,5	Osäker klasstillhörighet mellan klass 2 och 3.
3	Bergarten bedöms inte vara lämplig som järnvägsmakadam. Den bedöms inte klara Banverkets (2004) föreskrivna krav (BVF 585.52).

Användningsområde vägballast

Kvalitetsklassningen för användning av stenmaterial i väg grundar sig på av Vägverket (2004) fastställda krav i ATB VÄG 2004. En tämligen god korrelation finns mellan sprödhetstal (FAS-metod 210-01) och LA-tal (10–14 mm), av vilken anledning sprödhetstalet kan uppskattas med hjälp av det senare. Flisighetstalet ingår inte i klassningsgrunden. Ett uniformt flisighetstal fås genom krossning i flera steg. Klassningen av proverna (tab. 2) är gjorda enligt följande:

1	Bergmaterialet bedöms vara lämpligt både som slitlager, massabeläggningar, bärlager och förstärkningslager. Kulkvarnsvärden <10 % och Los Angelesvärde <30 %. Ej till slitlayerskikt för vägar med höga ÅDT-tal (motorvägar etc.). Då krävs kulkvarnsvärde <6 %. Se vidare krav i ATB VÄG 2004.
1,5	Osäker klasstillhörighet mellan klass 1 och 2.
2	Färre beläggningstyper för slitlager än klass 1, massabeläggningar, bärlager och förstärkningslager. Kulkvarnsvärden <18 % och Los Angelesvärde <30 %. Se vidare krav i ATB VÄG 2004.
2,5	Osäker klasstillhörighet mellan klass 2 och 3.
3	Produktion för slitlager och massabeläggningar är starkt begränsad till obefintlig. För bärlager och förstärkningslager är materialet fortfarande möjligt. Kulkvarnsvärden >18 % eller Los Angelesvärde >30 %. Se vidare krav i ATB VÄG 2004.

SAMMANSTÄLLNING AV BERGKVALITETSKARTAN

Med utgångspunkt från de analyser som gjorts på prover från olika platser och som ansetts väl representera berggrunden i Örebro, Kumla och i en del av Hallsberg kommun, har en karta över fördelningen av de olika bergkvalitetsklasserna gjorts. Med tanke på berggrundens heterogenitet är sammanställningen översiktlig, men den kan ändå vara en värdefull riktlinje för användaren. Indelning har gjorts i tre bergkvalitetsklasser: 1. god kvalitet, 2. mindre god kvalitet och 3. dålig kvalitet. Denna indelning baseras främst på kulkvarnsvärdena i relation till de krav som ställs i ATB VÄG 2004 (Vägverket 2004).

Som framgår av analysdata (fig. 11 och tab. 2), varierar spridningen stort inom de olika bergartsgrupperna. Berggrunden i Örebro, Kumla och Hallsbergs kommuner omfattar framför allt klass 2-material. Mindre områden med klass 1-material återfinns i Käglanområdet där felsiska metavulkaniter dominerar och ett område norr om Tisaren. I Kilsbergen, söder om Örebro och i områdena söder och väster om Sottern är bergarterna vanligen starkt omvandlade och delvis omkristalliserade. I dessa områden är bergartsgränserna på de äldre kartorna generaliserade och återspeglar komplexiteten. Dessa områden har klassats som mindre goda även om det är troligt att det finns material av god kvalitet (klass 1) där. Vid några platser där de tekniska analyserna har visat på klass 1-material, så har en symbolisk linsformad yta

