

Beskrivning till bergkvalitetskartan Partille och Lerums kommuner

Ulf Bergström, Mattias Göransson
& Hossein Shomali



ISSN 1652-8336
ISBN 978-91-7158-811-1

Omslagsbild: Finkornig, bandad gnejs i centrala Stenkullen. Foto Mattias Göransson.
Fine-grained, banded gneiss in the centre of Stenkullen.

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

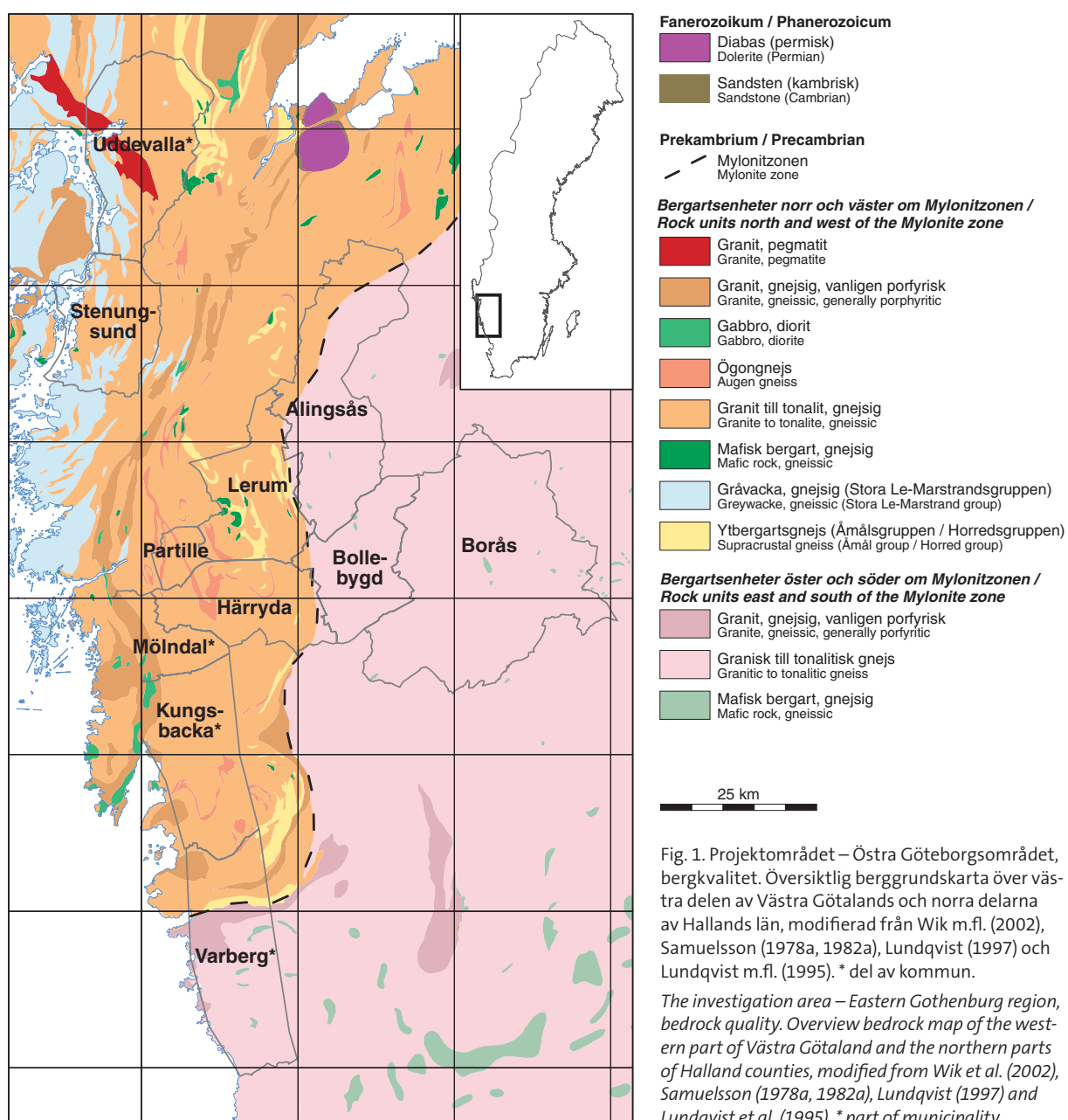
INNEHÅLLSFÖRTECKNING

Inledning	4
Metodik	6
Allmän geologi och geofysik	7
Bergarternas utseende, sammansättning och egenskaper	10
Bergartsbeskrivning	10
Petrografisk analys	18
Geofysiska parametrar	19
Berggrundens strukturer, deformationszoner och sprickor	20
Berggrundens strålningsegenskaper	22
Gammastrålningsmätningar	22
Tekniska analyser	25
Kulkvarnsanalys	25
Los angeles-analys	25
Micro-devalanalys	26
Alkalisilikareaktivitet (asr)	27
Sammanställning av bergkvalitetskartan	27
Referenser	29
Bilaga 1. Geofysisk metodik	32
Bilaga 2. Kvalitetsklassning av prover	33
Vägmakadam	33
Makadamballast för järnväg	33
Betongballast	34
Vattenbyggnadssten	34

INLEDNING

Bergkvalitetskartan är en tematisk karta som kompletterar SGUs berggrundskarta i skala 1:50 000. Det huvudsakliga ändamålet med kartan är att underlätta en utvärdering av det bästa användningsområdet för olika bergarter, som t.ex. ballast för 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 Partille och Lerums kommuner är en del av projektet "Östra Göteborgsområdet, bergkvalitet", vilket startade år 2003 och slutfördes år 2006. Berggrunden i de två kommunerna är delvis likartad och områdena gränsar till varandra varför de redovisas gemensamt. Undersökning av bergkvaliteten inom hela projektområdet innefattar även kommunerna Alingsås, Bollebygd, Borås, Härryda, Kungsbacka, Mölndal, Stenungsund, Uddevalla och Varberg (fig. 1).

Arbetet med bergkvalitetskartan inom Partille och Lerums kommuner har föregåtts av en generell läges- och behovsanalys för stora delar av Västra Götalands och norra delen av Hallands län. I denna



analys har potentiella avnämare såsom länsstyrelser, kommuner, myndigheter, entreprenörer och konsulter intervjuats angående undersökningsmetodik för bergkvalitet, beträffande vilka områden som bör prioriteras för undersökning och behovet av översiktlig bergkvalitetsinformation.

Partille kommun omfattar 57 km² med en befolkning på ca 33 000 invånare. Lerums kommun omfattar 259 km² med en befolkning på ca 35 000 invånare. Inom undersökningsområdet finns bl.a. de större orterna Björboholm, Floda, Gråbo, Lerum, Olstorp, Partille, Stenkullen, Sävedalen, Tollered, Uddared och Öjersjö.

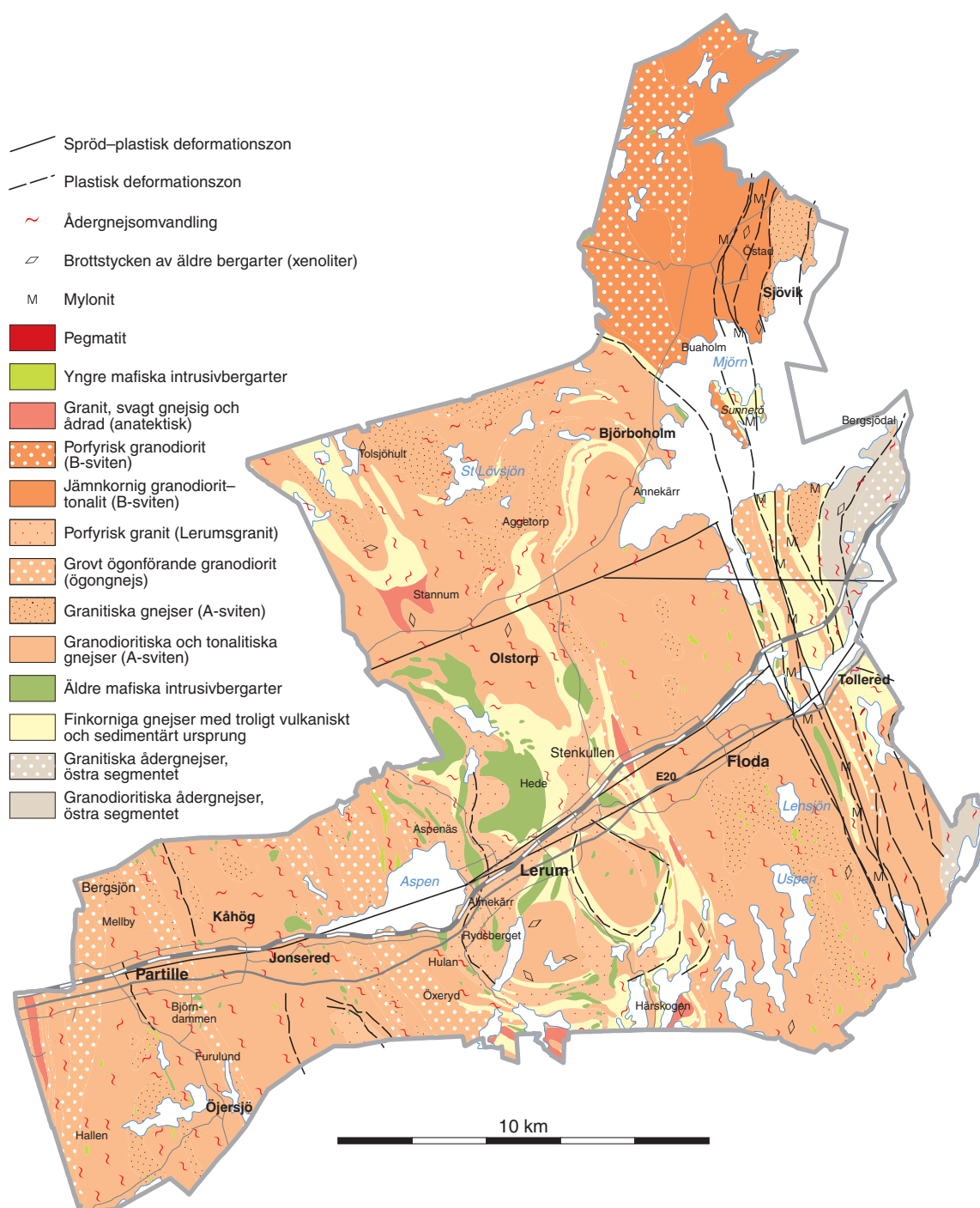


Fig. 2. Förenklad berggrundskarta över Partille och Lerums kommuner.

Simplified bedrock map of the municipalities of Partille and Lerum.

Både Partille och Lerums kommuner saknar permanenta bergtäkter. Ballastbehovet tillgodoses idag genom makadamleverans från grannkommunernas bergtäkter (Göteborg, Härryda och Alingsås) och från i Lerums kommun befintlig grustäkt (Gråbo). Gråbo grustäkt är emellertid belagd med produktionsstopp sedan 2002-01-01 av hänsyn till grusåsens grundvattentillgångar, varför endast uttag av befintliga upplag är möjligt. Vid större vägbyggen används ofta berg från väglinjen (massbalans) för att erhålla tillräcklig makadamvolym. I Stenkullens industriområde (Carlbergs stenbrott, 6414075/1292211) har en svart, medelkornig gabbro brutits i samband med markberedningsarbete.

De tryckta berggrundskartorna i skala 1:50 000, 7B Göteborg SO (Samuelsson 1978a), 7B Göteborg NO (Samuelsson 1985a) och 7C Borås SV (Ahlin 1980) med beskrivningar täcker bägge kommunerna. Berggrunden i kommunerna består av prekambrisk bergarter ursprungligen bildade för ca 1 670 till 1 550 miljoner år sedan (fig. 2).

METODIK

Bergkvalitetskartan bygger på den tidigare genomförda berggrundskarteringen (se ovan) och grundar sig på en fältkontroll av de dominerande bergartsenheterna på ett antal valda lokaler. En del lokaler har undersökts närmare, och från var och en av dessa har ca 50–70 kg bergmaterial provtagits för teknisk analys (fig. 3). Dessutom har det gjorts mätningar av sprickplanens riktning samt en bedömning av spricktätheten. Polerade tunnslip har framställts av bergarter från varje provplats och petrografisk analys, ASR- (alkalisilikareaktivitet) och modalanalys av mineralfördelningen samt mikrofotografering har utförts. I de fall där berggrunden är heterogen (med avseende på mineralogi och kornstorlek), vilket är speciellt vanligt i ådergnejsområden, har i vissa fall mer än ett prov tagits. Gammastrålningsmätning har skett vid alla provlokaler utom tre (UJB045001A, UJB045002A och UJB045020A).



Fig. 3. Provmaterial för teknisk analys. Mylonitisk granit med porfyroblaster av mikroklin (MGO035098B). Foto Mattias Göransson.

Sample for technical analysis. Mylonitic granite with microcline porphyroblasts (MGO035098B).

Utöver de inom projektet provtagna lokalerna grundar sig bergkvalitetskartan på tidigare publicerade tekniska, petrografiska och geokemiska analyser från kommunala krossbergsinventeringar och SGUs berggrundskartering.

På bergkvalitetskartan har bergartsstrukturer som foliation eller gnejsighet tolkats och dragits ihop till s.k. strukturella formlinjer för plastisk deformation. Dessutom redovisas zoner med starkt deformerad berggrund, vilka kan representera interna svaghetsstrukturer efter vilka bergarten lätt spricker, t.ex. i samband med sprängning. Många av zonerna är tolkade från de flyggeofysiska kartorna (se bilaga 1). En tolkning av morfologiska lineament (långsträckta sänkor i naturen) har gjorts på kartunderlag i skala 1:50 000 från Lantmäteriets höjddatabas. Det är sannolikt att de morfologiska lineamenten antyder svaghetszoner som består av sprickor med varierande stupningsriktningar. Det är dock viktigt att notera att lineamenten inte alltid motsvarar verkliga sprickor, sprickzoner eller förkastningar.

Jorddjupsdata (avståndet till berggrundsytan) har erhållits från SGUs brunnarsarkiv och redovisas i tre klasser, nämligen <2, 2–5 och >5 meter. Totalt redovisas 1 099 brunnar i databasen och i 160 av dessa är jorddjupet större än eller lika med 10 m. Ett största jorddjup på mer än 63 m finns i en brunn vid Ytterstad (6416150/1287010).

ALLMÄN GEOLOGI OCH GEOFYSIK

Den tämligen välblottade berggrunden är genomskuren av ostnordostligt strykande, lerfyllda sprickdalar med upp till 80 meters mäktighet t.ex. i Lärjeåns och Säveåns dalgångar. Ett flertal mindre skred har inträffat i Säveåns dalgång och skredkänslig kvicklera förekommer (Partille kommun 1990). I Gråbo finns kommunens stora isälvsavlagring vilken varit föremål för intensiv täktverksamhet fram till år 2001 då brytningen stoppades på grund av grusavlagringens potential som framtida grundvattenreservoar. Den sydöstra delen av området är relativt hållfattig och utgörs av moränmark.

Berggrunden i Partille och Lerums kommuner domineras av en samling gnejsiga och vanligen ådrade bergarter som har en ålder av 900 till 1 600 miljoner år. Mylonitzonen, som förekommer i kartområdets östra kant, är en bred zon (ca 3 km) med stark till mycket stark deformation (flackt stupande, ådrade gnejser). Nära Lerums östra kommungräns förekommer något äldre (ca 1 700 miljoner år gamla) ådrade, bandade och utvalsade gnejser av liknande sammansättning. Den magnetiska anomalikartan över Partille–Lerumsområdet uppvisar starkt varierande magnetiseringsnivåer (fig. 4). De kraftigaste (positiva) anomalierna orsakas av tonalitisk gnejs med susceptibilitet mellan 113 och $35\,200 \times 10^{-5}$ SI-enheter, vilken påträffats söder om Tollered.

