

Beskrivning till bergkvalitetskartan Härryda och Bollebygds kommuner

Mattias Göransson, Ulf Bergström
& Hossein Shomali



SGU

Sveriges geologiska undersökning

ISSN 1652-8336
ISBN 978-91-7158-812-8

Omslagsbild: Kraftigt uppsprucken och starkt folierad berggrund i Hindås i de centrala delarna av Mylonitzonen (6402697/1301300). Foto Mattias Göransson.
Heavily jointed rock mass at Hindås in the central parts of the Mylonite zone (6402697/1301300).

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

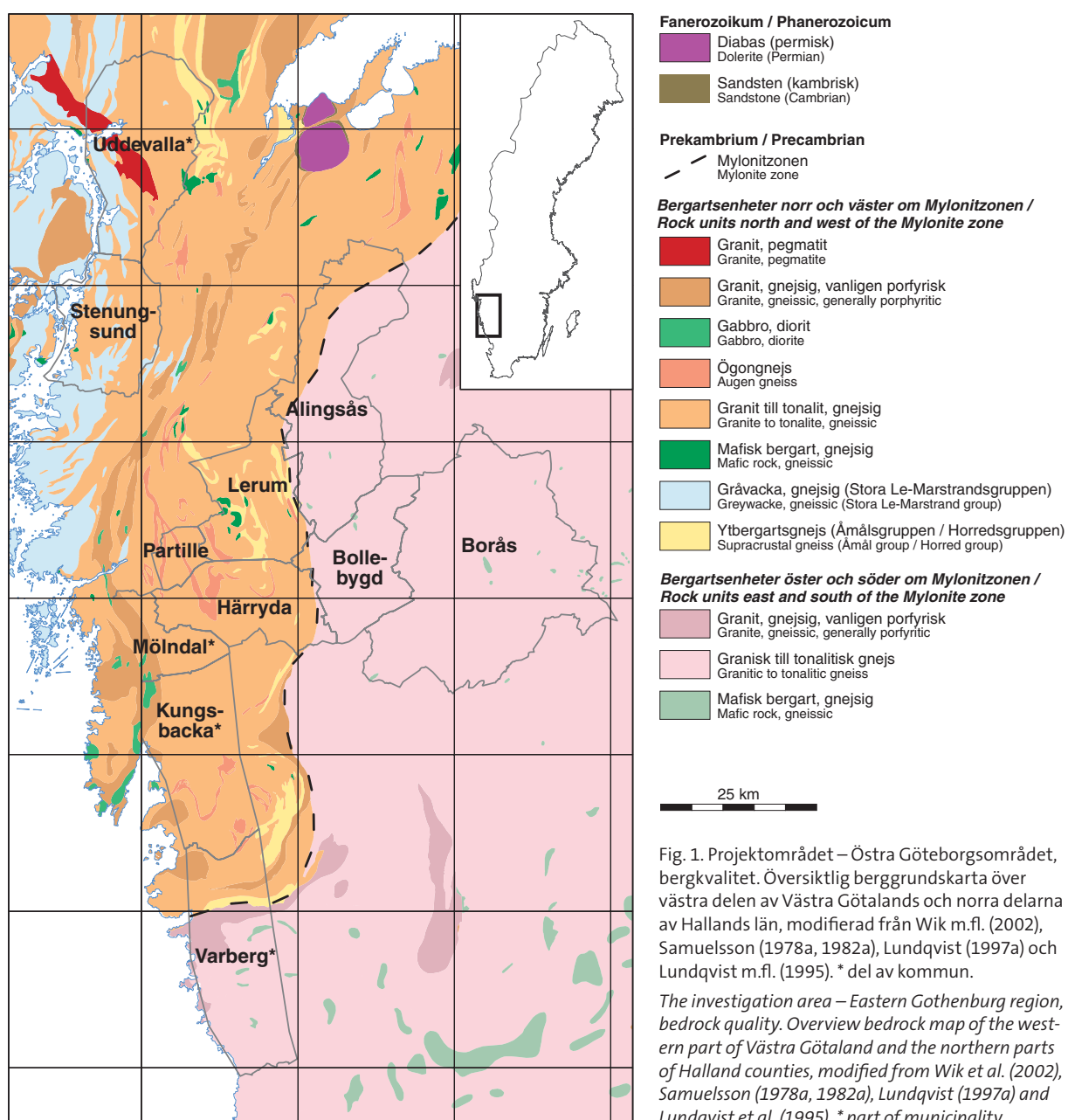
INNEHÅLLSFÖRTECKNING

Inledning	4
Metodik	5
Allmän geologi och geofysik	7
Bergarternas utseende, sammansättning och egenskaper	12
Bergartsbeskrivning	12
Petrografisk analys	15
Geofysiska parametrar	16
Berggrundens strukturer, deformationszoner och sprickor	16
Berggrundens strålningsegenskaper	18
Tekniska analyser	20
Kulkvarnsanalys	21
Los Angeles-analys	21
Micro-Devalanalys	21
Alkalisilikareaktivitet (ASR)	22
Sammanställning av bergkvalitetskartan	22
Referenser	25
Bilaga 1	28
Geofysisk metodik	28
Bilaga 2	29
Kvalitetsklassning av prover	29
Vägmakadam	29
Makadamballast för järnväg	29
Betongballast	30
Vattenbyggnadssten	30

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 krossbergproduktion. Bergkvalitetsundersökningen i Härryda och Bollebygds kommuner är en del av projektet "Östra Göteborgsområdet, bergkvalitet", vilket startade år 2003 och slutfördes 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, Borås, Kungälv, Lerum, Mölndal, Partille, Stenungsund, Uddevalla och Varberg (fig. 1).

Arbetet med bergkvalitetskartan för Härryda och Bollebygds 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 om behovet av översiktlig bergkvalitetsinformation.

Undersökningsområdet inom Bollebygds kommun omfattar 283 km² med en befolkning på ca 7 900 personer. Undersökningsområdet inom Härryda kommun omfattar 293 km² med en befolkning på ca 30 200 personer. I dessa två kommuner finns bl.a. de större orterna Bollebygd, Hindås, Hultafors, Härryda, Landvetter, Mölnlycke, Olsfors, Pixbo, Råda, Rävlanda och Töllsjö.