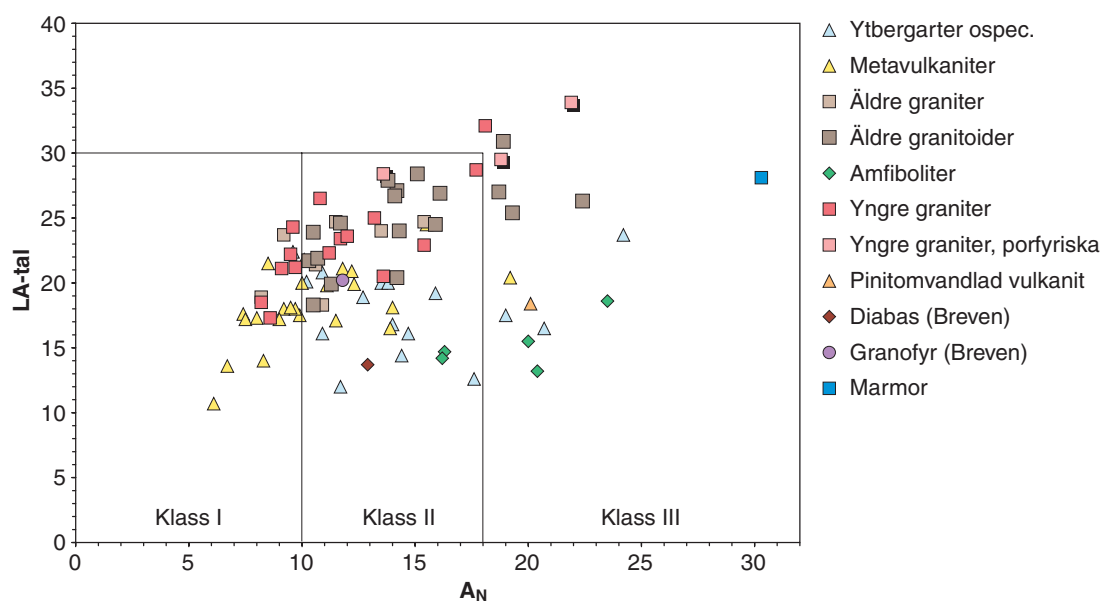


Fig. 11. Samtliga prover från Örebro, Kumla och Hallsbergs kommuner Los Angelesstal mot Kulkvarnsvärde (A_N). Bergkvalitets klasser: klass I = god kvalitet, klass II = mindre god kvalitet, klass III = dålig kvalitet.

markerats på kartan. Klass 3-områdena utgörs av glimmerrika ytbergarter och grovkorniga porfyriska bergarter t.ex. de porfyriska delarna av den s.k. Örebrograniten.

Det är viktigt att bergkvalitetskartan kompletteras med detaljundersökningar vid prospektering och planering för uttag av berg. Provtagningen har, om ej annat anges, omfattat block av representativa bergarter även i täkt. Dessa resultat överensstämmer följaktligen inte helt med de som erhålls i producerat material.

REFERENSER

- Ahl, M., Kübler, L. & Carlsäter, M., 2004: Bergkvalitet Örebro. I H. Delin (red.): Regional berggrundsgeologisk undersökning – sammanfattning av pågående undersökningar 2003. *Sveriges geologiska undersökning Rapporter och meddelanden 116*, 91–96.
- Ahl, M. & Kübler, L., 2005: Bergkvalitet Örebro. I H. Delin (red.): Regional berggrundsgeologisk undersökning – sammanfattning av pågående undersökningar 2004. *Sveriges geologiska undersökning Rapporter och meddelanden 120*, 67–70.
- Aaro, S., 1983: Flygmagnetiska tolkningskartor över kartbladen 10F Örebro NV och SV. *Sveriges geologiska undersökning BRAP83409*.
- Allen, R.L., Lundström, I., Ripa, M., Simeonov, A. & Christofferson, H., 1996: Facies analysis of a 1.9 Ga, continental margin, back-arc, felsic caldera province with diverse Zn-Pb-Ag-(Cu-Au) sulfide and Fe oxide deposits, Bergslagen region, Sweden. *Economic Geology*, 979–1008.
- Banverket, 2004: BVS 585.52, *Makadamballast för järnväg*, Eva-Lotta Olsson, 2004-09-01, 29 s.
- BBK 04, *Boverkets handbok om betongkonstruktioner*, 271 s.
- Bergman, T., Fredén, C., Gierup, J., Kübler, L., Stephens, M.B., Stölen, L.K. & Thunholm, B., 1999: Översiktsstudie av Örebro län. Geologiska förutsättningar. *SKB:R-99-23*, 49 s.
- Erdmann, E., 1889: Kartbladet Askersund. *Sveriges geologiska undersökning Aa 84*, 100 s.
- FAS-metod 209-98: *Bestämning av flisighetstal*. Föreningen för asfaltbeläggningar i Sverige, 6 s.
- FAS-metod 210-01: *Bestämning av sprödhetsstal*. Föreningen för asfaltbeläggningar i Sverige, 5 s.
- FAS-metod 221-02: *Bestämning av kornstorleksfördelning genom siktningsanalys*. Föreningen för asfaltbeläggningar i Sverige.
- FAS-metod 259-02: *Bestämning av kulkvarnsvärde*. Föreningen för asfaltbeläggningar i Sverige.
- Gumaelius, O., 1873: Beskrivning till kartbladet Örebro. *Sveriges geologiska undersökning Aa 48*, 49 s.
- Lindén, A.G., 1989: Kompletterande grusinventering inom del av Örebro län. *Sveriges geologiska undersökning, Rapport 1989:1*, 77 s.
- Linnarsson, G., 1875: Beskrifning till kartbladet "Latorp". *Sveriges geologiska undersökning Aa 55*, 41 s.
- Lundegårdh, P.H. & Fromm, E., 1971: Beskrivning till geologiska kartbladet Örebro SV. *Sveriges geologiska undersökning Af 101*, 70 s.
- Lundegårdh, P.H., Hubner, H., Wikman, H., Karis, L. & Magnusson, E., 1972: Beskrivning till geologiska kartbladet Örebro NV. *Sveriges geologiska undersökning Af 102*, 216 s.
- Lundegårdh, P.H., Karis, L. & Magnusson, E., 1973: Beskrivning till geologiska kartbladet Örebro SO. *Sveriges geologiska undersökning Af 104*, 76 s.
- Länstyrelsen i Örebro län, Naturenheten, 1980: Bergtäkt-80. *Publikation 1980*, 8 s.
- Magnusson, E. & Gorbatshev, R., 1972: Beskrivning till kartbladet Örebro NO. *Sveriges geologiska undersökning Af 103*, 74 s.
- Persson, L. & Schouenborg, B., 1995: Kvalitetsklassning av bergarter N Stockholm, del 2. SP, *Sveriges Prov- nings- och Forskningsinstitut, Byggnadsteknik, SP RAPPORT 1995:49*, 42 s.
- Persson, L. & Schouenborg, B., 1996: Quality classification of rock in Sweden. *European Aggregates. Official Journal of UEPG, Union Européenne des Producteurs de Granulats. UEPG*, 2–3/96.
- RILEM Recommended test method AAR-1, 2000: Detection of potential alkali-reactivity of aggregates – petrographic method, *Materials and structures 36*, 480–496.