De vanligaste bergartsleden består av gnejsiga, ådrade tonaliter, granodioriter och graniter tillhörande den s.k. A-sviten som är ca 1 600 miljoner år gammal. I området runt orten Lerum uppträder grå och röda, finkorniga ytbergartsgnejser som sannolikt har både vulkaniskt och sedimentärt ursprung. I detta område förekommer också ultramafiter och gabbroider som troligtvis är likåldriga med en svit av välbevarade porfyrisk granitoider, de s.k. Lerumsgraniterna. Dessutom förekommer långa band av de s.k. ögongnejserna vilka kännetecknas av stora, röda linsformade porfyroblaster av mikroklin.

I de nordöstliga delarna av Lerums kommun uppträder en semicirkulär magmatisk struktur där yngre porfyrisk och jämnkorniga granitoider i den s.k. B-generationen (ca 1 560 miljoner år gammal) uppträder. De saknar normalt ådring, intruderar A-sviten och skär vissa strukturer i denna (Samuelsson 1985b).

Bland de yngre bergarter som förekommer inom kartområdet finns graniter med osäker ålder som antas ha bildats genom uppsmältning av de äldre bergarterna och som skär en del av dessas strukturer. Dessutom finns ett stort antal mindre, yngre gabbrokroppar och gångar av pegmatit.

Området har utsatts för repetitiv högtemperaturdeformation och metamorfos, varvid de äldre bergarterna erhöll en foliation och gnejsighet, omkristalliserades, ådergnejsomvandlades och till viss del migmatitiserades. Äldre foliationer har senare veckats och därefter överpräglats av yngre deformationsmönster. Magnetfältskartan (fig. 4) visar ett bandat anomalimönster som avspeglar berggrundens nordnordvästliga till nordvästliga, långsträckta strukturer.

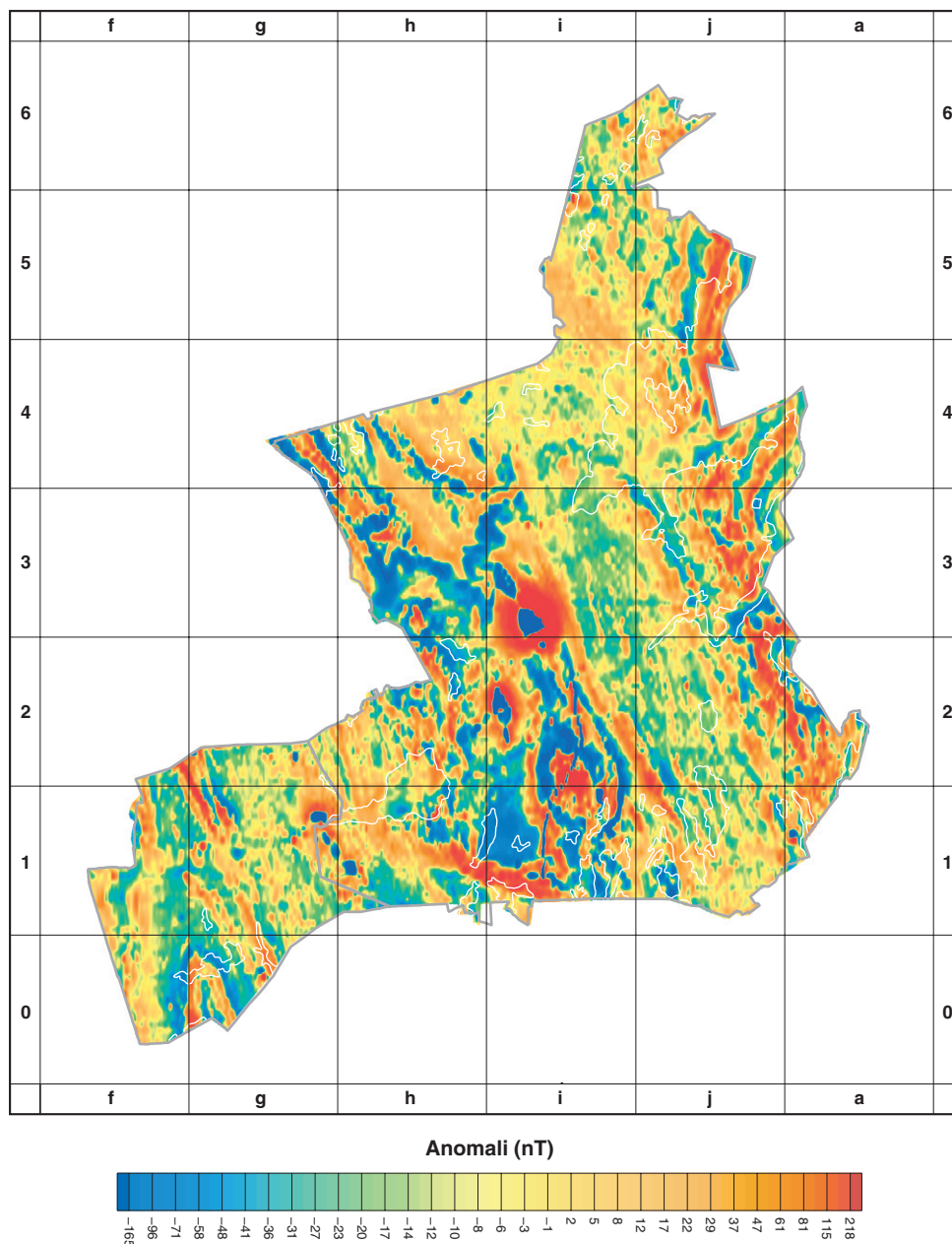


Fig. 4. Magnetisk anomalikarta över Partille och Lerums kommuner. Magnetiska data är reducerade till epok 1965.0. Kartan visar magnetfältet efter filtrering för att framhäva anomalier orsakade av ytliga strukturer (på djup ned till ca 250 m). Den baseras på flygburna mätningar utförda 1973 och 1975 på 30 meter flyghöjd med ett linjeavstånd av 200 meter och en öst–västlig flygriktning.

Map of the magnetic anomalies in the municipalities of Partille and Lerum. The epoch 1965.0 is used to remove the regional trend. The map shows the magnetic field after filtering to enhance anomalies caused by shallow objects (at depths of approximately 0–250 m). The map is based on the airborne magnetic field measurements carried out in 1973 and 1975 with an east–west flight-direction, a 30 meter flight-height, and a line spacing of 200 meter.

Mylonitzonen antas ha bildats för ca 1 000 miljoner år sedan i samband med storskaliga tektoniska rörelser under den svekonorvegiska bergskedjeveckningen. Inom berggrunden väster om Mylonitzonen finns flera kraftiga deformationszoner som stryker parallellt med densamma. De flesta magnetiska lineamenten har en nord–sydlig utsträckning, och projektets tolkningsarbete visar att flera av de magnetiska lineamenten sammanfaller med mylonitzoner på berggrundskartan.

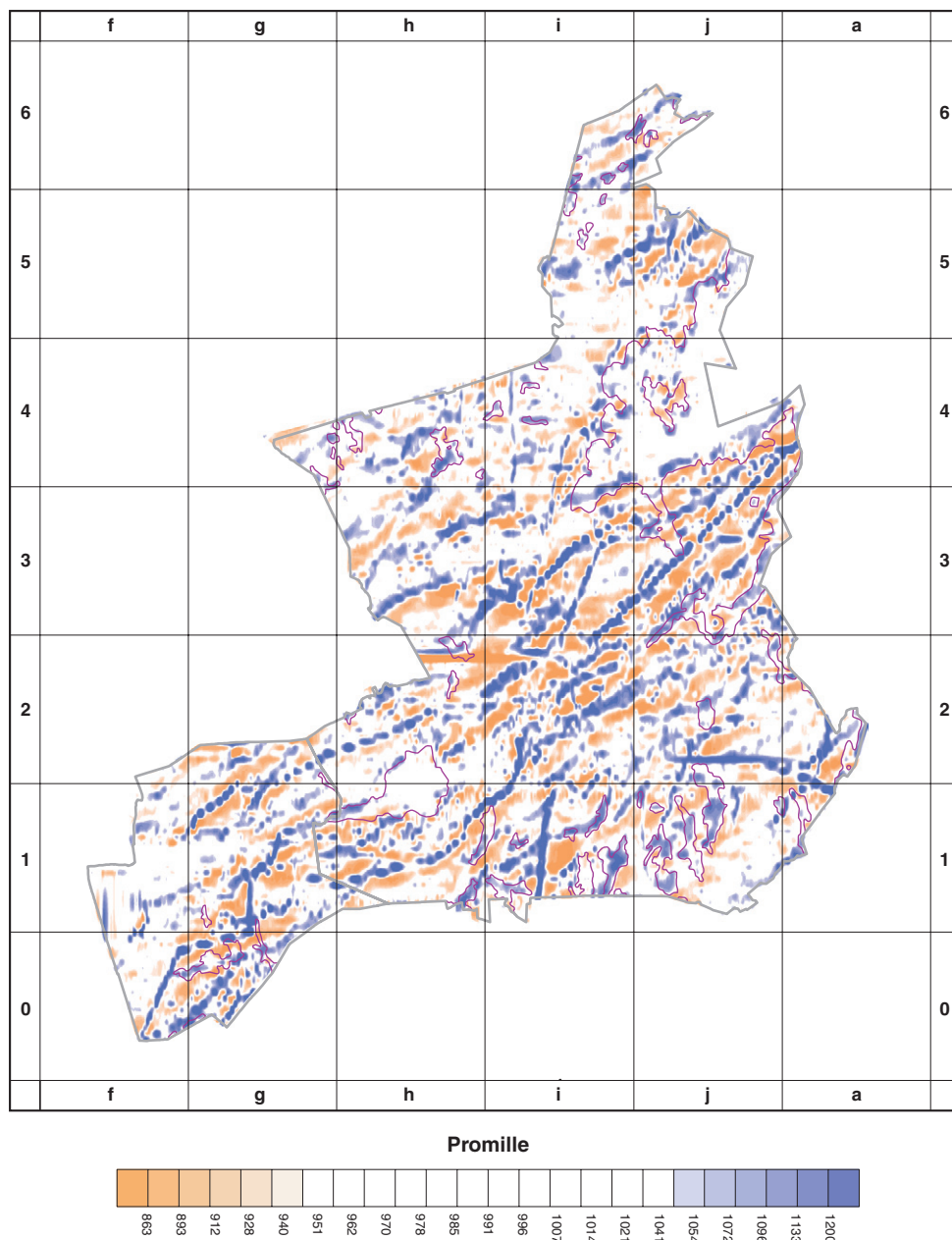


Fig. 5. VLF-karta över Partille och Lerums kommuner. Kartan visar intensiteten av totalmagnetfältskomponenten av den elektromagnetiska signalen från en avlägsen radiosändare i VLF-bandet (very low frequency, 10–30 kHz). Mätningarna registrerar sekundära elektromagnetiska fält som förorsakas av induktion i elektriska ledare, exempelvis större sprickzoner i berggrunden men även kraftledningar och andra källor till störningar. 1000 promille motsvarar nollnivån och blå färg indikerar god ledningsförmåga. Kartan baseras på flygburna mätningar utförda 1973 och 1975 på 30 meter flyghöjd med ett linjeavstånd av 200 meter och en öst–västlig flygriktning.

VLF map of the municipalities of Partille and Lerum. The map shows the amplitude of the magnetic field in the electromagnetic signal from a remote transmitter in the VLF-band (very low frequency, 10–30 kHz). In the VLF measurements the secondary electromagnetic fields are registered. The secondary field can be induced for example in fracture zones inside bedrock. 1000 per mil (promille) represents the zero level. Blue colour indicates zones with higher electrical conductivities. The map is based on airborne VLF measurements carried out in 1973 and 1975 with an east–west flight-direction, a 30 meter flight-height, and a line spacing of 200 meter.

Tiden efter bergskedjeveckningarna präglas av en kraftig uppspräckning av berggrunden varvid ett antal zoner uppstått som domineras av en mer spröd deformation, t.ex. längs Sävåns och Lärjeåns dalgångar. Några zoner kan även identifieras som tydliga anomalier på VLF-kartan (fig. 5). Zoner med nordostlig riktning framträder tydligast beroende på VLF-sändarens läge. Lågmagnetiska linjära zoner

indikerar i vissa fall sprickzoner i berggrunden och kan med fördel tolkas som detta om de sammanfaller med VLF-anomalier.

BERGARTERNAS UTSEENDE, SAMMANSÄTTNING OCH EGENSKAPER

Bergartsbeskrivning

De viktigaste bergartsenheter i Partille och Lerums kommuner finns redovisade i tabell 1. Bergartskoden är en unik beteckning för de olika relevanta och identifierade bergartsgrupperna i området, som används för att gruppera, jämföra och tolka de olika analysresultaten. Bergartskoden används i tabellerna med mineralogiska och tekniska analyser (tabell 2 och 3). Analyser finns ej av bergarter från följande grupper: pegmatit (47), granit (svagt gnejsig eller ådrad, 60), ögongnejs (72) och granitiska och granodioritiska gnejser (92 och 93).

Granitiska till granodioritiska gnejser (Bkod 92, 93)

Ådrade och bandade bergarter med en grov gnejsig struktur förekommer i de östligaste delarna av Lerums kommun, öster om Mylonitzonen. De kan delas upp i ljus rödgrå granitiska och mörkare grå granodioritiska gnejser. De flesta gnejserna är relativt jämnkorniga och fint medelkorniga till medelkorniga. I hållskala förekommer de två huvudtyperna ofta jämsides och tunna mafiska inlagringar är vanligt förekommande. Det dominerande ådermaterialet är ljus röd pegmatit. Avsaknaden av epidot antyder att den metamorfa graden (omvandlingsgraden) har varit högre (amfibolitfacies) i området öster om Mylonitzonen.

Ytbergartsgnejs, fin- till medelkornig, med sannolikt vulkaniskt eller sedimentärt ursprung (Bkod 81)

De bergarter av sannolikt vulkaniskt eller sedimentärt ursprung som förekommer i kommunen utgörs av finkorniga till fint medelkorniga, homogena till bandade, folierade och lokalt tunt ådrade ytbergartsgnejser. Mineralsammansättningen varierar från huvudsakligen mikroklinrik (röd–rödgrå) till plagioklasrik (grå). Glimmerhalten varierar kraftigt mellan olika partier och kan ibland överstiga 20 volymprocent. I dessa bergarter finns också skarnlager, som domineras av epidot och magnetitrika lager (Samuelsson 1978b). Ytbergartsgnejsen förekommer på många platser tillsammans med olika typer av amfibolit. De påträffas som utdragna och veckade band och följer de storskaliga, högmagnetiska anomalierna. Gnej-

Tabell 1. Bergartsenheter i Partille och Lerums kommuner.
Rock units in the municipalities of Partille and Lerum.