I Härryda kommun bryter Härryda Kross AB en grå, medelkornig, ådrad, gnejsig granit vid Bråta (6400260/1281200) och Skanska Asfalt och Betong Väst bryter vid Bugärde (MGO035016A, 6400387/1294106) en grå, medelkornig granit. Dessutom sker berggutttag av en grå, medelkornig granit till granodiorit vid Björröd (MGO035014, 6400222/1287529) av H Agerbloms Grus och Kross AB i samband med markberedning (se fig. 2). I Bollebygds kommun bryter H Agerbloms Grus och Kross AB en röd till grå, medelkornig, ådrad, granitisk gnejs vid Bortstagärde (MGO035010, 6404227/1307632). Ett nedlagt stenbrott finns vid Grönbo (MGO035046, 6393969/1308354) där en rödgrå, medelkornig, ådergnejsomvandlad granit till granodiorit har brutits.

De tryckta berggrundskartorna i skala 1:50 000 med beskrivningar, 7B Göteborg SO (Samuelsson 1978a,b), 6B Kungsbacka NO (Samuelsson 1982a,b) och 7C Borås SV (Ahlin 1980a,b) täcker ca 85 % av kommunerna. Resterande 15 % har karterats under tiden 2003 till 2005 inom projektet Östra Göteborgsområdet – berg, lokal. Berggrunden i kommunerna består av prekambrisk bergarter (fig. 3) bildade för ca 1 670 till 1 550 miljoner år sedan.

METODIK

Bergkvalitetskartan bygger på den tidigare genomförda berggrundskarteringen (se ovan) och grundar sig på en fältkontroll av de dominerande bergartsenheter på ett antal valda lokaler. En del lokaler har undersökts närmare, och från var och en av dessa har ca 70 kg bergmaterial provtagits för teknisk analys. 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, alkalisilika-reaktivitet (ASR) 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 ådergnejsområdena, har i vissa fall mer än ett prov tagits. Gammastrålningsmätningar har dels skett vid



Fig. 2. Berggutttag av en grå medelkornig granit till granodiorit vid Björröd (MGO035014, 6400222/1287529). Vyn är ca 7 meter bred. Foto Mattias Göransson.

Excavation of a grey, medium-grained granite to granodiorite at Björröd (MGO035014, 6400222/1287529). The field of view is approximately 7 meters across.

de flesta provlokalerna och dels på separata platser. Utöver de inom projektet provtagna lokalerna grundar sig bergkvalitetskartan på tidigare publicerade tekniska, petrografiska och geokemiska analyser från kommunala krossbergsinventeringar och SGUs berggrundskartering. Alla petrografiska data redovisas i tabell 1. Alla tekniska analysvärden redovisas i tabell 2.

På bergkvalitetskartan är bergartsstrukturer som foliation eller gnejsighet ihopdragna till s.k. strukturella formlinjer för plastisk deformation och dessutom redovisas zoner med starkt deformerad berggrund, vilka kan representera bergartens interna svaghetsstrukturer efter vilken riktning uppsprickning lätt sker, t.ex. i samband med sprängning. Många av zonerna är tolkade från de flyggeofysiska kartorna (bil. 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 utgör svaghetszoner som består av sprickor med varierande stupningsriktningar. Det är dock viktigt att notera att lineamenten inte alltid motsvarar verkliga sprickor, sprickzoner eller förkastningar.

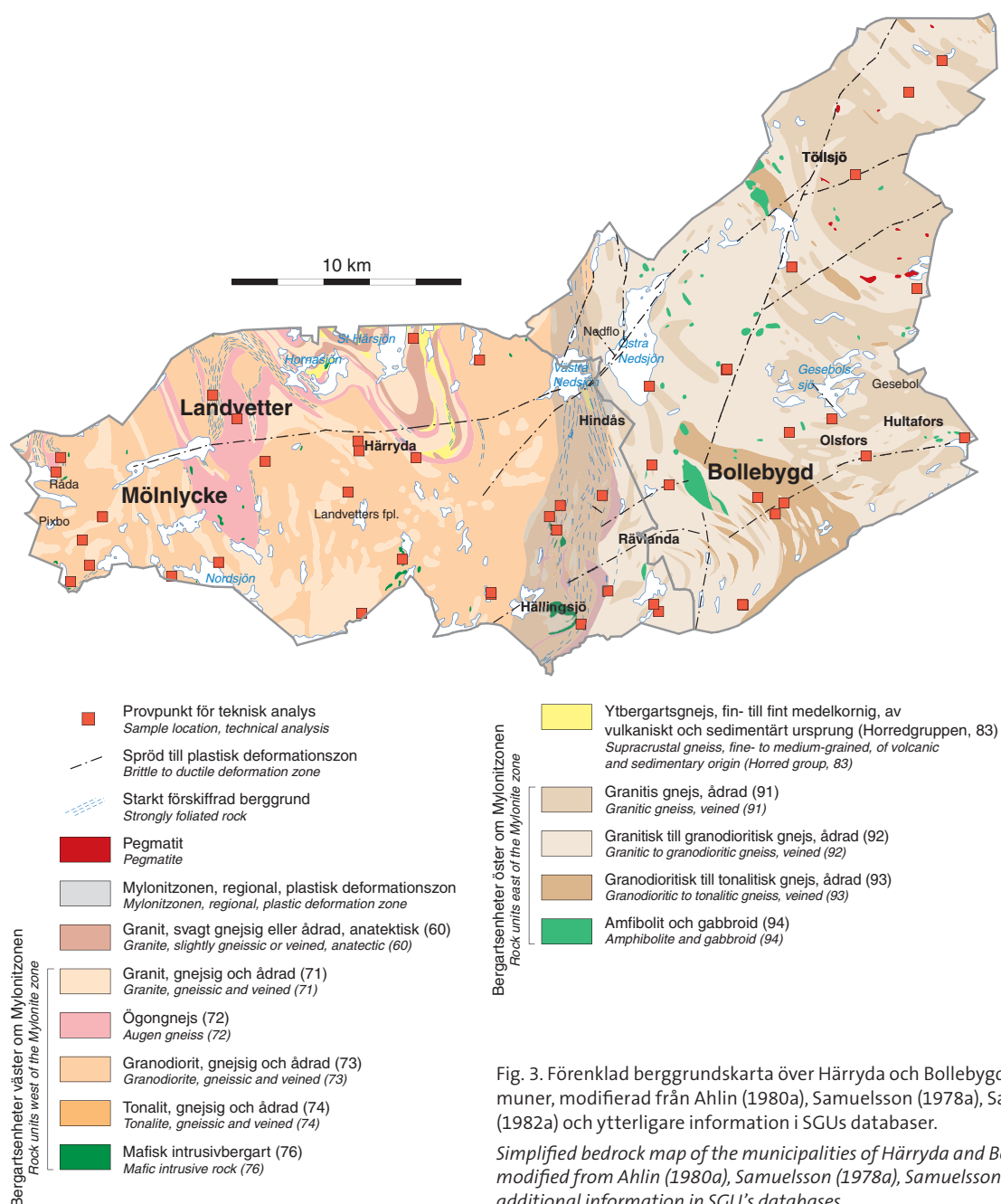


Fig. 3. Förenklad berggrundskarta över Härryda och Bollebygds kommuner, modifierad från Ahlin (1980a), Samuelsson (1978a), Samuelsson (1982a) och ytterligare information i SGUs databaser.