- Snäll, S., 1990: Krossbergsinventering inom delar av Örebro län. *Sveriges geologiska undersökning – Rapport 1989:2*, 77 s.
- Statens Järnvägar, 1988: Tekniska bestämmelser, makadam för spårballast. *PM 1988-04-25 (BBG 88/022), SJ, Banavdelningen*.
- Stephens, M.B., 1998: Berggrundskartan 10E Karlskoga NO. *Sveriges geologiska undersökning Af 184*.
- Stephens, M.B., Ahl, M., Bergman, T., Lundström, I., Persson, L., Ripa, M. & Wahlgren, C.-H., 2000: Syntes av berggrundsgeologisk och geofysisk information, Bergslagen och omgivande områden. I.H. Delin (red.): Regional berggrundsgeologisk undersökning – sammanfattning av pågående undersökningar 1999. *Sveriges geologiska undersökning Rapporter och meddelanden 105*, 63–74.
- Stolpe, M., 1875: Beskrifning till kartbladet Riseberga. *Sveriges geologiska undersökning Aa 54*, 29 s
- Svensk standard 1983: SS 13 21 25: *Betongprovning – Ballast – Korndensitet (hydrostatisk metod) och vattenabsorption*.
- Svensk Standard, 1997a: SS-EN 1097-1: *Ballast – Mekaniska och fysikaliska egenskaper – Del 1: Bestämning av nötningsmotstånd (micro-Deval)*. Standardiseringen i Sverige. 11 s.
- Svensk standard 1997b: SS-EN 1097-2: *Tests for mechanical and physical properties of aggregates. 2: Methods for the determination of the resistance to fragmentation*. European Committee Standardization.
- Swedish concrete association, 1991: *Durable concrete structures. Concrete Report No. 1 (E)*. Swedish Concrete Association.
- 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, 80 s.
- Wikström, A. & Karis, L., 1991: Beskrivning till berggrundskartorna Finspång NO, NV, SO, SV. *Sveriges geologiska undersökning Af 162,163,164,165*, 216 s.
- Väggerket 2004: Allmän teknisk beskrivning för vägkonstruktion. *ATB VÄG 2004 Publ 2004:111*, 541 s.
- Åkerblom, G., Pettersson, B. & Rosén, B., 1990: Markradon. Handbok för undersökning av markradonförhållanden. *Bygghälsningsrådets rapport R85:1988, reviderad utgåva 1990*, 160 s.