Bergartsenhet Rock unit	Bergartskod* Rock code
Pegmatit	47
Yngre mafiska bergarter	56
Granit, svagt gnejsig eller ådrad, anatektisk	60
Granitoid, gnejsig, ögonförande och jämnkornig (B-sviten)	63
Granit, porfyrisk och gnejsig (A-sviten, Lerumsgranit)	70
Granit, gnejsig och ådrad (A-sviten)	71
Ögongnejs (A-sviten)	72
Granodiorit, gnejsig och ådrad (A-sviten)	73
Tonalit, gnejsig och ådrad (A-sviten)	74
Äldre mafiska bergarter (A-sviten)	76
Ytbergartsgnejs, fin- till medelkornig, av vulkaniskt och sedimentärt ursprung (motsvarande Ämålsgruppen)	81
Granitiska gnejser, ådrade	92
Granodioritiska gnejser, ådrade	93

* Bergartskod (Bkod) är baserad på stratigrafiskt läge samt bergartens sammansättning.

Tabell 2. Mineralfördelning (volymprocent) och kornstorlek (mm) hos bergarter från kartområdet Partille och Lerums kommuner. Bkod är en grupperingskod som baseras på bergartens stratigrafiska läge och sammansättning. "Övrigt" innefattar t.ex. allanit, granat, prehnit, zirkon och oidentifierade finkorniga mineral. Med kornstorlek avses storleksintervallet för huvuddelen av de enskilda mineralen som bygger upp bergarten. Det dominerande kornstorleksintervallet anges först. s = mineral som förekommer i liten mängd (<0,2 %).

Modal composition (volume percent) and grain size (mm) of rocks from the map area in the municipalities of Partille and Lerum. Rcode is a grouping parameter based on the stratigraphic position and composition of the rock. "Other" contains allanite, prehnite, pumpellyite, zircon and unidentified, fine-grained minerals. Grain size refers to the size-fraction of the main part of the individual grains that build-up the rock. The dominating grain size-fraction is shown first. s = accessory mineral (<0.2%).

Prov	Bkod	Bergartsbeskrivning	Kornstorlek (mm)	Kvarts	Kalifältspat	Plagioklas & sericit	Muskovit	Klorit	Epidot	Titanit	Hornblände & pyroxen	Opak	Övrigt
Sample	Rcode	Rock description	Grain-size (mm)	Quartz	Pot. feldspar	Plagioclase & sericite	Muscovite	Chlorite	Epidote	Titanite	Hornblende & pyroxene	Opaque	Other
MGO035073A	70	Granit, rödgrå, medelkornig, gnejsig	0,1–1,2 (<3)	35,2	51,8	9,4	3,6	+	+	+		+	
MGO035094A	60	Granit, röd, fint medelkornig, jämnkornig, ådrad	0,1–2	33,7	39,0	25,4	1,7	+				0,2	
MGO035095A	73	Granodiorit, grå, finkornig till medelkornig, ådrad, gnejsig, rekristalliserad, vittråd	0,1–0,4 (0,4–0,8)	26,7	7,4	40,9	16,8		7,8	+		0,2	0,2
MGO035096A	73	Granitoid, grå–rödgrå, medelkornig, enklavförande, ådrad	0,2–1,0 (1,0–3,2)	30,3	18,3	37,2	11,4		2,6	+		+	0,2
MGO035097A1	81	Metamorf bergart, ospec., just grå, medelkornig, bandad	0,4–2 (<0,2)	36,6	28,2	16,4	4,4	0,6	11,3	0,2	2,1		0,2
MGO035097A2	81	Metamorf bergart, ospec., just grå, medelkornig, bandad	0,2–1,2 (1,2–2)	36,2	28,0	34,0	+	+	1	+	0,2		0,6
MGO035097A3	81	Metamorf bergart, ospec., just grå, medelkornig, bandad	0,2–3,5	42,8	8,8	36,4		0,4	6,9	+	4,1		0,6
MGO035097A4	81	Metamorf bergart, ospec., just grå, medelkornig, bandad	0,1–1,3	48,7	28	20,1	1,3		1,1	+			0,8
MGO035097B	74	Tonalit, mörkt grå, medelkornig, bandad	0,1–1,5	22,3	0,4	49,2	20,1		7,4	0,2		0,2	0,2
MGO035098A	71	Granit, röd, finkornig, mylonitiserad ¹	0,02–0,2 (0,2–3)										
MGO035098B	71	Granit, grå, finkornig, mylonitiserad, porfyroblastisk ¹	0,02–0,2 (0,2–1)										
MGO035101A	74	Tonalit, mörkt grå, fint medelkornig, gnejsig, glimmerrik	0,1–1,2 (0,01–0,1)	23,9		44,9	26,2	2,8	0,2	0,4	+	1,4	0,2
MGO045002A	74	Tonalit, mörkt grå, medelkornig, gnejsig	0,2–0,8 (1,0–2,5)	22,9	4,9	26,1	19,4	0,4	7,3	1,3	16,3	0,3	1,1
MGO045003A	71	Granit, grå, finkornig till medelkornig, mylonitisk	<0,5 (0,5–1,5)	52,6	27,9	2,9	12,9	0,4	0,1	1,3	0,8	0,4	0,7
MGO045005A	73	Granodiorit, grå, medelkornig		16,2	10,6	43,4	14,5		5,3	1,2	7,0	0,4	1,4
UIB035001A	74	Tonalit, grå, medelkornig, gnejsig	0,2–1,6 (1,6–3,0)	19,2	0,2	51,3	13,4	0,2	2,8	0,5	11,1	0,4	0,9
UIB035002A	74	Tonalit–granodiorit, grå, fint medelkornig, gnejsig	0,1–1,5	35,9	3,5	41,2	16,7	+	2,5	0,2		+	
UIB035003A	81	Metavulkanit, mörkt grå, finkornig till fint medelkornig, folierad	<0,5	23,3	12,6	34,7	16,0		4,7	0,6	5,5	0,6	2,0
UIB035007A	70	Granit, rödgrå, porfyrisk, grovt medelkornig, folierad	0,1–0,8 (0,8–3)	32,6	31,6	28,4	4,6	1,4	0,2	+		0,2	1,0
UIB035008A	73	Granodiorit–granit, grå, medelkornig, gnejsig, bandad, ådrad	0,2–1,0 (1–3)	32,8	25,0	31,7	8,1		1,9	0,2			0,3
UIB035011A	74	Tonalit, grå, medelkornig, folierad	0,1–1,0 (1–5)	28,2		33,3	20,7		9,5	+	7,0		1,3
UIB035012A	81	Ybergartsgnejs, grå–gråbröd, finkornig till fint medelkornig, bandad	0,5–3,5 (0,05–0,2)	31,4	11,9	36,2	16,0		3,7	0,3	+		0,5
UIB035013A	56	Gabbro, mörkt grå, fint medelkornig, folierad	0,05–0,4 (0,4–1,5)	23,4		34,7	0,6	+	0,8	0,2	37,9		2,4
UIB035014A	70	Granit, rödgrå, finkornig till fint medelkornig, stänglig eller folierad, porfyrisk	0,1–0,8 (0,8–1,5)	32,2	14,2	39,1	12,9	0,2	+			0,4	1,0
UIB035015A	71	Granit–granodiorit, rödgrå, medelkornig, småporfyrisk, gnejsig	0,01–0,4 (0,4–7)	35,6	31,6	15,6	12,1	1,0	2,5	0,2		0,2	1,2
UIB035018B	76	Gabbro, mörkt grå, medelkornig, gnejsig	0,1–1 (1–5)	14,2		41,9	18,5		1,4	0,2	21,6	+	2,2

Prov	Bkod	Bergartsbeskrivning	Kornstorlek (mm)	Kvarts	Kalifältspat	Plagioklas & sericit	Biotit	Muskovit	Klorit	Epidot	Titanit	Hornblände & pyroxen	Opak	Övrigt
Sample	Rcode	Rock description	Grain-size (mm)	Quartz	Pot. feldspar	Plagioclase & sericite	Biotite	Muscovite	Chlorite	Epidote	Titanite	Hornblende & pyroxene	Opaque	Other
UIB035019A	73	Granodiorit, grå, medelkornig, jämnkornig, gnejsig, ådrad, glimmerrik	0,05–1	33,3	1,9	41,6	12,6	1,9		6,2	0,6		1,1	0,8
UIB045001A	73	Granit–granodiorit, rödgrå, medelkornig, gnejsig	0,4–2,5 (2,5–5,5)	38,6	23,7	23,3	9,0	4,0		0,4	0,2			0,8
UIB045002A	71	Granit, röd, finkornig, gnejsig	0,1–1 (1–2,5)	40,3	44,2	13,1	+	0,4	0,2				1,4	0,4
UIB045003A	74	Tonalit, mörkt grå, gnejsig, små porfyroblaster av mikroklin	0,1–1 (1–2,5)	26,7	11,5	37,0	17,0			2,9	1,2	2,1	0,8	0,8
UIB045005A	71	Granit, ljus grå, medelkornig, gnejsig	0,2–1,5 (1,5–2,5)	32	33,1	24,5	6,3			3,5	0,2		+	0,4
UIB045010A	73	Granodiorit–granit, rödgrå, medelkornig, ådergnejsomvandlad	0,2–1 (1–4)	44,2	18,4	28,4	7,4	+		0,4			0,2	1,0
UIB045011A	81	Ytbergartsgnejs, ljus grå, fint medelkornig, gnejsig, ådrad	0,2–1 (1–3)	31,8	39,4	27,2	1,2		+	0,2			0,2	
UIB045012A	74	Tonalit, mörkt grå, medelkornig, gnejsig	0,2–1,2 (1,2–3)	31,4	14,0	37,5	12,0			4,7	0,4		+	
UIB045017A	71	Granit, rödgrå–grå, fint medelkornig, folierad till bandad, genomsatt av aplit	0,2–3 (0,01–0,2)	17,6	33,5	32,2	7,5		0,8	+	1,2	1,2	1,2	4,8
UIB045018A	63	Granodiorit, grå, medelkornig, mikroklinporfyrisk, gnejsig	0,2–0,8 (0,8–1,8)	31,1	11,3	47,4	8,2		0,2	0,4	1,0			0,4
UIB045019A	74	Tonalit–granodiorit, mörkt grå, fint medelkornig, gnejsig	0,2–0,8 (0,8–1,6)	31,3	4,3	45,2	13,7			3,9	0,2		0,6	0,8
UIB045020A	76	Gabbro, mörkt gröngrå, medelkornig, gnejsig	1–5 (0,1–1)			34,3	9,1	+				56,4	+	0,2

1 = Modalanalys utförd p.g.a. en alltför finkornig bergart.

Tabell 3. Tekniska analysvärden och användbarhetsklassificering av prover från Kungsbacka och Varbergs kommuner för väg, järnväg och betong (se text). Bkod är bergartskod, ρ_s är korndensitet, A_N är kulkvarnsvärde, LA är Los Angeles-värde, M_{De} är micro-Devalvärde, RA är radiumindex, GA är gammaindex, SPM är sprickor per meter, ASR är alkalisilikareaktivitet.

Technical analyses and classification of samples from the municipalities of Kungsbacka and Varberg for pavement constructions (mainly wearing courses), as railway trackbed ballast, and as concrete ballast. Rcode = rock code, ρ_s = particle density, STT = studied tyre test value, LA = Los Angeles value, M_{De} = micro-Deval value, RA = radium index, GA = gamma index, JPM = joints per meter, ASR = alkali silica reactivity.

Prov	O-V-koordinat	N-S-koordinat	Bergartsbeskrivning (fältbedömning)	Bkod	ρ_s g/cm ³	A_N %	LA %	M_{De} %	RA	GA	SPM	ASR	Bergkvalitetsklassning	
													Väg	Järnväg
Sample	E-W coordinate	N-S coordinate	Rock description (field observation)	Rcode	ρ_s g/cm ³ STT %	LA %	M_{De} %	RA	GA	JPM	ASR	Rock quality classification	Road	Railway
MGO035073A	1285667	6406557	Granit, rödgrå, medelkornig, gnejsig	70	2,67	18,1	33,5	0,09	0,78		1	3	3	1
MGO035095A	1288046	6417988	Granodiorit, grå, finkornig till medelkornig, ådrad, gnejsig, omkristalliserad ²	73	2,64	52,1 ¹	63,8	40,7 ¹	0,19	0,78	4	1	3	1
MGO035098A	1297418	6417048	Granit, röd, finkornig, mylonitisk	71	2,63	6,3 ¹	16,2	3,4 ¹	0,23	0,77		3	1	3
MGO035098B	1297418	6417048	Granit, grå, finkornig, mylonitisk, porfyroblastisk	71	2,69	14,0 ¹	18,0				3	2	1	3
MGO035101A	1299429	6412669	Tonalit, mörkt grå, fint medelkornig, gnejsig, glimmerrik	74	2,72	17,2	20,1	11,6 ¹	0,21	0,84		2	2	2
MGO045002A	1296554	6408802	Tonalit, mörkt grå, medelkornig, gnejsig	74	2,78	21,3	32,3	15,9 ¹	0,15	0,60		1	3	3
MGO045003A	1299425	6409884	Granit, grå, finkornig till medelkornig, mylonitiserad	71	2,67	10,3	20,2	6,7 ¹	0,15	0,58		2	2	1
MGO045005A	1292799	6422663	Granodiorit, grå, medelkornig, gnejsig	73	2,75	23,5	41,0	17,2 ¹	0,13	0,41		1	3	3
UIB035001	1283160	6407958	Tonalit, grå, medelkornig, gnejsig	74	2,83	19,9	25,0	0,23	0,53	1	1	3	1,5	1
UIB035002A	1284164	6408658	Tonalit-granodiorit, grå, fint medelkornig, gnejsig	74	2,75	21,1	27,3	16,0	0,06	0,42	1	1	3	1,5
UIB035003A	1298067	6414590	Metavulkanit, mörkt grå, finkornig till fint medelkornig, mikroklinporfyroblast	81	2,75	13,3 ¹	19,7	0,19	0,66	2	3	2	1	3
UIB035007A	1285548	6406575	Granit, rödgrå, porfyrisk, grovt medelkornig, stänglig, folierad	70	2,66	19,0	37,2	13,0	0,09	0,78	1	1	3	3
UIB035008A	1281605	6405793	Granodiorit-granit, grå, medelkornig, gnejsig, bandad, ådrad	73	2,73	17,1	33,3			1	1	3	3	1
UIB035011A	1292325	6409773	Tonalit, grå, medelkornig, folierad	74	2,83	17,2	22,1	0,06	0,20	1	1	2	1	1,5
UIB035012A	1293930	6406389	Ytbergartsgnejs, grå-gråbrun, finkornig till fint medelkornig, bandad	81	2,73	27,1 ¹	27,8	16,0	0,12	0,49	4	2	3	2
UIB035013A	1286950	6410637	Gabbro, mörkt grå, fint medelkornig, folierad	56	2,95	24,3 ¹	26,0	0,15	0,55	2	1	3	2	1
UIB035014A	1288558	6411413	Granit, rödgrå, finkornig till fint medelkornig, stänglig eller folierad, porfyrisk	70	2,74	23,4	41,2	18,0	0,15	0,81	1	1	3	3
UIB035015A	1300009	6408613	Granit-granodiorit, rödgrå, medelkornig, småporfyrisk, gnejsig	71	2,70	8,6 ¹	15,5	0,14	0,86	1	3	1	1	3
UIB035018A	1292211	6414075	Metasandsten, grå, finkornig, jämnkornig, gnejsig	81	2,68	16,5 ¹	31,4	0,06	0,49		1	2,5	3	2
UIB035018B	1292211	6414075	Gabbro, mörkt grå, medelkornig, gnejsig	76	2,93	15,8 ¹	18,9	0,10	0,55	2	1	2	2	1,5
UIB035019A	1289875	6416522	Granodiorit, grå, medelkornig, jämnkornig, gnejsig, ådrad, glimmerrik	73	2,73	25,0 ¹	31,5	19,0	0,23	0,75	4	1	3	3
UIB045001A	1295437	6413882	Granit-granodiorit, rödgrå, medelkornig, gnejsig	73	2,69	27,9 ¹	40,5	19,0 ¹		1	1	3	3	1
UIB045002A	1292556	6411803	Granit, röd, finkornig, gnejsig	71	2,62	11,5 ¹	30,6	6,9 ¹		1	2,5	2,5	1	1
UIB045003A	1296551	6408808	Tonalit, mörkt grå, gnejsig, små porfyroblast	74	2,78	23,6	38,8	17,0 ¹	0,15	0,60	3	1	3	3
UIB045005A	1298406	6409239	Granit, ljus gråbrun, medelkornig, gnejsig	71	2,65	18,6	45,9	11,6 ¹	0,23	0,84		1	3	3
UIB045010A	1288230	6419930	Granodiorit-granit, rödgrå, medelkornig, ådergnejsomvandlad	73	2,65	15,0 ¹	33,0	9,8 ¹	0,18	0,76		1	3	3
UIB045011A	1285970	6421047	Ytbergartsgnejs, ljus grå, fint medelkornig, gnejsig, ådrad	81	2,63	14,0 ¹	33,8	9,6 ¹	0,36	1,27		1	3	3