Simplified bedrock map of the municipalities of Härryda and Bollebygd, modified from Ahlin (1980a), Samuelsson (1978a), Samuelsson (1982a) and additional information in SGU's databases.

Data om djupet till urberget (jorddjupet) har erhållits från SGUs brunnarsarkiv och redovisas i tre klasser, nämligen <2, 2–5 och >5 meter. Totalt redovisas 1 141 brunnar i databasen och i 112 av dessa är jorddjupet större än eller lika med 10 m. De största jorddjupen, 49 m, finns i två brunnar vid Nedflo (6405425/1301012) norr om Hindås och Värred (6396700/1303920) nära Rävlanda.

ALLMÄN GEOLOGI OCH GEOFYSIK

Härryda kommun domineras av gnejsiga, granitoida, vanligen granodioritiska djupbergarter bildade för ca 1 600 miljoner år sedan. Graniter och granodioriter är ställvis ögonförande (ögongnejser). Mitt i undersökningsområdet löper en ca 3 km bred zon, Mylonitzonen, med nordostlig strykning. Utefter denna har berggrunden varit utsatt för kraftig deformation. Bergarter öster om Mylonitzonen, vilka utgör större delen av Bollebygdskommun, präglas på många håll av kraftig ådergnejsomvandling och migmatitisering vilket bergarterna väster om Mylonitzonen saknar. Mylonitzonen antas ha bildats för ca 1 000 miljoner år sedan i samband med storskaliga tektoniska rörelser i samband med den svekonorvegiska bergskedjeveckningen (orogenesen). Berggrunden är i denna zon mer heterogen än i omgivningen. Den magnetiska anomalikartan över Härryda och Bollebygdskommunerna (fig. 4) framhäver de olika magnetise-

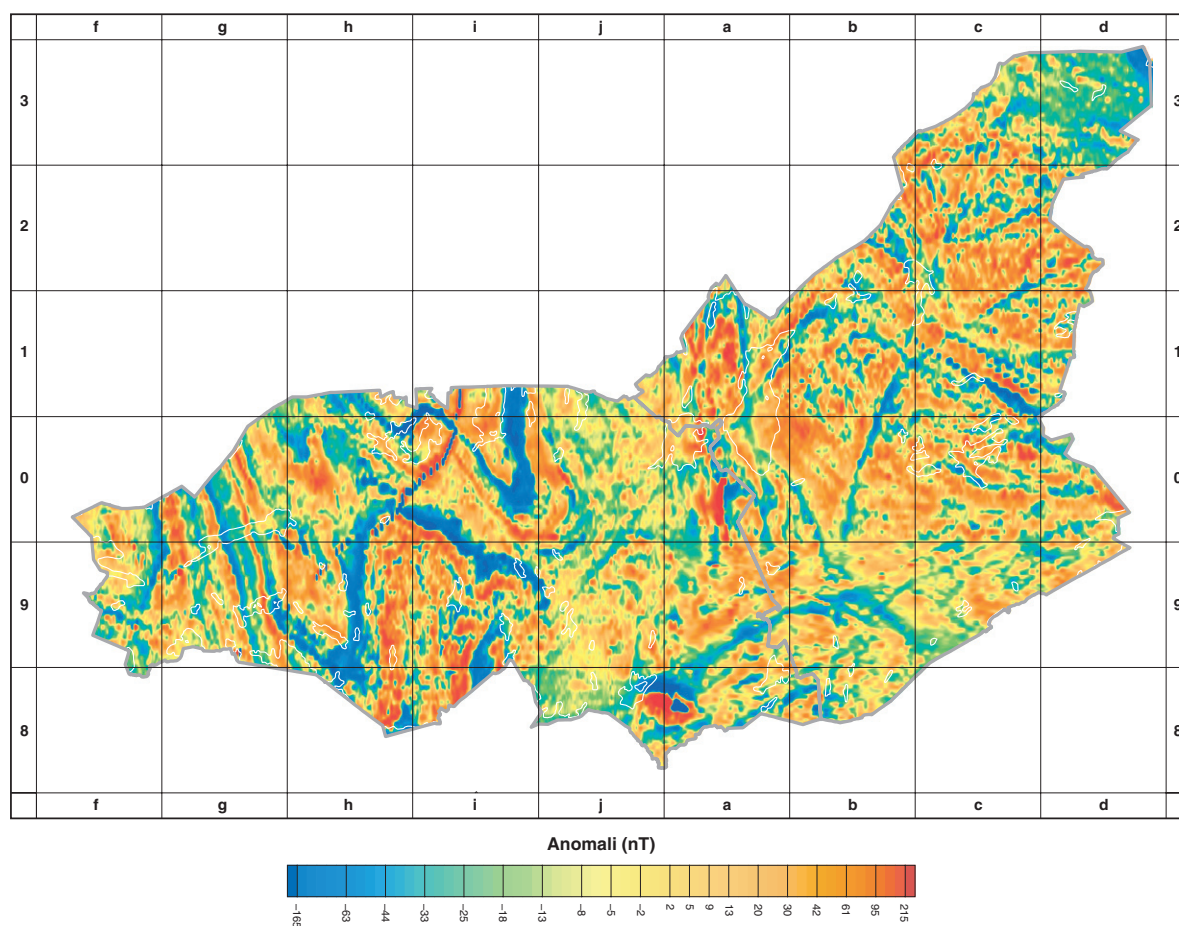


Fig. 4. Magnetisk anomalikarta över Härryda och Bollebygdskommuner. Magnetiska data är reducerade till epok 1965.0. Kartan visar magnetfältet efter filtrering för att framhäva anomalier orsakade av ytliga strukturer (på djup ned till ca 250 m). Den baseras på flygburna mätningar utförda under 1970-talet på 30 meters flyghöjd med ett linjeavstånd av 200 meter och en öst-västlig flygriktning samt senare mätningar på 60 meters flyghöjd med en nord-sydlig flygriktning.

Magnetic anomaly map over the municipalities of Härryda and Bollebygd. 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 the 1970s with an east–west flight-direction, a 30 meter flight-height, and a line spacing of 200 meter. and recent measurements with a north–south flight-direction and a 60 meter flight-height.