Prov	O-V- koordinat	N-S- koordinat	Bergartsbeskrivning (fältbedömning)	Bkod	ρ_s g/ cm ³	A _N %	LA %	M _{DE} %	RA	GA	SPM	ASR	Bergkvalitetsklassning	
Sample	E-W coordinate	N-S coordinate	Rock description (field observation)	Rcode	ρ_s g/cm ³	STT %	LA %	M _{DE} %	RA	GA	JPM	ASR	Väg	Jämväg Betong
UIB045012A	1291066	6423116	Tonalit, mörkt grå, medelkornig, gnejsig ²	74	2,72	31,1 ¹	50,3	20,0 ¹	0,13	0,48	1	1	3	1
UIB045017	1297830	6427244	Granit, rödgrå-grå-röd, fint medelkornig, folierad till bandad, genomsatt av apliter	71	2,63	6,3 ¹	17,0	4,1 ¹	0,15	0,81	4	3	1	3
UIB045018A	1294425	6424917	Granodiorit, grå, medelkornig, mikroklinporfyrisk, gnejsig	63	2,69	17,4	30,5		0,10	0,49	1	1	3	2,5
UIB045019A	1293804	6414729	Tonalit-granodiorit, mörkt grå, fint medelkornig, gnejsig ²	74	2,74	34,0 ¹	64,0	23,0 ¹	0,29	0,68	1	1	3	3
UIB045020A	1290484	6413337	Gabbro, mörkt gröngrå, medelkornig, gnejsig	76	2,97	16,3 ¹	16,3				1	1	2	1

1 Enkelprovsanalyser.

2 Svagt vittringspåverkad (missfärgning av bergmaterialet).

serna antas motsvara Åmålsgruppen med dess ca 1 620 miljoner år gamla vulkaniska och sedimentära bergarter (Lundqvist & Skiöld 1993) som är bättre bevarade längre åt norr. Inom kommunen är ytbergarterna generellt kraftigt förgnejsade, veckade och i vissa fall ådrade eller migmatitiserade (fig. 6). Många gånger är dessa bergarter svåra att skilja från finkorniga varianter av granit och granodiorit, särskilt i nära anslutning till tektoniska zoner.

Äldre mafiska bergarter (Bkod 76)

I anslutning till ytbergartsgnejsen i Lerumsområdet förekommer på flera ställen mindre eller större mafiska (järn-magnesiumrika) bergartskroppar med olika karaktärsdrag. Både finkorniga amfiboliter, medelkorniga gabbror och grovkorniga ultrabasiter återfinns i denna bergartsgrupp. De är mörkt grå till svarta med en grön färgton och vanligtvis jämnkorniga. Bergarterna är i allmänhet omkristalliserade och eventuella primära oftiska texturer är sällsynta. Bergarten kan också återfinnas som brottstycken i yngre granitiska bergarter. Den metagabbro som finns blottad i den södra delen av Olstorp ger upphov till negativa anomalier i magnetfältet, trots att susceptibiliteten uppgår till mellan $1\,040$ och $3\,190 \times 10^{-5}$ SI-enheter. Detta indikerar en omvänd magnetisering. Magnetiskt orienterade prover har tagits för att bekräfta detta.

Granit till tonalit, förgnejsad till ådrad (Bkod 71, 73 och 74)

Den dominerande bergarten i Partille och Lerums kommuner utgörs av gråröda till grå, förgnejsade till ådrade granitoider (A-sviten). Sammansättningen kan variera från granitisk till tonalitisk i ett komplext mönster som antyder en omfattande intrusionssvit av många likåldriga delintrusioner. Bergarterna är i allmänhet fint medelkorniga till medelkorniga och jämnkorniga. Tonaliterna är i allmänhet mörkare grå, saknar vanligen en utpräglad gnejsighet och är generellt inte ådergnejsomvandlade (fig. 7). Tonalit-



Fig. 6. Grå, finkornig metadacit, kraftigt uppsprucken planparallellt med foliationen (UJB035012A). Foto Ulf Bergström.

Grey, fine-grained metadacite, strongly fractured parallel to the foliation (UJB035012A).

terna är vanligen både glimmer- och amfibolrika. De innehåller vanligen enklaver av mafiska bergarter. Granodioriterna är lite ljusare grå till rödgrå och är normalt ådergnejsomvandlade. Graniterna uppträder vanligen som ganska små kroppar. De varierar från gråröda till grå, medelkorniga till finkorniga typer. De är vanligen ådrade och kan vara svåra att skilja från omkristalliserade ytbergartsgnejser. I det centrala Lerumsområdet i anslutning till ytbergartsgnejserna har A-sviten en mindre utpräglad gnejsighet, och bergarterna uppträder mer homogent som granitiska eller tonalitiska kroppar (fig. 2).

Ögongnejs (Bkod 72)

Ögongnejserna bildar karaktäristiska ledhorisonter i berggrunden väster om Mylonitzonen. De återfinns vanligen som smala långsträckta band i direkt anslutning till ytbergartsgnejserna men bildar också större massiv t.ex. norr och söder om sjön Aspen. De består i allmänhet av röda, rundade och grova (2–7 cm) porfyroblaster av mikroklin, omgivna av en grå, jämn- och medelkornig granodioritisk, vanligen glimmerrik mellanmassa. I många fall är ögongnejserna kraftigt folierade och gnejsiga, men i de centrala delarna av de större kropparna övergår de i massformiga, ögonförande granitoider.

Rödgrå, porfyrisk, vanligen gnejsig granit (Bkod 70)

Rödgrå, vanligen medel- till grovkornig, gnejsig och mikroklinporfyrisk granit påträffas som större kroppar runt och i Lerums samhälle samt i en mindre kropp söder om Jonsered (fig. 8). Flera finporfyrisk bergarter samt kraftigt deformerade partier där den porfyrisk texturen nästan försvunnit förekommer också. De visar ett nära rumsligt och bildningsmässigt samband med de äldre mafiska intrusionerna i Lerumsområdet. Tidigare ansågs Lerumsgraniterna vara yngre än A-sviten på grund av att den uppges uppträda intrusivt i intilliggande migmatitgnejs och att den saknar åderbildning. En datering (Welin & Samuelsson 1987) ger emellertid en ålder på ca 1 600 miljoner år vilket betyder att den tillhör A-svitens bergarter.



Fig. 7. Medelkornig tonalit till kvartsdiorit (UJB035011A). Foto Ulf Bergström.

Medium-grained tonalite to quartz diorite (UJB035011A).

Granodiorit till tonalit, gnejsig (Bkod 63)

I de norra delarna av Lerums kommun och i anslutande delar av Ale kommun finns en större sammanhängande kropp av jämnkorniga granodioriter till tonaliter samt porfyrisk granodioriter. De jämnkorniga typerna är grå, jämnkorniga och fin- till medelkorniga. De porfyrisk typerna har en vanligen relativt gles textur av centimeterstora, röda mikroklinögon. Ådring i dessa bergarter är förhållandevis ovanligt. Bergarten syns tydligt på den flygmagnetiska kartan som ett område utan genomgående deformationszoner och uppträder intrusivt i kontakter mot A-svitens granitoider. Därför tolkas dessa bergarter vara yngre och jämföras åldersmässigt med den s.k. B-svitens granitoider som är ca 1 560 miljoner år gamla.

Röd till gråröd, fint medelkornig och något gnejsig granit, anatektisk (Bkod 60)

Röd till gråröd, fint medelkornig, något gnejsig granit påträffas vanligen i anslutning till ytbergartsgnejserna. Vanligen är gnejsigheten svag varför bergarten ger ett massformigt intryck. Bergarten tolkas vara bildad genom migmatitisering (partiell uppsmältning) av de äldre gnejserna.

Yngre mafiska bergarter (Bkod 56)

Yngre mafiska (järn-magnesiumrika) bergarter förekommer som mindre linser eller band i de förgnejsade "1 600-granitoiderna". Kropparna överstiger i allmänhet inte 20 meters mäktighet men kan då och då vara talrika och utgöra ett betydande inslag i berggrunden. I kärnan av linserna kan ibland en subofitisk textur uppvisas medan kantområdet mot sidoberget vanligtvis är kraftigt omkristalliserat. Bergarterna är mörkt gröngrå till svarta, jämnkorniga och finkorniga.



Fig. 8. Gnejsig Lerumsgranit (MGO035073A). Foto Mattias Göransson.
Foliated Lerum granite (MGO035073A).

Pegmatit och aplit (Bkod 47)

Ett antal små förekomster av pegmatit förekommer företrädesvis i öster, i anslutning till Mylonitzonen och i Östra segmentets gnejser. Bergarterna uppträder både som små kroppar, gångar parallella med gnejsigheten och som klippande gångar. De är röda till vita, grovkorniga, ojämnkorniga och normalt massformiga, men kan visa en svag gnejsighet. Enstaka smala aplitgångar förekommer, företrädesvis med en nord-sydlig utsträckning.

Petrografisk analys

Bergartsprovernans mineralsammansättning och ingående minerals mängdförhållanden har bestämts genom punkträkning av en yta på ca 25 × 20 mm med transmissionsmikroskopi. Resultaten ges i tabell 2. Förhållandena mellan de viktigaste bergartsbildande mineralen kvarts, kalifältspat (mikroklin) och plagioklas bestämmer hur bergarterna ska benämnas. Kvarts- och glimmerinnehållet är av speciell betydelse för bergartens tekniska egenskaper. Dessutom noteras förekomsten av olika mineral som finns i betydligt mindre mängder, s.k. accessorier. Av dessa har en särskild studie gjorts för s.k. opaka mineral (malmmineral) för att utröna hur stor sulfidandelen är i proverna.

Vidare har en uppskattning av ingående mineralorns storlek och bedömning av fogar genomförts. De allra flesta prov har en granoblastisk, statiskt omkristalliserad korntextur, där kornen har en låg grad av sammanväxning. I ett antal prover från Mylonitzonen har mineralen en mer dynamiskt omkristalliserad korntextur (se fig. 11 och 12) och en högre grad av sammanväxning. Dessutom förekommer en mer ojämnkornig kornstorlek med t.ex. tillväxt av kalifältspat till porfyroblaster vilket beror på deformationen i Mylonitzonen.

Skiktsilikater (glimmer m.m.)

Andelen fri glimmer (bestämd enligt VVMB 613 för material 0,125–0,25 mm) får ej överstiga 50 % för obundna material. Om andelen är mellan 30 och 50 %, får inte bärlagret trafikerats av tung trafik (Vägverket 2004). Även omvandlingsmineral som klorit, serpentin och epidot är intressanta i bedömningen av bergartens beständighet. Information om mineralsammansättningen redovisas i tabell 2. Lite högre halter av glimmer (främst biotit) har noterats i tonalitiska gnejser. Gabbroprovet UJB035018A har också hög halt av biotit för att vara en sådan bergart.

Opaka mineral (sulfider m.m.)

Sulfider som kommer i kontakt med vatten och syre vid t.ex. uppkrossning kan oxideras, varvid pH-värdet i vattnet sjunker. Detta sker vanligen genom att det först bildas järnsulfater och svavelsyra. Det sura vattnet kan även frigöra metaller som löses i vattnet. Lakvatten med lågt pH-värde och höga metallkoncentrationer kan orsaka skador på miljön. Vägverket anger att förekomst av ”surt berg”, dvs. berg med sulfidmineral, skall studeras inom vägutredningsområden. Normalt korrelerar svavelhalten i en bergart mot mängden sulfidmineral. Vid en svavelhalt högre än 0,3 viktprocent i bergmaterialet, vilket approximativt motsvarar 0,3 volymprocent pyrit, rekommenderas att speciella åtgärder vidtas. Vid t.ex. lagring och användning av ballast med höga sulfidhalter bör tillgången på syre och vatten minskas genom t.ex. övertäckning eller deponering under grundvattenytan. Hög svavelhalt skall också undvikas om materialet planeras att användas till betong. Om sulfidinnehållet är högt bör materialet analyseras kemiskt för att bestämma totalhalten av svavel.

Opaka mineral identifierades med reflektionsmikroskopi för att uppskatta mängden sulfider. Generellt är halten av opaka mineral och därmed innehållet av sulfidmineral tämligen låg. Den relativa mängden sulfider i 9 bergartsprover med mer än 0,3 volymprocent opaka mineral redovisas i tabell 4.

Endast i tonaliten från Uddared (UJB045019A) överstiger halten sulfider 0,3 volymprocent. I prov MGO045003A är en relativt stor del av de opaka mineralen sulfider, med då halten av opaka mineral är så låg bedöms materialet kunna användas utan att några speciella skyddsåtgärder behöver vidtas. I de övriga 6 proverna utgörs de opaka mineralen huvudsakligen av oxiderna magnetit, hematit och ilmenit. De opaka mineralen i UJB035003A undersöktes ej i reflekterat ljus. En makroskopisk bedömning av bergartsprovet har emellertid gjorts vilken tyder på att opakfasen inte utgörs av sulfidmineral.

Geofysiska parametrar

Den mineralogiska sammansättningen i bergarten bestämmer de geofysiska egenskaperna. Detta gäller framför allt susceptibiliteten som avspeglar förekomsten av magnetit. Med susceptibilitetsmätningar utförda på provtagningslokalerna och på bergartsprover i laboratorium kan man bättre förstå och tolka mönstret på den flygmagnetiska kartan. Sammanställning av susceptibilitetsvärden från området presenteras i tabell 5.

Vad som är tydligt är att spridningen inom de olika bergarterna är mycket stor och att den magnetiska variationen snarare beror på den strukturella överpräglingen än på direkta bergartskontakter. Densitetsmätningar är en bra indikator på bergartssammansättningen eftersom en stor andel av ”lätta” mineral som kvarts och kalifältspat, vilka är vanliga i en granit, snabbt går att skilja ut från bergarter med ”tyngre” mineral som plagioklas, biotit och hornblände (t.ex. tonalit). Densiteten ger också en snabb

Tabell 4. Relativa mängder opaka mineral i prover med en totalhalt av opaka mineral >0,3 volymprocent, uppskattade vid reflektionsmikroskopering; +++ = dominerande, ++ = underordnat, + = spår. Opak = Totalhalt av opaka mineral i volymprocent bestämt genom punkträkning (se tabell 2).

Relative amounts of opaque minerals in samples where the total amount of opaque minerals is >0.3 volume percent, estimated in reflected light: +++ = dominating, ++ = less common, + = trace amount. Opaque = Total content of opaque minerals in volume percent, determined by point counting (see table 2).