Tabell 1. Mineralfördelning (volymprocent) och kornstorlek (mm) hos bergarter från kartområdet Härryda och Bollebygds kommuner. Bkod är en grupperingskod som baseras på bergartens stratigrafiskt läge och sammansättning. "Övrigt" innefattar t.ex. allanit, granat, prehnit, zirkon och oidentifierade finkorniga mineral. Med kornstorlek avses storleksintervallet för huvuddelen av de enskilda mineralkornen 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 Härryda and Bollebygd. 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	Biotit	Muskovit	Klorit	Epidot	Titanit	Amfibol	Opak	Övrigt
Sample	Rcode	Rock description	Grain-size (mm)	Quartz	Pot.feldspar	Plagioclase	Biotite	Muscovite	Chlorite	Epidote	Titanite	Amphibole	Opaque	Other
DCL032002A	76	Amfibolit, grå till svart, finkornig till medelkornig, förskiffrad, stänglig, bandad	0,4–0,8	8,2		33,1	7,6			1,4		45,8	2,9	1,0
MGO035004A	72	Granodiorit, grå till rödgrå, medelkornig, grovporfyrisk, bandad	0,8–2,4	31,2	28,8	30,8	6,2	1,6		0,4	0,4		0,6	s
MGO035005A	71	Granit, ljusfärgad röd till grå, fint medelkornig, förskiffrad, ådrad	0,6–1,2	36,7	36,0	17,0	9,3						1,0	s
MGO035006A	74	Tonalit, grå, medelkornig, ådergnejsomvandlad	0,2–3,0	36,0		33,6	22,0		0,6	5,6		2,2		s
MGO035010A	92	Granit, röd, medelkornig, ådrad, gnejsig	0,5–1,0	27,3	22,3	39,8	7,0		0,8		0,4	0,8	0,4	1,2
MGO035010B	93	Granodiorit, grå, medelkornig, ådrad, gnejsig	1,0–1,6	21,9	18,4	47,0	4,3				0,4	6,7	1,2	s
MGO035013A	79	Tonalit, grå, finkornig till fint medelkornig, gnejsig	0,4–0,8	23,0		40,0	19,1		0,6	4,7	1,6	9,1	1,6	0,4
MGO035014A	71	Granit, grå, medelkornig, gnejsig	0,5–1,8 (0,2–0,5)	28,7	20,0	33,9	14,6	0,6	0,2	1,6				0,4
MGO035015A	71	Granit, grå, fint medelkornig, ådrad	0,7–2,0 (0,2–0,7)	34,2	22,0	34,4	6,0		1,8		1,4			0,2
MGO035016A	71	Granit, grå, medelkornig, ådrad	0,6–1,5	34,5	26,0	28,8	6,5	0,2		1,6	1,0		1,4	s
MGO035018A	71	Granit, grå, grovt medelkornig, förskiffrad	0,5–1,9 (0,1–0,5)	27,3	18,7	30,9	15,1		0,8	4,8	1,4	0,2	0,6	0,2
MGO035023A	74	Tonalit, ljusfärgad grå, medelkornig, förskiffrad	0,5–1,0	23,8		30,4	31,2		0,2	11,4	0,6		0,4	2,0
MGO035024A	71	Granit, grå till rödgrå, finkornig till medelkornig, ådrad	0,3–0,8 (0,8–1,5)	30,4	22,4	33,8	10,4	0,2		2,2	0,6			s
MGO035025A	71	Granit, grå till ljusfärgad röd, finkornig till medelkornig, förskiffrad	0,3–1,0 (2,0–3,0)	20,8	33,6	34,4	2,2	8,0		0,2			0,4	0,4
MGO035027A	60	Granodiorit, grå till rödgrå, medelkornig, förskiffrad, stänglig	0,3–1,0 (1,0–3,5)	43,4	5,8	26,2	11,0	12,2	1,0					0,4
MGO035028A	74	Tonalit, grå, medelkornig, förskiffrad, ådrad, gnejsig	0,4–2,0 (0,1–0,4)	22,0		45,8	17,6		0,2	9,0	0,6	4,4		0,4
MGO035031A	73	Granodiorit, rödgrå, medelkornig, stänglig	0,6–1,2	30,0	17,0	35,2	12,6			3,2	0,4	0,4	0,6	0,6
MGO035036A	72	Granit, grå till rödgrå, medelkornig, grovporfyrisk, gnejsig	0,3–3,0 (8,0)	31,6	25,8	32,6	6,4	2,0	1,4	0,2				s
MGO035037A	92	Granit, grå, fint medelkornig, gnejsig, ådrad	0,5–1,5	29,8	20,8	41,4	5,6	0,2			0,8		1,2	0,2
MGO035039A	92	Granit, grå, fint medelkornig, ådrad, gnejsig	0,7–3,0 (0,2–0,7)	27,0	15,8	47,4	9,4							0,4
MGO035041A	93	Granodiorit, grå, medelkornig, ådergnejsomvandlad	0,6–3,0 (0,2–0,6)	22,4	8,0	41,8	18,4				1,0	8,2		0,2
MGO035044A	93	Granodiorit, grå, medelkornig, ådrad, gnejsig	0,3–2,0	8,2	24,4	45,8	8,2	0,2	0,4		0,4	12,2		0,2
MGO035046A	93	Granodiorit, rödgrå, medelkornig, ådergnejsomvandlad	0,3–3,0	32,0	13,0	42,0	7,8		0,2		0,8	4,0		0,2
MGO035046B	92	Granit, ljusfärgad grå, fint medelkornig, ådergnejsomvandlad		31,4	23,6	39,4	5,6							s
MGO035050A	73	Granodiorit, grå, medelkornig, ådrad, gnejsig	0,5–1,5	28,2	9,0	39,6	10,8		1,6	5,0	0,4	4,6	0,4	0,4
MGO035070A	73	Granodiorit, grå, medelkornig, stänglig, gnejsig	0,2–1,0 (1,0–1,6)	30,5	12,8	37,4	16,1	0,4		1,2				1,6
MGO035071A	73	Granodiorit, grå, medelkornig, bandad, gnejsig	0,1–1,0 (0,05–0,2)	27,4	10,6	35,8	17,6			6,8	1,0			0,8