Prov Sample	Opak % Opaque %	Oxider Oxides			Sulfider Sulphides	
		Magnetit Magnetite	Hematit Hematite	Ilmenit Ilmenite	Pyrit Pyrite	Kopparkis Chalcopyrite
UJB035003A	0,61					
UJB035019A	1,13	+	+++			
UJB045002A	1,44	+++	+		(+)	
UJB045003A	0,78	+++			++	(+)
UJB045017A	1,18	+++			+	
UJB045019A	0,58				+++	+
MGO035101A	1,4	+++	+			
MGO045002A	0,4	+++			+++	
MGO045003A	0,4	++			+++	

Tabell 5. Sammanställning av susceptibilitetsmätningar inom Partille och Lerums kommuner (susceptibilitet $\times 10^{-5}$ SI-enheter).

Summary of the measured susceptibilities ($\times 10^{-5}$ SI-units) in the municipalities of Partille and Lerum.

Bkod Rcode	Bergartsenhet Rock unit	Min Min	Max Max	Medel Mean	St. avikelse St. deviation	Antal Number
56	Yngre mafiska bergarter	19	67	41	13	14
60	Granit, svagt gnejsig	4	438	130	142	34
63	Granitoid (B-sviten)	20	983	339	224	28
71	Granit (A-sviten)	5	5440	889	1245	161
70	Granit (Lerumsgranit)	115	873	547	201	10
72	Ögongnejs (A-sviten)	72	563	346	127	28
73	Granodiorit (A-sviten)	6	2270	171	316	101
74	Tonalit (A-sviten)	9	1640	203	364	67
76	Äldre mafiska bergarter (A-sviten)	16	3190	1114	848	53
81	Ytbergartsgnejs (Åmålsgruppen)	2	2010	325	529	71
92	Granit (Östra Segmentet)	20	812	208	229	13

uppskattning av huruvida bergarten tenderar att deformeras sprött (vilket är vanligare i lätta graniter). I tabell 3 anges bergartsprovets densitet för alla de olika prover där teknisk analys genomförts.

Bergarternas strålningsegenskaper redovisas i kapitlet "Berggrundens strålningsegenskaper" nedan.

BERGGRUNDENS STRUKTURER, DEFORMATIONSZONER OCH SPRICKOR

Plastisk deformation av berggrunden har resulterat i en överpräglade foliation alternativt gnejsighet (parallellställning och utdragning av mineral) eller veckning (böjning) av lagrade eller bandade bergarter. Spröd deformation har senare gett upphov till sprickor och förkastningar (fig. 9).

Den plastiska deformationen är relaterad till de två dominerande perioderna med bergskedjebildning och tillhörande regionalmetamorfos (storskaliga omvandlingar). Detta har resulterat i att samtliga bergarter är mer eller mindre gnejsiga. I stora delar av kommunerna är bergarterna också mer eller mindre ådrade. Ådrorna består i huvudsak av kvarts och fältspat tillsammans med små mängder av glimmer och ligger parallellt eller med liten vinkel mot foliationen.

De olika bergartsleden i kommunen utgörs vanligen av relativt långsträckta, nord-sydligt orienterade enheter parallellt med orienteringen av gnejsigheten och ådringen i bergarterna.

Utöver den övergripande omvandlingen har samtliga bergarter drabbats av efterföljande och stråkvisa plastiska deformationer som resulterat i att bergarterna blivit mer eller mindre mylonitiserade (starkt folierad berggrund. Detta gäller framför allt Mylonitzonen i östra kanten av Lerums kommun, som stryker i västsydvästlig riktning för att vrida mot nordost i norr med en ungefärlig stupning på 30–40 grader åt öster. Mylonitzonen utgörs av en flera kilometer bred korridor med upprepade förekomster av parallella mylonitiserade stråk i bergarter som bedöms tillhöra det Västra segmentet. Mellan mylonitstråken finns enheter med bättre bevarade bergarter, men också berggrund som är mer folierad utan att för den skull ha utvecklat myloniter. Den plastiska deformationen åtföljs av mer spröda zoner och förkastningar som åtminstone delvis har samma riktning. Utanför Mylonitzonskorridoren finns ett antal plastiska deformationszoner, t.ex. i Aspenäs, söder om Jonsered och i ytbergartsgnejserna vid Härskogen. Just ytbergartsgnejser ser vanligen ut att vara drabbade av kraftig deformation, och de kan vara svåra att skilja från andra finkorniga bergarter i plastiska deformationszoner såsom myloniter.

Efterföljande, mer spröda deformationer (t.ex. förkastningsrörelser) har skett längs många av de plastiska deformationszonerna och givit upphov till olika förskjutningar mellan bergblocken. De åtföljs av kvarts- eller epidotläkta rivningsbreccior och sprickrika zoner. Spröda deformationszoner förekommer också utanför de äldre plastiska deformationszonerna och en stark vittring av dessa formar till stor del den topografiska bild vi idag kan se i landskapet, t.ex. Sävåns och Lärjeåns dalgångar.

Den tolkning av lineament och svaghetszoner som är gjord med hjälp av det geofysiska underlagsmaterialet och topografin, visar riktningar i främst nordnordvästlig, ostnordöstlig och underordnat i ost-västlig och nord-sydlig riktning.

Sprickriktningar och spricktäthet har bedömts på ett flertal provlokaler. Tätheten anges som antal sprickor per meter (spm, se tabell 3). Sprickornas orientering (strykning och stupning) plottas i ett urval av stereogram där sprickplanen anges som storcirklar och tätheten av de associerade polerna till planen visas med konturering för att spegla frekvensen.

Helt naturligt varierar alltså sprickornas orientering i olika delar av kommunen beroende på berggrundens geologiska och tektoniska utveckling. I stort kan man dock säga att sprickplanen i stereogrammen visar följande huvudsakliga trender (se tabell 6, de dominerande sprickgrupperna först).

I allmänhet finns en grupp av sprickor som är mer eller mindre planparallell med foliationen i berggrunden med en dominerande strykning från nordnordväst till nordväst och med en normalt ganska flack till ställvis ganska brant stupning vid lokala veckomböjningar. Denna sprickgrupp är vanligare i bandade och ådrade bergarter som de ytbergartsgnejser (sannolikt vulkaniter) som finns i Härskogen eller olika granodioritiska ådergnejser. Dessa sprickor syns framför allt i lodräta bergblottningar och kan nog antas vara ett befintligt svaghetsplan i bergarten som accentueras vid

sprängning och andra bergarbeten. Denna grupp syns i stereogrammen genom att de konturerade polerna ligger närmare centrum.

Vanligen finns också en grupp av sprickor som stryker i det närmaste vinkelrätt mot foliationen. Denna grupp är normalt brantstående och är vanligare i bergarter där den foliationsparallella sprickgruppen är vanligare.

Det finns i de flesta lokaler två brantstående sprickgrupper. Den ena gruppen stryker nordost–sydväst och den andra nordväst–sydost och uppträder oftast vinkelrätt mot foliationen.

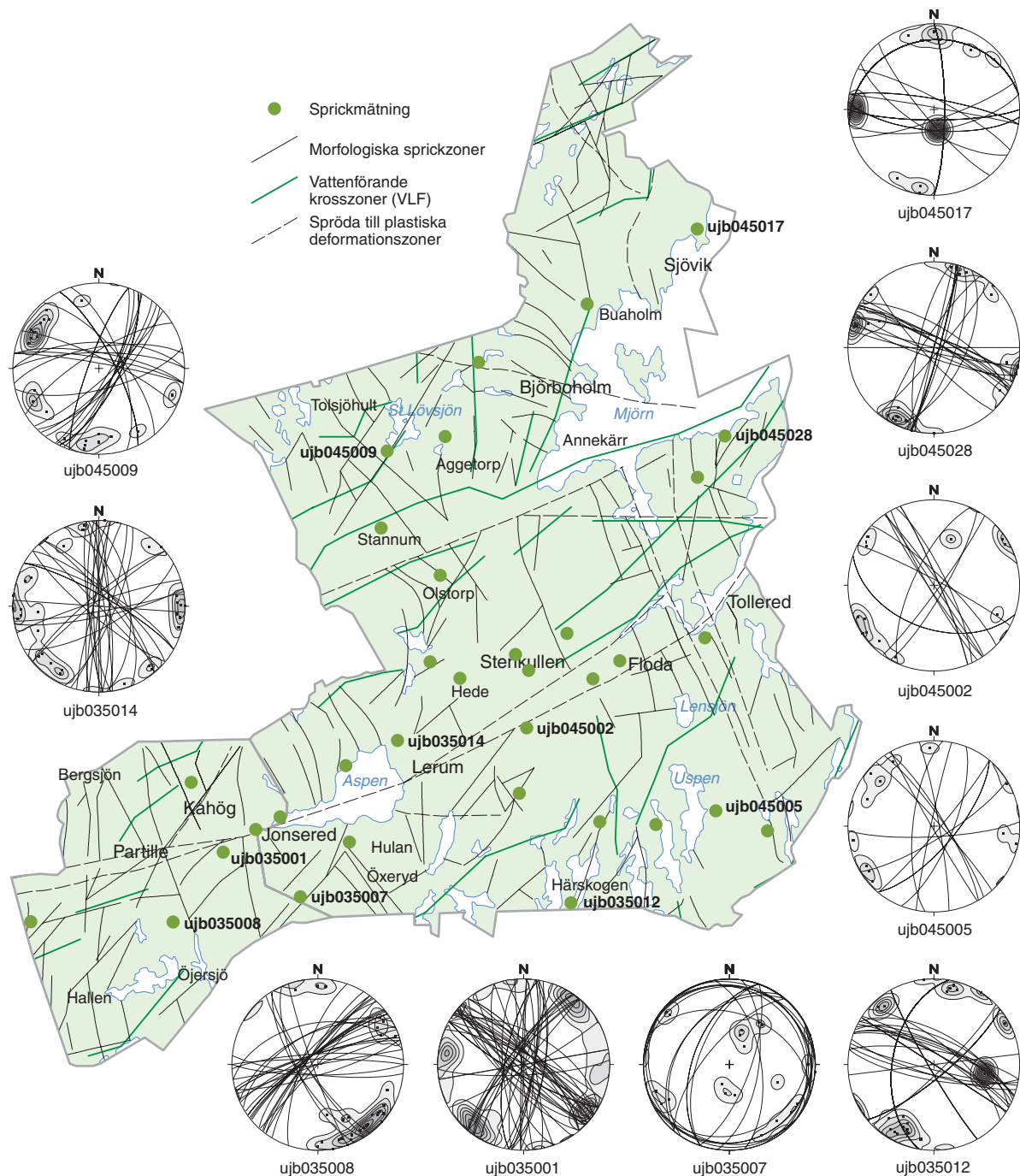


Fig. 9. Spricktekonisk karta över Partille och Lerums kommuner med ett urval av utförda sprickmätningar redovisade som stereogram, Schmidt-nät, undre hemisfären. Sprickplanen är plottade dels som storcirklar (linjer), dels som poler till plan (punkter) samt därefter konturerade.

Map of major fracture and deformation zones in the municipalities of Partille and Lerum including a selection of performed joint measurements, Schmidt-net, lower hemisphere. Fracture planes are plotted as great circles (lines), as poles to planes (points) and as contours.

Tabell 6. Dominerande sprickorienteringar.

Dominating fracture orientations.

Strykning Strike	Stupning Dip
~ Nordnordost (NNO) ~ North-northeast (NNE)	Parallellt foliationen, varierande flack till brant <i>Parallel foliation, varying shallow to steep</i>
~ Nordost (NO) ~ North-east (NE)	Brant <i>Steep</i>
~ Nordväst (NV) ~ North-west (NW)	Brant <i>Steep</i>
~ Nord-syd (NS) ~ North-south (NS)	Brant <i>Steep</i>

Vidare finns vid flera lokaler en eller flera sprickgrupper som är mer eller mindre parallella med riktningen på närliggande större lineament som identifierats från det geofysiska underlagsmaterialet eller från den topografiska informationen (se stereogrammen i kartmarginalen på huvudkartan). Det kan gälla sprickor som är parallella med de stora dalgångarna som löper i ostnordostlig riktning. I Jonsered och Aspenäs, där nord-sydliga riktningar är noterade, synes detta spegla mer lokala större sprickzoner. Bergmekaniskt viktigt är iakttagelsen att västnordvästligt strykande sprickor (tolkade som tensionssprickor) mycket ofta fyllts av lerrikt material bildat genom omvandling av sidoberget (Samuelsson 1978b).

BERGGRUNDENS STRÅLNINGSEGENSKAPER

Gammastrålningsmätningar

De radiometriska kartorna (kalium, uran och torium) samt berggrundsinformationerna över kommunerna har legat till grund för planeringen av gammastrålningsmätningar på berghällar. Strålningen har uppmätts på alla de lokaler där prov har tagits för teknisk analys. Dessutom har mätningar från pågående radonundersökningar i Lerums kommun och resultat från radonundersökningar i Partille kommun (Sundevall 1988) medtagits.

Tre typer av handburna instrument användes: gammaspektrometrar av typerna EXPLORANIUM GR 320 och GR 130 samt scintillometer av typen SCINTREX BGS-3. Vid dessa mätningar har den totala gammastrålningen samt halten av kalium-40, radium-226 och torium-232 bestämts. Radiumindex och gammaindex har beräknats för samtliga mätpunkter och lagrats i SGUs databaser. Radiumindex, som är ett mått på radiuminnehållet i ett material, skall för byggnadsmaterial vara mindre än 1,0 (Åkerblom m.fl. 1990, jfr BFS 1993:57) som motsvarar 200 Bq/kg radium-226, vilket i sin tur motsvarar en uranhalt på 16,25 ppm.

Gammaindex m_γ är beräknat enligt nedan (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, radium-226 och torium-232, alla i enheten Bq/kg. (The Radiation Protection Authorities in Denmark, Finland, Iceland, Norway and Sweden 2000). Halterna av kalium, uran och torium kan omräknas till Bq/kg enligt följande:

1 % kalium = 313 Bq/kg

1 ppm uran = 12,35 Bq/kg

1 ppm torium = 4,06 Bq/kg

Figur 10 visar uranhalter beräknade från flygmätningar (se bilaga 1) inom Partille och Lerums kommuner. Områden med förhöjd uranhalt domineras av mörkt röda färgnyanser. Markuppföljningen med gammaspektrometer visar dock att de enligt flygmätningar indikerade förhöjda uranhalterna bara till viss del orsakas av uran i berggrunden. Gammastrålningsmätningar har genomförts vid 60 mätpunkter inom kommunen, varav 25 är från lokaler där prover tagits för teknisk analys (bil. 2). Vid varje mät-punkt utfördes normalt 2 till 4 mätningar på bergarten. Gammaindex och radiumindex beräknades för samtliga mätpunkter.