Prov	Bkod	Bergartsbeskrivning	Kornstorlek (mm)	Kvarts	Kalifältspat	Plagioklas	Biotit	Muskovit	Klorit	Epidot	Titanit	Amfibol	Opak	Övrigt
Sample	Rcode	Rock description	Grain-size (mm)	Quartz	Pot.feldspar	Plagioclase	Biotite	Muscovite	Chlorite	Epidote	Titanite	Amphibole	Opaque	Other
MGO035071B	73	Granodiorit, grå, medelkornig, stänglig, gnejsig	0,2–1,0 (0,01–0,2)	28,6	13,6	39,4	12,0			5,6	0,4			0,4
MGO035072A	73	Granodiorit, grå, grovt medelkornig, stänglig, gnejsig	0,2–1,5	29,6	7,7	39,4	16,3			3,6	0,2	3,0	s	0,2
MGO035080A	92	Granit, ljusfärgad grå till grå-röd, medelkornig, ådrad, gnejsig	0,2–1,5 (3,0–6,0)	26,1	24,7	42,2	5,8				s	0,4	0,2	0,4
MGO035080B	94	Amfibolit, svart, finkornig till medelkornig, stänglig	0,05–1,0	0,4		31,2	13,1					50,5	4,2	0,6
MGO045025A	71	Granit, rödgrå, medelkornig, ådrad, gnejsig	0,5–1,0	32,3	32,7	10,8	16,8		1,3	2,4	1,4		1,3	1,0
MGO045026A	71	Granit, grå till rödgrå, medelkornig, porfyrisk, ådrad, bandad, gnejsig	0,4–1,0	39,9	27,7	14,2	8,6		2,4	2,9	2,4		1,4	0,5
MGO045029A	92	Granit, rödgrå till grå-röd, medelkornig, ådergnejsomvandlad	0,3–3,0	19,3	36,9	15,6	16,1		2,3		1,3	7,6	s	0,9
MGO045030A	91	Granit, ljusfärgad röd, medelkornig, gnejsig	0,5–1,5	41,1	33,2	17,3	3,4		4,3	0,4			0,3	s
MGO045037A	94	Granatamfibolit, svart, grovt medelkornig, forskiffrad	0,2–1,5	7,0		11,5					1,2	72,4	3,8	4,1
MGO045038A	92	Granit, rödgrå, fint medelkornig, ådrad, gnejsig	0,3–0,5	18,5	25,9	29,7	1,8		13,5		2,0	8,0	0,3	0,3
MGO045048A	93	Granodiorit, grå, medelkornig, ådrad, gnejsig	0,4–2,0	29,2	3,8	36,0	14,9		2,8		1,2	10,8	1,3	s
MGO045072A	92	Granit, rödgrå, medelkornig, ådrad, gnejsig	0,4–1,6	36,4	35,4	20,9	4,6		0,6		0,2		1,2	0,7
MGO045082A	92	Granit, röd till grå-röd, medelkornig, ådrad, gnejsig	0,5–1,6	39,5	37,2	10,9	4,4		0,6	0,5	1,2		1,1	4,6
MGO045083A	93	Granodiorit, grå till rödgrå, medelkornig, ådrad, gnejsig	0,8–1,5	25,5	9,9	37,8	7,3		5,6	0,8	1,0	11,3	0,8	s
MGO045092A	72	Granodiorit, rödgrå till rödsvart, fint medelkornig, grovporfyrisk, gnejsig	0,1–0,8 (2,0–10,0)	38,3	13,9	16,4	17,6		9,4	2,8	0,8		0,2	0,6
MGO045094A	79	Tonalit, grå, fint medelkornig, deformerad, porfyroblastisk	0,2–0,7	25,9	4,2	23,5	13,4		8,0	8,1	1,2	15,1	0,6	s
MGO045095A	79	Granit, röd, finkornig, bandad, deformerad	0,1–0,3	45,2	26,9	14,5	0,8	8,9		1,3	0,4		1,0	1,0
MGO055025A	92	Granit, rödgrå, medelkornig, stänglig, gnejsig		25,4	25,0	33,8	10,0		0,8		0,4	3,0	0,4	1,0
MGO055026A	91	Granit, röd, medelkornig, migmatitisk, gnejsig	0,6–1,5	42,0	40,2	16,8	0,4			0,2			0,4	s

Tabell 2. Tekniska analysvärden och användbarhetssklassificering av prover från Hälaryda och Bollebygd 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 Hälaryda and Bollebygd 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	N-S-koordinat	O-V-koordinat	Bergartsbeskrivning (fältbedömning)	Bkod	ρ_s , g/cm ³	A_N %	LA %	M_{DE} %	RA	GA	SPM	ASR	Bergkvalitetsklassning ²
Sample	N-S coordinate	E-W coordinate	Rock description (field observation)	Rcode	ρ_s , g/cm ³	STT %	LA %	M_{DE} %	RA	GA	JPM	ASR	Väg Road Järnväg Railway Betong Concrete
DCL032001A	6393614	1291735	Granodiorit, grå till rödgrå, medelkornig, förskiffrad, stänglig	73	2,73	23,4 ¹	36,4					1	3
DCL032002A	6395960	1293499	Amfibolit, grå till svart, finkornig till medelkornig, förskiffrad, stänglig, bandad	76	3,08	36,3 ¹	42,8	0,04	0,20			1	3
MGO035004A	6399766	1278401	Granodiorit, grå till rödgrå, medelkornig, grovporfyrisk, gnejsig	72	2,69	18,5	29,4	0,22	0,98		2	1	3
MGO035005A	6397808	1280438	Granit, ljusfärgad röd till grå, fnt medelkornig, förskiffrad, ådrad	71	2,64	12,6 ¹	31,7	9,0	0,35	1,22	3	1	3
MGO035006A	6396803	1279558	Tonalit, grå, medelkornig, ådergnejsomvandlad	74	2,81	25,0	29,4	0,15	0,47			1	3
MGO035010A	6404227	1307632	Granit, röd, medelkornig, ådrad, gnejsig	92	2,66	12,0 ¹	27,0	8,0	0,10	0,70	4	1	2
MGO035010B	6404243	1307672	Granodiorit, grå, medelkornig, ådrad, gnejsig	93	2,70	15,9 ¹	33,0	11,0			4	1	3
MGO035013A	6398747	1302222	Tonalit, grå, finkornig till fnt medelkornig, gnejsig	79	2,81	15,4 ¹	19,8	0,42	1,04		3	1	2
MGO035014A	6400222	1287529	Granit, grå, medelkornig, gnejsig	71	2,71	17,6	28,3	0,12	0,67		5	1	2,5
MGO035015A	6400402	1278618	Granit, grå, fnt medelkornig, ådrad	71	2,66	13,4 ¹	24,8	0,14	0,84		3	1	2
MGO035016A	6400387	1294106	Granit, grå, medelkornig, ådrad	71	2,67	13,4 ¹	26,2	10,0	0,41	1,38	3	1	2
MGO035018A	6395832	1285496	Granit, grå, grovt medelkornig, förskiffrad	71	2,76	21,8	26,7	0,15	0,61			1	3
MGO035023A	6401111	1291568	Tonalit, ljusfärgad grå, medelkornig, förskiffrad	74	2,83	26,9 ¹	32,5	0,24	0,54		2	1	3
MGO035024A	6400681	1291630	Granit, grå till rödgrå, finkornig till medelkornig, ådrad	71	2,70	14,6	25,7	0,15	0,75		3	1	2
MGO035025A	6405585	1293993	Granit, grå till ljusfärgad röd, finkornig till medelkornig, förskiffrad	71	2,64	14,2 ¹	28,7	8,0	0,16	0,82		1	2,5
MGO035027A	6394988	1279048	Granodiorit, grå till rödgrå, medelkornig, förskiffrad, stänglig	60	2,69	18,2	23,6	0,16	0,78		2	2	3
MGO035028A	6395709	1279875	Tonalit, grå, medelkornig, förskiffrad, ådrad, gnejsig	74	2,81	20,5	24,6	0,10	0,43			1	3
MGO035031A	6393610	1291729	Granodiorit, rödgrå, medelkornig, stänglig	73	2,74	22,6	33,5	0,15	0,65			1	3
MGO035036A	6402078	1286309	Granit, grå till rödgrå, medelkornig, grovporfyrisk, gnejsig	72	2,69	18,5	29,8	0,11	0,83			1	3
MGO035037A	6400078	1304382	Granit, grå, fnt medelkornig, gnejsig, ådrad	92	2,68	17,5	30,7			2	1	1	3
MGO035039A	6400464	1313714	Granit, grå, fnt medelkornig, ådrad, gnejsig	92	2,66	16,3 ¹	44,1	0,13	0,64			1	3
MGO035041A	6407764	1315949	Granodiorit, grå, medelkornig, ådergnejsomvandlad	93	2,74	22,5	36,6	16,0	0,18	0,65		1	3
MGO035044A	6401487	1310372	Granodiorit, grå, medelkornig, ådrad, gnejsig	93	2,76	20,4	37,5	0,22	0,72			1	3
MGO035046A	6393969	1308354	Granodiorit, rödgrå, medelkornig, ådergnejsomvandlad	93	2,69	22,3	42,1	0,15	0,94			1	3
MGO035046B	6393985	1308347	Granit, ljusfärgad grå, fnt medelkornig, ådergnejsomvandlad	92	2,64	15,2 ¹	37,8	0,29	1,03			1	3
MGO035050A	6395223	1283445	Granodiorit, grå, medelkornig, ådrad, gnejsig	73	2,74	13,6 ¹	22,3	0,10	0,42			1	2
MGO035070A	6404644	1296872	Granodiorit, grå, medelkornig, stänglig, gnejsig	73	2,71	16,6 ¹	24,9	0,30	0,81			1	2
MGO035071A	6394441	1297382	Granodiorit, grå, medelkornig, bandad, gnejsig	73	2,75	20,8	28,5	17,0	0,15	0,66	2	2	3
MGO035071B	6394515	1297377	Granodiorit, grå, medelkornig, stänglig, gnejsig	73	2,73	18,9	28,0	13,0			2	2	3
MGO035072A	6398883	1291132	Granodiorit, grå, grovt medelkornig, stänglig, gnejsig	73	2,78	22,2	37,6	0,14	0,60			1	3
MGO035080A	6401247	1318014	Granit, ljusfärgad grå till grå, medelkornig, ådrad, gnejsig	92	2,69	20,3	44,8	14,0	0,09	0,54	2	1	3
MGO035080B	6401247	1318014	Amfibolit, svart, finkornig till medelkornig, stänglig	94	3,08	33,2 ¹	38,8	28,0				1	3
MGO045025A	6403125	1285248	Granit, rödgrå, medelkornig, ådrad, gnejsig	71	2,71	26,5 ¹	46,2	0,16	0,89		2	1	3
MGO045026A	6394579	1302471	Granit, grå till rödgrå, medelkornig, porfyrisk, ådrad, bandad, gnejsig	71	2,68	11,2 ¹	22,0	7,3	0,21	0,67	3	2	2

Prov	N-S- koordinat	O-V- koordinat	Bergartsbeskrivning (fältbedömning)	Bkod	ρ_s g/cm ³	A _N %	LA %	M _{DE} %	RA	GA	SPM	ASR	Bergkvalitetsklassning ²	
Sample	N-S coordinate	E-W coordinate	Rock description (field observation)	Rcode	ρ_s g/cm ³	STT %	LA %	M _{DE} %	RA	GA	JPM	ASR	Väg Road	Järnväg Railway
MGO045029A	6416318	1315579	Granit, rödgrå till gråröd, medelkornig, ådergnejsomvandlad	92	2,75	21,1	35,0	14,0	0,10	0,59	4	1	3	1,5
MGO045030A	6417681	1317025	Granit, ljusfärgad röd, medelkornig, gnejsig	91	2,63	13,2 ¹	41,8	0,15	0,52			1	3	1
MGO045037A	6397934	1309770	Granatamfibolit, svart, grovt medelkornig, förskiffrad	94	3,13	29,7 ¹	32,3		0,07	0,45		1	3	1,5
MGO045038A	6398408	1310152	Granit, rödgrå, fint medelkornig, ådrad, gnejsig	92	2,71	19,2	31,5	12,4	0,12	0,46	3	1	3	1
MGO045048A	6403505	1304279	Granodiorit, grå, medelkornig, ådrad, gnejsig	93	2,76	15,8 ¹	25,1	0,08	0,33			1	3	1
MGO045072A	6408690	1310478	Granit, gråröd, medelkornig, ådrad, gnejsig	92	2,65	19,8	41,5	0,77	0,87		1	1	3	1
MGO045082A	6399210	1305141	Granit, röd till gråröd, medelkornig, ådrad, gnejsig	92	2,63	10,9	27,6	0,12	0,87			2	2	1,5
MGO045083A	6402079	1312241	Granodiorit, grå till rödgrå, medelkornig, ådrad, gnejsig	93	2,70	17,8	40,4	0,04	0,51			1	3	1
MGO045092A	6398307	1300387	Granodiorit, rödgrå till rödsvart, fint medelkornig, grovporfyrisk, gnejsig	72	2,71	16,9 ¹	20,7	0,07	0,93			2	2	3
MGO045094A	6397237	1300231	Tonalit, grå, fint medelkornig, deformerad, porfyroblastisk	79	2,82	16,5 ¹	15,5	0,17	0,62			2	2	2
MGO045095A	6393143	1301294	Granit, röd, finkornig, bandad, deformerad	79	2,65	10,3	17,7	0,33	1,24			3	1,5	2
MGO055023A	6398654	1308988	Granit, röd till gråröd, medelkornig, ådrad, gnejsig	92	2,70	16,2 ¹		0,10	0,54			2	1,5	1
MGO055025A	6393683	1304679	Granit, rödgrå, medelkornig, stänglig, gnejsig	92	2,69	20,9 ¹		0,09	0,56			3	2,5	2
MGO055026A	6393993	1304466	Granit, röd, medelkornig, migmatitisk, gnejsig	91	2,62	10,8	33,5	0,23	0,97			3	3	1
MGO055074A	6397818	1299916	Tonalit, mörkfärgad grå, finkornig till fint medelkornig, småporfyrisk, gnejsig	79	2,82	16,2 ¹						2	1	2
MGO055075A	6412726	1313265	Granit, röd, medelkornig, ådrad, gnejsig	92	2,64	15,3 ¹						3	2	1
MGO0555395 ⁵	6396200	1305500	Granit, rödgrå, gnejsig		2,66	21 ³	45 ⁴							
MGO0555415 ⁵	6393650	1308100	Granit, gnejsig, ådrad		2,62	18 ³	40 ⁴							