De flesta bergarter inom Partille och Lerums kommuner visar låg gammastrålning. Tabell 7 visar en sammanställning av gammastrålningen för olika bergarter i undersökningsområdet. Vid två lokaler överskrids värdet 2,0 för gammaindex respektive 1,0 för radiumindex (motsvarar 200 Bq/kg radium-226). Dessa har markerats i tabellen och på bergkvalitetskartan. Områdena där högt gamma- och radiumindex förekommer är nordväst om sjön Mjörn i anslutning till samhället Sjövik. Inom dessa områden består berggrunden av deformerade granitiska och granodioritiska ådergnejser tillhörande A- och B-sviten med en riklig förekomst av pegmatiter. Generellt förekommer pegmatit i betydligt större utsträckning i den deformationskorridor som motsvarar Mylonitzonen. Pegmatiterna har höga halter av uran, vilket ger höga värden för gammaindex och radiumindex. Medelvärde för gamma- och radiumindex för dessa lokaler, vilka bygger på sju mätpunkter, är 3,1 respektive 3,9. Dessa bergarter är olämpliga som ballastmaterial i byggnader där människor vistas kontinuerligt. Alla pegmatiter i Mylonitzonen är troligtvis inte högstrålande, men sannolikheten för att stöta på sådana pegmatiter i detta område är betydligt högre. Pegmatiter med hög strålning är inte kända utanför Mylonitzonen. Överlag varierar de uppmätta halterna för de undersökta lokalerna från 0,2 % (metagabbro) till 6,2 % (granit) för kalium, 0,0 ppm (metagabbro) till 96,6 ppm (pegmatit) för uran, 0,0 ppm (metagabbro) till 45 ppm (pegmatit) för torium. Vidare varierar radiumindex från 0,0 (metagabbro och gnejs) till 5,9 (pegmatit) och gammaindex från 0,02 (metagabbro) till 4,4 (pegmatit). Gnejsen med låg gammastrålning är från norra delen av Stenkullen.

Flera radonundersökningar av hus har gjorts i Partille kommun. År 1990 gjordes en undersökning av hus på radonriskklassad mark. Mindre än 2 procent av dessa översteg 200 Bq/m³ (Partille kommun 1990).

TEKNISKA ANALYSER

Vid lokaler med en bergart som är representativ för området har ca 60 till 80 kg berg provtagits för bergmaterialtester omfattande kulkvarnsanalys, Los Angeles-analys, micro-Devalanalys och alkalisilika-reaktivitet. Berget som provtagits skall ej varit vittrat, sprängskadat eller onormalt uppsprucket. Samtliga bergprover har tagits på platser där tillräckligt med lossprängd sten eller friska blottningar funnits, dvs.

Tabell 7. Sammanställning av strålningsmätningar inom Partille och Lerums kommuner.

Summary of the measured gamma-radiation in the municipalities of Partille and Lerum.

Bkod Rcode	Bergartsenhet Rock unit	K/P %	U ppm	Th ppm	Radiumindex	Gammaindex	Antal Number
47	Pegmatit	3,4	51,7	7,9	3,18	2,64	9
56	Yngre mafiska bergarter	2,6	2,4	9,2	0,15	0,55	3
60	Granit, svagt gnejsig	4,3	5,6	12,8	0,35	0,94	6
63	Granitoid (B-sviten)	3,3	4,7	7,0	0,29	0,68	3
71	Granit (A-sviten)	3,8	3,8	15,2	0,24	0,86	31
70	Granit (Lerumsgranit)	4,3	1,4	15,4	0,08	0,82	7
72	Ögongnejs (A-sviten)	4,1	1,7	14,7	0,10	0,79	10
73	Granodiorit (A-sviten)	2,9	2,4	10,1	0,15	0,60	42
74	Tonalit (A-sviten)	2,3	2,4	10,9	0,15	0,56	22
76	Äldre mafiska bergarter (A-sviten)	1,5	0,5	4,7	0,03	0,27	6
81	Ytbergartsgnejs (Åmålsgruppen)	3,5	2,5	15,6	0,15	0,79	24
92	Granit (Östra Segmentet)	5,0	7,2	18,1	0,44	1,18	3

i bergsskärningar längs vägar eller vid byggplatser. Provtagning har skett med slägga och spett. Vid provtagning av de olika bergartsleden har stor vikt lagts vid att provmaterialet varit petrografiskt och bergtekniskt representativt för bergmaterialet vid provlokalen. Vid provtagning i bergtäkter har specifika bergprover tagits ut varför dessa provers egenskaper kan avvika från bulkmaterialets. Totalt har 32 prover tagits från 30 lokaler. Gammastrålningsmätning har skett vid samtliga dessa lokaler.

Utöver de inom projektet provtagna bergarterna har även de analyser som gjorts i grannkommunerna Ale (Eliasson m.fl. 2004), Göteborg (Persson m.fl. 2000), Alingsås (Göransson m.fl. 2007b), Härryda

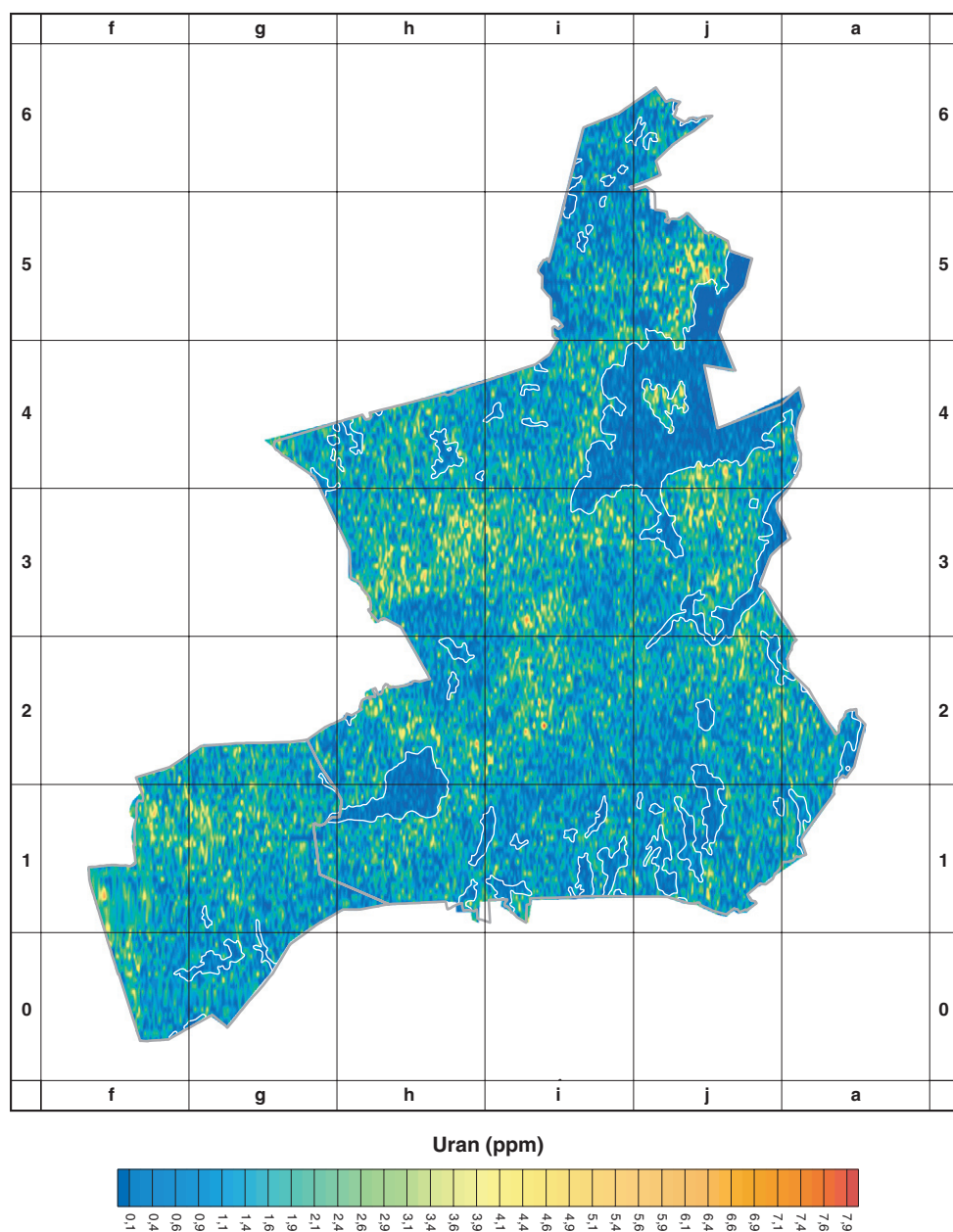


Fig. 10. Karta över markens uranhalt i Partille och Lerums kommuner. Kartan visar den beräknade fördelningen av uran i markens ytskikt. Halten uran är uttryckt i ppm ekvivalent uranhalt, vilket innebär att den är beräknad under antagande av radioaktiv jämvikt. Kartan är baserad på flygburna mätningar utförda 1973 och 1975 på 30 meter flyghöjd med ett linjeavstånd på 200 meter och en öst-västlig flygriktning.

Map of uranium concentration over the municipalities of Partille and Lerum. The map shows the calculated distribution of uranium in the uppermost layer of the ground. The concentration is expressed in ppm equivalent uranium concentration, which is calculated under the assumption of radioactive equilibrium. The map is based on the airborne gamma-spectrometry measurements carried out in 1973 and 1975 with an east-west flight-direction, a 30 meter flight-height and a line spacing of 200 meter.

(Göransson m.fl. 2008), Mölndal (Göransson m.fl. 2007a) och analysmaterial från kommunala krossbergsinventeringar (Ahlin 1987, 1996, Geologkonsult 1995) ingått i tolkningsmaterialet.

Kulkvarnsanalys

Kulkvarnsanalyserna har utförts enligt SS-EN 1097-9 (Nordiska kulkvarnsmetoden). Krossning har utförts i en rotationskross med 30 mm utloppsspalt och i en laboratoriekästkross med utloppsspalt inställd på 16 mm. Grovsiktning har skett i en maskinskak och finsiktning enligt FAS-metod 221-98. 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 i första hand gjorts på enkelprov. Då analysresultaten hamnat i närheten av klassificeringsgränsvärden (se bilaga 2) har dubbelprov utförts. Kulkvarnsvärdena (A_N) presenteras i tabell 3. Medelvärden för de olika bergartsenheter redovisas i tabell 8.

Kulkvarnsvärdet är ett mått på bergets nötningsmotstånd. Generellt sett ger glimmerrika och granodioritiska till tonalitiska bergarter, oavsett ålder, nästan alltid höga (dåliga, 17,2–31,1 %) kulkvarnsvärden. De bästa resultaten (6,3–8,6 %) får finkorniga granitiska, deformerade bergartsled, samtliga associerade med Mylonitzonen (fig. 11 och 12). Det bör dock noteras att tunna zoner med bergmekaniskt dåligt berg (glimmerrika led och leromvandlat berg) vanligen förekommer i anslutning till dessa bergartsled. Fint medelkorniga bergarter i närheten av ögongnejserna och granitiska led inom A-sviten ger ofta moderata kulkvarnsvärden (11,6 %). Ett prov (MGO035095A) ger extremt höga mätvärden för samtliga tekniska analyser vilket höjer gruppmedelvärdet för granodioriterna (A-sviten). Detsamma gäller ett prov (UJB035012A) från gruppen med ytbergartsgnejser. Dessa prover är något vittringspåverkade vilket syns som en svag missfärgning av bergmaterialet. Karaktäristiskt för dessa bergarter är att de är jämnkorniga, glimmerrika (>15 %) och höggradigt, statiskt omkristalliserade. Man kan förvänta sig något bättre bergmekaniska egenskaper djupare ner i opåverkad berggrund på dessa platser.

Los Angeles-analys

Krossning och siktning för Los Angeles-analys har skett på samma sätt som för kulkvarnsanalyserna. Detta har givit ett flisighetstal (samtliga bergartsmaterial) på 1,30–1,40, vilket gör laboratoriekrossat

Tabell 8. Medelvärden av kulkvarnsvärde, Los Angeles-värde och micro-Devalvärde för de analyserade bergartsenheter i Partille och Lerums kommuner.

Mean values for the results of the studded tyre, Los Angeles and micro-Deval tests of rock units in the municipalities of Partille and Lerum.

Bkod* Bergartsenhet Rcode Rock unit	Kulkvarnsvärde % Studded tyre test value %			Los Angeles-värde % Los Angeles value %			Micro-Devalvärde % Micro-Deval value %		
	Sprid. Interval	Medelvärde Mean value	Antal prov No. of samples	Sprid. Interval	Medelvärde Mean value	Antal prov No. of samples	Sprid. Interval	Medelvärde Mean value	Antal prov No. of samples
56 Yngre mafiska ba.		24,3	1		26,0	1			
63 Granit (B-sviten)		17,4	1		30,5	1			
70 Granit (Lerumsgranit)	18–23	20,2	3	34–41	37,3	3	13–18	15,5	2
71 Granit (A-sviten)	10–18	13,5	3	20–46	32,2	3	7–12	8,4	3
73 Granodiorit (A-sviten)	15–52	26,8	6	32–64	40,5	6	10–19	21,1	5
74 Tonalit (A-sviten)	17–34	24,0	7	22–64	37,1	7	16–23	18,4	5
76 Äldre mafiska ba. (A-sviten)	16	16,1	2	16–19	17,6	2			
81 Ytbergartsgnejser (Ämålgruppen)	14–27	19,2	3	28–34	31,0	3	10–16	12,8	2
Bergarter relaterade till Mylonitzonen**	6–17	11,0	6	16–20	17,8	6	3–12	6,4	3

* Bergartskod (Bkod) är baserad på bergartens stratigrafiska läge och sammansättning.

** = Starkt deformerade bergarter inom Mylonitzonen, oavsett om de är djup- eller ytbergarter och oberoende av sammansättning, har i många sammanhang visat sig ha bra till mycket bra bergmekaniska egenskaper. Det beror på att de är dynamiskt omkristalliserade varför en genetisk klassificering kan bli starkt missvisande i detta område. Därför har dessa bergarter sammanförts till en egen bergartsgrupp.

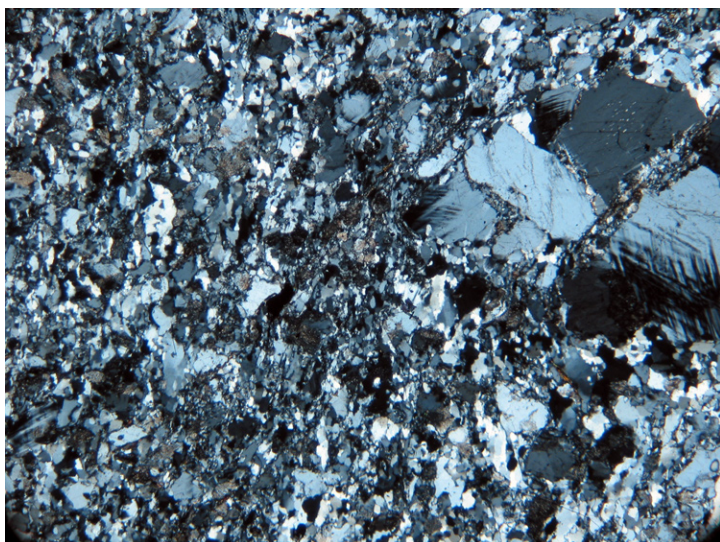


Fig. 11. Mikrofoto av dynamiskt omkristalliserad granit i närheten av "Mylonitzone" (MGO035098A). Avsaknaden av glimmer och den ojämnkorniga texturen ger bergarten dess mycket goda bergmekaniska egenskaper ($A_N = 6,3\%$, $LA = 16,2\%$). Vyn är 4,9–6,5 mm.
Foto Fredrik Hellström.

Microphoto of a dynamically recrystallised granite close to "Mylonitzone" (MGO035098A). The absence of mica and the uneven-grained texture result in very good rock mechanical properties ($STT = 6.3\%$, $LA = 16.2\%$). The field of view is 4.9–6.5 mm.