¹ Enkelprovsanalyser. ² Kvalitetsklassning av bergartsprover avseende tillämpning som vägmakadam, järnvägsamakadamballast och betongballast, se vidare bilaga 2 för definition av klassningen. ³ Kulkvarnsvärdet beräknat genom slipvärdet (A_N = 7,7N – 4,5). ⁴ Los Angelesvärdet beräknat genom sprödningsindex (LA = (s – 26,1)/0,82). ⁵ Analyser från "Berg för korsning i Borås kommun" (Ahlin 1992).

ringsnivåer som föreligger väster respektive öster om Mylonitzonen. Berggrundens högmagnetiska nivåer väster om Mylonitzonen orsakas av veckade ögongnejser, plastiskt deformerad berggrund och en mafisk intrusivbergart i sydöstra delen av Härryda kommun. Öster om Mylonitzonen är magnetiseringsnivåerna mer regelbundna och lugnare. Här är också flackare strukturer klart dominerande över de branta. I de norra delarna av Härryda kommun förekommer mindre områden i anslutning till ögongnejserna med bergarter av förmodat suprakrustalt ursprung.

Bland de yngre bergarter som förekommer inom kartområdet finns graniter som antas ha bildats genom uppsmältning av de äldre bergarterna och som skär en del av deras strukturer. Dessutom finns ett stort antal mindre amfiboliter och mer eller mindre välbevarade gabbroider.

Tiden efter bergskedjeveckningarna präglas av spröd tektonik vilket givit upphov till större sprickdalar (se ovan).

BERGARTERNAS UTSEENDE, SAMMANSÄTTNING OCH EGENSKAPER

Bergartsbeskrivning

Bergartskoden är en unik beteckning för de olika relevanta och identifierade bergartsgrupperna i området, och används för att gruppera, jämföra och tolka de olika analysresultaten. Bergartskoden används i tabellerna med mineralogiska och tekniska analyser (tab. 1 och 2). De viktigaste bergartsenheter i Härryda och Bollebygds kommuner finns redovisade i tabell 3.

Bergarter öster om Mylonitzonen

Amfibolit och gabbroid (Bkod 94)

Svarta, fint medelkorniga till grovkorniga, vanligtvis jämnkorniga, mafiska och kvartsfattiga bergarter förekommer som ställvis boudinerade, ganska små kroppar intill gnejserna öster om Mylonitzonen. Bergarterna är ofta helt omkristalliserade. Lokalt är dessa bergarter granatförande till skillnad från de mafiska intrusivbergarterna väster om Mylonitzonen.

Tabell 3. Bergartsenheter i Härryda och Bollebygds kommuner.

Rock units in the municipalities of Härryda and Bollebygd.

Bergartsenhet Rock unit	Bergartskod* Rock code
<i>Bergarter väster om Mylonitzonen</i>	
Granit, svagt gnejsig eller ådrad, anatektisk	60
Granit, gnejsig och ådrad	71
Ögongnejs	72
Granodiorit, gnejsig och ådrad	73
Tonalit, gnejsig och ådrad	74
Mafisk intrusivbergart	76
Bergarter relaterade till Mylonitzonen**	79
Ytbergartsgnejs, fin- till fint medelkornig, av vulkaniskt och sedimentärt ursprung (Horredsgruppen)	83
<i>Bergarter öster om Mylonitzonen</i>	
Granitisk gnejs	91
Granitisk till granodioritisk gnejs	92
Granodioritisk till tonalitisk gnejs	93
Amfibolit och gabbroid	94

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

** = Starkt deformerade bergarter inom Mylonitzonen oavsett om de är djup- eller ytbergarter eller 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 i tabellerna.

Granitisk till tonalitisk, medelkornig, gnejs (Bkod 90, 91, 92 och 93)

Större delen av berggrunden i Bollebygds kommun och en mindre del av Härryda kommun domineras av röda till grå, granitiska till granodioritiska gnejser, vilka i grannkommunen Alingsås antas ha bildats för mer än 1 660 miljoner år sedan (Lundqvist m.fl. 2005). I hållskala förekommer gnejser med granitisk och granodioritisk sammansättning ofta jämsides, och tunna mafiska inlagringar är vanligt förekommande. Tonalitisk gnejs förekommer ställvis som mindre kroppar och dominerar endast i södra Bollebygds kommun. Gnejserna är i allmänhet ådrade och ibland helt ådergnejsomvandlade. Mineralet epidot saknas i bergarterna öster om Mylonitzonen vilket vittnar om en medelhög metamorf grad, amfibolitfacies. Kornstorleken varierar från fint medelkornig till grovt medelkornig.

Ytbergartsgnejs, finkornig till fint medelkornig, av vulkaniskt och sedimentärt ursprung (Horredsgruppen, Bkod 83)

Finkorniga till fint medelkorniga, homogena till bandade, folierade och veckade, lokalt starkt deformerade ytbergartsgnejser (Horredsgruppen) förekommer endast väster om och i Mylonitzonen. Bergarterna uppträder ofta som mindre, utdragna, isolerade kroppar parallellt med gnejsigheten i de omgivande bergarterna. Dessa är också ofta starkt deformerade varför det är svårt att skilja finkorniga varianter av granit och granodiorit från ytbergartsgnejserna. Mineralsammansättningen i de senare varierar från ryolitisk till dacitisk. Bandade varianter innehåller också andesitiska lager. Glimmerhalten varierar kraftigt mellan olika lokaler; oftast är den dock homogent fördelad i bergarten. Ytbergartsgnejserna antas vara de äldsta bergarterna väster om Mylonitzonen.