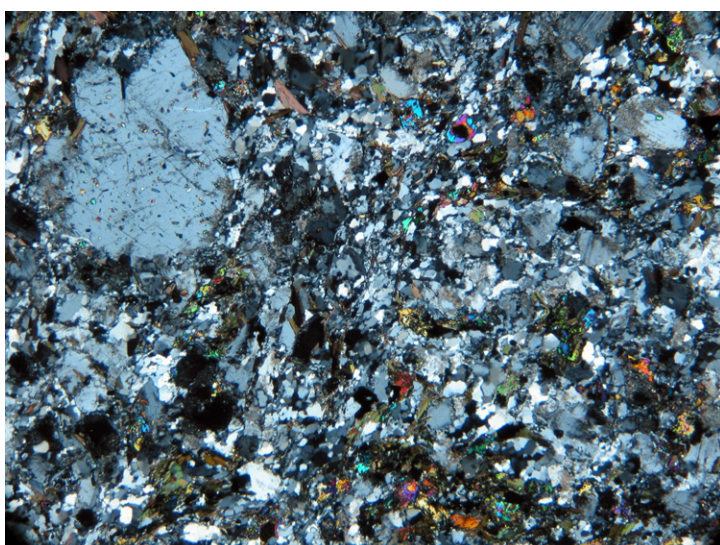


Fig. 12. Mikrofoto av dynamiskt omkristalliserad granit i närheten av Mylonitzone (MGO035098B). En högre halt av glimmer, epidot och amfibol ger bergarten sämre bergmekaniska egenskaper ($A_N = 14,0\%$, $LA = 18,0\%$) än det anslutande provet MGO035098A (fig. 11). Vyn är 4,9–6,5 mm.
Foto Fredrik Hellström.

Micro photo of a dynamically recrystallised granite close to "Mylonitzone" (MGO035098B). A higher content of mica, epidote and amphibole results in worse rock mechanical properties ($STT = 14.0\%$, $LA = 18.0\%$) than the connecting rock sample, MGO035098A (fig. 11). The field of view is 4.9–6.5 mm.

material mer jämförbart med material erhållet från storproduktionsdrift. Los Angeles-värdet (LA) har därefter bestämts på enkelprov med storleksfraktionen 10–14 mm enligt SS-EN 1097-2. Resultaten presenteras i tabell 3. Medelvärden för de olika bergartsenheter redovisas i tabell 8.

LA-värdet är ett mått på bergartens sprödhet. Spridningen av LA-värdena är, liksom för kulkvarnsvärdena, stor inom varje bergartsenhet. Generellt erhåller många av bergartsleden höga till mycket höga (dåliga) LA-värden. Nästan alla bergarter (förutom mafiska bergarter och några få tonaliter) inom A- och B-svitens bergarter har högre LA-värden än 30 %. Bergarter associerade med Mylonitzone har i allmänhet bra LA-värden (<25 %).

Micro-Devalanalys

Micro-Devalvärdet (M_{DE}) är ett mått på bergets nötningsmotstånd och metoden är snarlik kulkvarnsmetoden. Obundna lager är kravsatta med M_{DE} -metoden och inom de närmsta åren kan micro-Deval helt komma att ersätta kulkvarnsmetoden, varför en lokal korrelation mellan de två metoderna anses vara nödvändig att göra. Krossning och siktning har skett på samma sätt som för kulkvarnsanalyserna. Micro-Devalvärdet har därefter bestämts på enkelprov med storleksfraktionen 10–14 mm enligt SS-EN

1097-1. Då analysresultaten hamnat i närheten av klassificeringsgränsvärden (se bilaga 2) har dubbelprov utförts. Resultaten presenteras i tabell 3. Medelvärden för de olika bergartsenheter redovisas i tabell 8. Micro-Devalvärdena följer kulkvarnsvärdena mycket väl och korrelationen mellan dessa metoder, i detta område, är $M_{DE} = 0,77 \times A_N - 1,51$ ($R^2 = 0,97$) att jämföra med den som erhöles av Stenlid (2000), $M_{DE} = 0,86 \times A_N - 2,71$ ($R^2 = 0,95$).

Alkalisilikareaktivitet (ASR)

Analys av (ASR) har utförts vid Cement och Betong Institutet (CBI) i Stockholm. Alkalisilikareaktivitet (ASR) är benägenhet (risk) att kvarts (kiseldioxid) i bergmaterial (ballast) löses upp av starkt basiska, alkalina porlösningar i betongen och bildar en alkalisilikagel (Lagerblad & Trädgårdh 1992). Gelen kan i vissa fall expandera och därmed innebära risk för att betongen spricker. Exempel på reaktiv kvarts och ogynnsamma texturer är i fallande reaktivitetsskala: opal (amorf kvarts), cristobalit, tridymit, deformerad kvarts ”ribbon quartz”, suturerade kornfogar och mikrokristallin kvarts. En tregradig indelning har gjorts enligt RILEM AAR-1 (RILEM 2000a): 1. mycket osannolikt alkalireaktiv, 2. osäker eller potentiell risk, 3. mycket sannolikt alkalireaktiv. Resultaten presenteras i tabell 3.

Tunnslip av alla prover har undersökts. De bergarter som bedömts tillhöra ASR-klass 3 är MGO035098A och B, UJB035003A, UJB035015A samt UJB045017A. Samtliga dessa prover kommer från bergarter associerade med Mylonitzonen eller har suprakrustalt ursprung. Dessa bergarter bör testas vidare med expansionsförsök av betongprismor, RILEM AAR-3 (RILEM 2000b) för att avgöra deras lämplighet som betongballast.

SAMMANSTÄLLNING AV BERGKVALITETSKARTAN

Med utgångspunkt från de analyser som gjorts på olika platser och som ansetts väl representera berggrunden inom undersökningsområdet har en karta över fördelningen av de olika bergkvalitetsklasserna gjorts. Med tanke på berggrundens heterogenitet blir sammanställningen översiktlig, men den kan ändå anses ge en värdefull riktlinje för användaren. Vanligen urskiljs områden med tre kvalitetsklasser, nämligen 1. god, 2. mindre god och 3. dålig kvalitet. Mer än 50 % av makadamproduktionen i Sverige går till vägbyggnation varför berggrund som är direkt olämplig för detta ändamål är mindre intressant för täktverksamhet. Därför baseras ytindelningen på bergkvalitetskartan främst på kulkvarnsvärdena i relation till de krav som ställs i ATB VÄG 2004 (Vägverket 2004). En bedömning har parallellt gjorts av övriga analysresultat (jfr Persson & Schouenborg 1995) såsom Los Angeles-värde, potentiell förekomst av alkalisilikareaktivt material samt geofysisk information. Det är viktigt att bergkvalitetskartan kompletteras med detaljundersökningar vid prospektering och planering för uttag av berg. Provtagningen har, om ej annat anges, omfattat enskilda bergartsled även från markberedningsområden. Dessa resultat överensstämmer följaktligen inte helt med dem som erhålls från storproduktionsdrift.

Som framgår av analysdata, se främst tabell 3 och 8 samt figur 13, är spridningen inom de olika bergartsgrupperna relativt stor. Berggrunden i Partille och Lerums kommuner domineras av klass 3-material. Många bergarter ger höga till mycket höga Los Angeles-värden på grund av den olämpliga mineral-kornstrukturen. Inget område har i sin helhet bedömts tillhöra klass 1. Mindre linser eller gångar bestående av finkornig granit i direkt anslutning till Mylonitzonen erhåller dock låga (6–8 %) kulkvarnsvärden. Bergarterna i Mylonitzonen är vanligtvis finkorniga och ojämnkorniga vilket ger goda tekniska egenskaper. Närheten till glimmeromvandlade bergarter med dåliga tekniska egenskaper gör det dock vanskligt att bedöma dessa områden som bättre än klass 2-material. Fint medelkorniga graniter tillhörande A-sviten och fint medelkorniga, omkristalliserade ytbergartsgnejser har bedömts tillhöra klass 2. Även inom granodioriterna återfinns ibland klass 2-material även om de flesta granodioriter bedömts som klass 3-material. Samtliga tonaliter, grovporfyriska ögongnejser, och grova ögongraniter har bedömts som klass 3-material. Mafiska bergarter har vanligen en utpräglad polygonaltextur och uppträder som små bergartskroppar eller

inneslutningar vilket gör dem olämpliga som ballastmaterial. Kärnpartierna i vissa större områden med mafiska bergarter är skonade från statisk omkristallisering och kan duga som klass 2-material. Kärnor med ultramafitisk sammansättning har bedömts som klass 3-material. Kraftigt ådergnejsomvandlade till migmatitiserade områden har i många fall bedömts vara av sämre kvalitet i förhållande till omgivande berggrund. Starkt deformerad berggrund har i många sammanhang bedömts vara av bättre kvalitet gentemot omgivande berggrund på grund av dess mer komplexa, starkare kornfogar.

REFERENSER

- Ahlin, S., 1980: Beskrivning till berggrundskartan Borås SV. *Sveriges geologiska undersökning Af 130*, 114 s.
- Ahlin, S., 1987: Grus och berg i Lerums kommun 1987:6. Berg för Makadamframställning, *Länsstyrelsen Älvsborgs län*, 43–61.
- Ahlin, S., 1996: Materialförsörjning. Ballast – grus, bergkross, återvinning. Inventering och program. *Bilaga till Alingsås kommun, ÖP 95*, 64 s.
- Banverket, 2004: *BVS 585.52, Makadamballast för järnväg*, Eva-Lotta Olsson, 2004-09-01, 29 s.
- BFS, 1990: Nybyggnadsregler ändringar. *Boverkets författningssamling. BFS 1990:28, Nr 2*, 41 s.
- Boverket 2004: Boverkets handbok om betongkonstruktioner, *BBK 04*, 271 s.
- Eliasson, T. & Bastani, M., 2004: Beskrivning till bergkvalitetskartan Vänersborgs kommun. *Sveriges geologiska undersökning Ba 72 Bk*, 28 s.
- Eliasson, T., Bastani, M. & Göransson, M., 2004: Beskrivning till bergkvalitetskartan Ale kommun. *Sveriges geologiska undersökning Ba 69 Bk*, 22 s.
- FAS-metod 209-98: *Bestämning av flisighetstal*. Föreningen för asfaltbeläggningar i Sverige, 6 s.
- FAS-metod 210-01: *Bestämning av sprödhetstal*. Föreningen för asfaltbeläggningar i Sverige, 5 s.
- FAS-metod 221-98: *Bestämning av kornstorleksfördelning genom siktningsanalys*. Föreningen för asfaltbeläggningar i Sverige, 7 s.
- Geologkonsult, 1995: *Inventering av naturgrus samt berg för krossning i Alingsås kommun*, 53 s.
- Göransson, M., Bergström, U. & Shomali, H., 2007a: Beskrivning till bergkvalitetskartan del av Mölndals kommun. *Sveriges geologiska undersökning K 67*, 28 s.

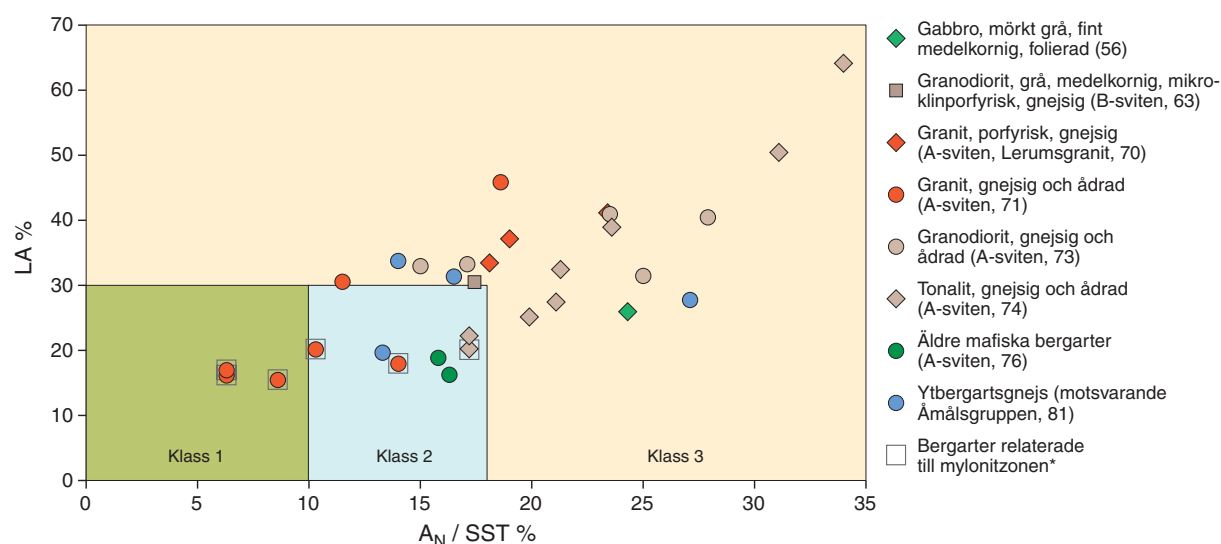


Fig. 13. Diagram som visar de tekniska analysresultaten, kulkvarnsvärde (A_N) och Los Angeles-värde (LA) för de olika bergartsproverna i kommunerna. Klassificeringen (1–3) avser vägmakadam och är endast baserad på de ovanstående två parametrarna varför vissa avvikelser kan finnas jämfört med de övriga data som redovisas i tabell 3.

Diagram showing the results of technical analysis, studded tyre test value (STT) and Los Angeles-value (LA) for the different rock samples of the municipalities. Classification (1–3) for road-material in the diagram is only based on LA and STT why some divergences may occur compared to the data in table 3.

- Göransson, M., Bergström, U. & Shomali, H., 2007b: Beskrivning till bergkvalitetskartan Alingsås kommun. *Sveriges geologiska undersökning K 68*, 30 s.
- Göransson, M., Bergström, U. & Shomali, H., 2008: Beskrivning till Bergkvalitetskartan Härryda och Bollebygd kommuner. *Sveriges geologiska undersökning K 95*, 30 s.
- Lagerblad B. & Trädgårdh J., 1992: Alkalisilikareaktioner i svensk betong. *Cement och Betong Institutet. CBI rapport 4:92*, 74 s.
- Lagerblad B. & Trädgårdh J., 1995: Ballast för betong. *Cement och Betong Institutet. CBI rapport 4:95*, 78 s.
- Lerums kommun, 2001: *Översiktsplan 2000*, 211 s.
- Lundqvist, I. & Skiöld, T., 1993: U-Pb zircon dating of volcanic rocks of the Åmål Group, western Sweden. I T. Lundqvist: Radiometric dating results. *Sveriges geologiska undersökning C 823*, 24–31.
- Lundqvist, I., 1997: Berggrundskartan 6B Kungsbacka SO, skala 1:50 000. *Sveriges geologiska undersökning Af 187*.
- Lundqvist, T., Bygghammar, B., Stephens, M.B., Beckholmen, M. & Norling, E., 1995: *Berg och jord*. Sveriges Nationalatlas (digitalt format, karta publicerad i skala 1:1 250 000).
- Partille kommun, 1990: *Översiktsplan 1990. Kapitel 6. Miljö, hälsa och risker*, 95–112.
- Persson, L., Eliasson, T., Göransson, M., Kero, L., Lundqvist, S. & Sträng, M., 2000: Beskrivning till bergkvalitetskartan över Göteborgs kommun. *Sveriges geologiska undersökning Ba 59 Bk*, 20 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*, 32–37.
- RILEM Recommended test method AAR-1, 2000a: Detection of potential alkali-reactivity of aggregates – Petrographic method. *Materials and structures 36*, 480–496.
- RILEM Recommended test method AAR-3, 2000b: Detection of potential alkali-reactivity of aggregates – method for aggregate combinations using concrete prisms. *Materials and structures 33*, 290–293.
- Samuelsson, L., 1978a: Berggrundskartan 7B Göteborg SO, skala 1:50 000. *Sveriges geologiska undersökning Af 117*.
- Samuelsson, L., 1978b: Beskrivning till berggrundskartan Göteborg SO. *Sveriges geologiska undersökning Af 117*, 85 s.
- Samuelsson, L., 1982: Berggrundskartan Kungsbacka NO, skala 1:50 000. *Sveriges geologiska undersökning Af 124*. Samuelsson, L., 1985a: Berggrundskartan 7B Göteborg NO, skala 1:50 000. *Sveriges geologiska undersökning Af 136*.
- Samuelsson, L., 1985b: Beskrivning till berggrundskartan Göteborg NO. *Sveriges geologiska undersökning Af 136*, 101 s.
- Stenlid, L., 1996: Klassificering av bergarter med Los Angeles-trumma. *Slutrapport SBUF projekt nr 2135. Skanska Mellansverige AB, Väglaboratoriet Bålsta*, 84 s.
- Stenlid, L., 2000: Utvärdering av micro-Devalmetoden. *Slutrapport SBUF projekt nr 5002. Skanska Sverige AB, Vägtekniskt Centrum Nord, Bålsta*, 16 s.
- Sundevall, S.E., 1988: Markradonutredning för Partille kommun. *IRAP 88440. Sveriges Geologiska AB*, 32 s.
- Svensk Standard, 1997a: *SS-EN 1097-1 Ballast – Mekaniska och fysikaliska egenskaper – Del 1: Bestämning av nötningsmotstånd (micro-Deval)*. Swedish Standards Institute, 11 s.
- Svensk Standard, 1997b: *SS-EN 1097-2 Ballast – Mekaniska och fysikaliska egenskaper – Del 2: Bestämning av motstånd mot sönderdelning*. Swedish Standards Institute, 29 s.
- Svensk Standard, 2000: *SS-EN 1367-1 Tests for thermal and weathering properties of aggregates – Part 1: Determination of resistance to freezing and thawing*. Swedish Standards Institute, 14 s.
- Svensk Standard, 2002: *SS-EN 13383-1 Armourstone – Part 1: Specification*. Swedish Standards Institute, 40 s.
- Svensk Standard, 2003: *SS-EN 13450 Makadamballast för järnväg*. Swedish Standards Institute, 35 s.
- Svensk Standard, 2004a: *SS 137003 Betong – Användning av EN 206-1 i Sverige*. Swedish Standards Institute, 19 s.
- Svensk Standard, 2004b: *SS-EN 933-4 Ballast – Geometriska egenskaper – Del 4: Bestämning av kornform –*

- LT-index*. Swedish Standards Institute, 11 s.
- Svensk Standard, 2004c: *SS-EN 1097-6 Ballast – Mekaniska och fysikaliska egenskaper – Del 6: Bestämning av korndensitet och vattenabsorption*. Swedish Standards Institute, 3 s.
- Svensk Standard, 2004d: *SS-EN 1097-9 Ballast – Mekaniska och fysikaliska egenskaper – Del 9: Bestämning av motstånd mot nötning av dubbdäck (Nordiska kulkvarnsmetoden)*. Swedish Standards Institute, 12 s.
- Swedish concrete association, 1991. Durable concrete structures. *Concrete Report No. 1 (E)*. Swedish Concrete Association, 55 s.
- Trädgårdh, J. & Lagerblad B., 1996: Influence of ASR cracking on the frost resistance of concrete. *Cement och Betong Institutet. CBI rapport 1:96*, 48 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, 81 s.
- Welin, E. och Samuelsson L., 1987: Rb-Sr and U-Pb isotope studies of granitoid plutons in the Göteborg region, southwestern Sweden. *Geologiska Föreningens i Stockholm Förhandlingar 109*, 39–45.
- Wik, N.-G., Lundqvist, I., Selinus, O., Sivhed, U., Sundberg, A. & Wikström, A., 2002: Malmer, industriella mineral och bergarter i Västra Götalands län, inklusive kommunerna Habo och Mullsjö. *Sveriges geologiska undersökning Rapporter och meddelanden 108*, 231 s.
- VVMB 613, 2001: Bestämning av glimmerhalt i materialets finfraktion, Vägverkets metodbeskrivningar till ATB Väg, *VV Publ. 2001:100*, 8 s.

Vägverket 2004: Allmän teknisk beskrivning för vägkonstruktion *ATB VÄG 2004 Publ 2004:111*, 541 s.
Åkerblom, G., Petterson, B. & Rosén, B., 1990: Markradon. Handbok för undersökning av markradonförhållanden. *Byggforskningsrådets rapport R85:1988, reviderad utgåva 1990*, 160 s.

Bilaga 1

GEOFYSISK METODIK

Partille och Lerums kommuner är täckta genom geofysiska flygmätningar (magnetiska, elektromagnetiska och radiometrisk) samt genom tyngdkraftsmätningar. Flygmätningarna utfördes under åren 1973 till 2000 med 200 meters linjeavstånd och 16–40 m punkttäthet på höjdnivån 30 m och, från och med 1995, på 60 m. Geofysiska flygdata används bl.a. vid en bedömning av potentiella sprickzoner i berggrunden, för att lokalisera områden med förhöjd gammastrålning samt för att planera de geofysiska markmätningarna. Vid flygmagnetiska mätningar uppmäts det jordmagnetiska fältets totalintensitet (fig. 4). Variationer i magnetfältet beror framför allt på olika bergarters innehåll av mineralet magnetit. Störningar i det magnetiska mönstret kan t.ex. indikera förkastningar i berggrunden. Lågmagnetiska, linjära zoner indikerar ofta sprickzoner i berggrunden.

Vid flygelektromagnetiska VLF-mätningar mäts den magnetiska komponenten av signalen från en avlägsen radiosändare i VLF-bandet ("very low frequency", 10–30 kHz). Metoden används för att detektera elektriskt ledande strukturer i berggrunden såsom vattenfyllda sprickzoner eller förekomsten av elektriskt ledande mineral, t.ex. grafit och magnetkis. Fram till början av 1990-talet registrerades VLF-fältet vid de flesta flygmätningar endast från en sändare. En nackdel med dessa data är att responsen är beroende av riktningen till sändaren, dvs. ledande strukturer som sträcker sig vinkelrätt mot riktningen till sändaren kan inte identifieras. Vid flygmätningarna över Partille och Lerums kommuner utnyttjades endast en sändare (fig. 5). Numera utförs VLF-mätningar med två sändare samtidigt och den riktningberoende effekten har eliminerats. Det är även möjligt att beräkna markens elektriska resistivitet från VLF-data vilket innebär att det nu är lättare att urskilja resistiva bergartsenheter från mer konduktiva (ledande) strukturer. Kombinationen av VLF-data och magnetiska data är även ett utmärkt underlag för uppföljning av till exempel grafit- och magnetkisförande stråk i områden med metasedimentär berggrund.

Strålningsdata från flygmätningar innehåller gammaspektrum av de naturliga radioaktiva grundämnen kalium (kalium-40), uran (uran-238) och torium (torium-232). Information om halterna av dessa tre grundämnen utnyttjades för att identifiera områden med förhöjd gammastrålning (fig. 10). Halten av framför allt uran kan påverka bergartens användbarhet till betongballast.

Vid SGUs tyngdkraftmätningar mäts den vertikala komponenten av gravitationsfältet. Avvikelse i fältet från ett referensfält (referensgeoidfält), s.k. Bougueranomaly, avspeglar variationen av berggrundens densitet. Mätningarna används främst vid berggrundskartläggning och vid prospektering efter malmer.

Bilaga 2

KVALITETSKLASSNING AV PROVER

En bedömning har gjorts av användbarheten av analyserade prover (tabell 3) till betongballast, makadamballast för järnväg och vägmakadam (jfr Persson och Schouenborg 1995, 1996). Erhållna tekniska analyser har även jämförts med det stora antal som redovisats av Stenlid (1996), Eliasson & Bastani (2004), Eliasson m.fl. (2004) och av Persson m.fl. (2000 b).

Kulkvarns- och micro-Devalanalys har utförts som enkelprov i de fall resultatet inte hamnat inom intervallen 9–11 och 17–24 % för kulkvarn samt 19–26 % för micro-Deval, då dubbelprov analyserats.

En god korrelation finns mellan sprödhetstal (s , 8–11 mm, FAS-metod 210-01) och Los Angeles-värde (LA, 10–14 mm), $s = 0,82 \times LA + 26,1$ alternativt $s = 20,9 \times \ln(LA) - 19,2$, (Stenlid 1996) av vilken anledning det förra kan uppskattas med hjälp av det senare.

Vägmakadam

Kvalitetsklassningen för användning av stenmaterial i väg grundar sig på av Vägverket (2004) fastställda krav i ATB VÄG 2004. Följande generella indelning används som utgångspunkt för klassindelningen av provena för vägmakadam:

1	Berget bedöms kunna användas både som slitlager*, massabeläggningar, bärlager och förstärkningslager. Kulkvarnsvärde <10 % och Los Angeles-värde <30 %. * = Ej till slitlagerskikt för vägar med höga ÅDT-tal (årsdygnstrafik, motorvägar etc.) för vilka det krävs <7 % A_N . 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. Kulkvarnsvärde <18 % och Los Angeles-värde <30 %. Se vidare krav i ATB VÄG 2004.
2,5	Osäker klasstillhörighet mellan klass 2 och 3.
3	Produktion som slitlager och massabeläggningar är starkt begränsad till obefintlig. Bärlager och förstärkningslager är fortfarande möjligt. Kulkvarnsvärde >18 % eller Los Angeles-värde >30 %. Se vidare krav i ATB VÄG 2004.

Makadamballast för järnväg

Kvalitetsklassningen för användning av stenmaterial som makadamballast för järnväg grundar sig på krav uppställda av Banverket (2004). Kraven är en nationell av EUs produktstandard för ”Makadamballast för järnvägar” (SS-EN 13450). Glimmerhalten bör vara låg (<25 %), då glimmer vanligtvis sänker hållfastheten, minskar bergartens förmåga att motstå vittring samt ger olämplig kornform vid alltför höga koncentrationer. Kvartsrika bergarter ska undvikas på grund av arbetsmiljöskäl. Motstånd mot fragmentering skall minst uppfylla kraven för kategori LA_{RB}20 (Los Angeles-värde ≤20 viktsprocent), bestämd på fraktion 31,5–50 mm (vilket ungefär motsvarar ett LA-värde på 30 %, bestämd på 10–14 mm). Vattenabsorptionen (enligt SS-EN 1097-6) får inte överstiga 1 %. Den färdiga produkten bör ha en så kantig, kubisk form som möjligt. LT-index (SS-EN 933-4) ska vara lägst 20. Vidare finns krav på kornlängden införda i BVS 585.52 (Banverket 2004).

Klass 1 uppfyller alla nämnda krav, medan klass 2 har sämre tekniska egenskaper eller hög glimmerhalt vilket bl.a. påverkar frostbeständigheten. Klass 3 har dåliga tekniska egenskaper (framför allt hög till mycket hög sprödhet). Följande generella indelning används som utgångspunkt för klassindelningen för makadamballast för järnväg:

1	Berget bedöms <i>vara lämpligt</i> som makadamballast för järnväg. Berget bedöms klara alla av Banverket föreskrivna krav för makadamballast (BVS 585.52) såsom sprödhetstal <50 % alt. Los Angeles-värde (fraktion 10–14) <30 %, glimmerhalt <15 % (utan olämplig textur som spaltbara glimmerplan), ej kvartsit, vattenabsorption <1 %.
1,5	Osäker klasstillhörighet mellan klass 1 och 2.
2	Berget bedöms <i>kunna användas</i> som makadamballast för järnväg. Glimmerhalt >15 % alternativt heterogena partier med lokalt kraftigt förhöjd glimmerhalt. Svårt att uppfylla övriga krav enligt klass 1.
2,5	Osäker klasstillhörighet mellan klass 2 och 3.
3	Berget bedöms <i>inte kunna användas</i> som makadamballast för järnväg. Berget bedöms inte klara alla av Banverket föreskrivna krav för makadamballast (BVS 585.52) såsom sprödhetstal <50 % alt. Los Angeles-värde (fraktion 10–14) <30 %, glimmerhalt <25 %, ej kvartsit, vattenabsorption <1 %.

Betongballast

Kvalitetsklassningen av berg för betong är främst baserad på en samlad bedömning av kvalitativa parametrar. Det som har legat till grund för klassningen är strålningen, mineralsammansättning (t.ex. glimmerinnehåll), omvandlingsgrad, förekomst av alkalisilikareaktivt material och sulfider (se vidare Lagerblad & Trädgårdh 1995, Trädgårdh & Lagerblad B 1996, EN 206-1 i SS 137003, SS-EN 1097-6, Swedish concrete association 1991, Boverket 2004). Tre klasser har använts (1–3). Klass 1 omfattar bergarter med normalt goda egenskaper för betongberedning. Klass 2-bergarter har tämligen goda egenskaper men bör ej användas i betongaggressiv miljö utan förprovning. Klass 3-bergarter har generellt dåliga egenskaper och bör undvikas eller eventuellt förprovas. Bergarter för högtrafikerade betongvägar, dvs. med materialkvalitet motsvarande kvartsit eller porfyr, bedöms ej finnas i kommunen. Följande generella indelning används som utgångspunkt för klassindelningen för betongballast:

1	Berget bedöms <i>vara lämpligt</i> som betongballast. Berget bedöms klara föreskrivna krav eller rekommendationer såsom låg till moderat glimmerhalt, låg halt av vittringsbenägna och skadliga mineral (sulfider, salter, svällare, alkalisilikareaktiva mineral (se RILEM AAR-1) etc.), låg porositet, vattenabsorption <1,0 %, Ballasten bör dessutom ej överstiga 1,0 i radiumindex eller 2,0 i gammaindex.
1,5	Osäker klasstillhörighet mellan klass 1 och 2.
2	Berget bedöms <i>kunna användas</i> som betongballast. Heterogena partier med lokalt kraftigt förhöjd glimmerhalt. Svårt att uppfylla övriga krav enligt klass 1.
2,5	Osäker klasstillhörighet mellan klass 2 och 3.
3	Berget bedöms <i>inte kunna användas</i> som betongballast. Berget bedöms <i>inte</i> klara föreskrivna krav eller rekommendationer såsom låg till moderat glimmerhalt, låg halt av vittringsbenägna och skadliga mineral (sulfider, salter, svällare, alkalisilikareaktiva mineral (se RILEM AAR-1) etc.), låg porositet, vattenabsorption <1,0 %, radiumindex <1,0 eller <2,0 i gammaindex.

Vattenbyggnadssten

Vid användandet av vattenbyggnadssten (grova aggregat som används i vattenmiljö t.ex. som erosionskydd vid havskust, i sjöar eller vid vattendrag) finns olika krav på bl.a. microDevalvärdet, densitet, tryckhållfasthet och vattenabsorption beroende på vilken typ av hydraulisk miljö som ett bergmaterial skall placeras i (SS-EN 13383-1, Svensk Standard, 2002). Om vattenabsorptionen för ett bergmaterial som ska användas som vattenbyggnadssten överskrider 0,5 % ($WA_{0,5}$) krävs normalt att en frys-töprovning (SS-EN 1367-1, Svensk Standard, 2000) utförs. Vattenbyggnadssten skall också vara fri från framträdande diskontinuiteter såsom sprickor, ådror, lamineringar, foliationsplan, bergartskontakter m.m. vilka anses kunna resultera i en uppsprickning av aggregatet i samband med avlastning, utplacering eller belastning.