Bergarter relaterade till Mylonitzonen (Mylonitzonen, Bkod 79)

Deformationen inom Mylonitzonen varierar kraftigt och har påverkat både graniter, granodioriter och gnejser. Ren mylonit uppträder vanligen som mindre stråk och omges av bergarter med lägre deformationsgrad. Ovanstående bergarter grupperas ihop eftersom de är kornstorleksförminskade och skiljer sig bergmekaniskt från odeformerad berggrund med samma mineralsammansättning.

Bergarter väster om Mylonitzonen

Mafisk intrusivbergart (Bkod 76)

Mindre, utdragna kroppar av mafiska intrusivbergarter förekommer tillsammans med de gnejsiga granitoiderna väster om Mylonitzonen. Mafiterna är i likhet med sina motsvarigheter öster om Mylonitzonen oftast kraftigt omkristalliserade. De är vanligtvis svarta, fint medelkorniga till grovkorniga och jämnkorniga. Både amfiboliter, gabbror och ultrabasisiska bergarter återfinns i denna bergartsgrupp.

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

Större delen av berggrunden i Härryda kommun domineras av röd till ljusgrå, gnejsig granit till granodiorit (71 och 73). Tonalit (74) förekommer i mindre mängd. Dessa bergarter är ungefär 1 600 miljoner år gamla (Lundqvist 1997b). Ådringen är vanligtvis svagare än i bergarterna öster om Mylonitzonen och saknas ibland helt (fig. 5). Bergarten är vanligtvis medelkornig och jämnkornig. Graniterna (fig. 6) har ibland tillräckligt bra tekniska egenskaper så att de lämpar sig för asfaltmaterial.

Ögongnejs (Bkod 72)

Ögongnejserna bildar en karaktäristisk ledhorisont i berggrunden väster om Mylonitzonen. De återfinns ibland som långsträckta band i anslutning till ytbergartsgnejserna och de anatektiska graniterna (se nedan) men bildar också större massiv, t.ex. öster om Landvetter. De består av i allmänhet röda, rundade och grova (2–7 cm) porfyroblaster av mikroklin, omgivna av en grå, jämn- och medelkornig granodioritisk,



Fig. 5. Grå, grovt medelkornig, gnejsig granit till granodiorit som saknar ådring (MGO035018, 6395832/1285496). Bergarten uppvisar välutvecklade, vindlande glimmerplan vilket förmodas tillsammans med bergartens grova kornstorlek vara anledningen till bergartens dåliga tekniska egenskaper ($A_N = 21,8\%$). Nyckeln är ca 10 cm. Foto Mattias Göransson.

Grey, coarse-grained, gneissic granite to granodiorite which lacks veins (MGO035018, 6395832/1285496). Well-developed mica bands and the coarse grain size results in poor technical properties ($STT = 21,8\%$). The key is appr. 10 cm.



Fig. 6. Grå, fint medelkornig, ådrad granit med för området sett jämförelsevis bra tekniska egenskaper ($A_N = 13,4\%$, $LA = 24,8\%$) vid Rådamotet (MGO035015A, 6400402/1278618). Kompassen är 6,5 cm bred. Foto Mattias Göransson.

Grey, finely medium-grained, veined granite with compared to the rest of the area good rock quality properties ($STT = 13,4\%$, $LA = 24,8\%$) at the Råda traffic place (MGO035015A, 6400402/1278618). The compass is 6,5 cm across.

vanligen glimmerrik mellanmassa. Vanligtvis är ögongnejserna kraftigt folierade, men i de centrala delarna av de större kropparna övergår de i massformiga, ögonförande granitoider.

Granit, svagt gnejsig eller ådrad, anatektisk (Bkod 60)

Röd till gråröd, fint medelkornig, något gnejsig granit påträffas vanligen i anslutning till ytbergartsnejserna och ögongnejserna. Vanligen är gnejsigheten svag varför den ger ett massformigt intryck. Den tolkas vara bildad genom migmatitisering (partiell uppsmältning) av äldre bergarter.

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 1. 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. För att uppskatta mängden sulfider identifierades opaka mineral (malmmineral) med reflektionsmikroskopi.

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

Skiktssilikater (glimmer m.m.)

Andelen fri glimmer (bestämd enligt VVMB 613 (2001) för material 0,125–0,25 mm) får ej överstiga 50 % för obundna vägmateriäl. Om andelen är mellan 30 och 50 %, får inte bärlagret trafikerats av tung trafik (ATB VÄG 2004). Även omvandlingsmineral som klorit och serpentin är intressanta i bedömningen av bergartens beständighet. Information om mineralsammansättningen redovisas i tabell 1. Högst halter av skiktssilikat (främst biotit) har vissa granodioriter och tonaliter (18–31 %) från berggrunden väster om Mylonitzonen. En tonalit söder om Härryda (MGO035023A, 6401111/1291568) har över 30 % biotit.

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 sänks. Detta sker vanligen genom att det (i första skedet) bildas järnsulfater och svavelsyra. Vid oxidationen kan även metaller frigöras och gå i lösning i lakvattnet. 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 ett bergmateriäl mot mängden sulfidmineral. Vid en svavelhalt högre än 0,3 viktprocent i bergmateriälet, vilket ungefär motsvarar 0,3 volymprocent pyrit, rekommenderas att speciella åtgärder vidtas. Vid t.ex. lagring och användning av ballast med höga sulfidhalter bör tillgången på syresatt vatten minskas genom t.ex. övertäckning eller deponering under grundvattenytan. Hög svavelhalt skall också undvikas om man planerar att använda materiälet till betong. Om sulfidinnehållet är högt bör materiälet analyseras kemiskt för att bestämma totalhalten av svavel.

Generellt är halten av opaka mineral och därmed innehållet av sulfidmineral tämligen låg. Den relativa mängden sulfider i 14 bergartsprover med mer än 0,3 volymprocent opaka mineral redovisas i tabell 4.

Tre bergartsprover, DCL032002 (amfibolit), MGO045048A (granodiorit) och MGO045083A (granodiorit) har ett innehåll av sulfidmineral som klart överstiger 0,3 volymprocent (se tab. 4) vilket innebär att dessa bergarter är olämpliga att använda i betong-, väg- och järnvägssammanhang utan att speciella åtgärder vidtas eller mer detaljerade undersökningar görs. En viss risk föreligger att amfiboliten från lokalen MGO035080B inte utan vidare kan användas som bär- och förstärkningslager på grund av potentiell lakbarhetsrisk (se ovan).

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 magnetiska anomalikartan.

Spridningen avseende susceptibiliteten är stor inom de olika bergarterna och variationen i anomali-mönstret beror snarare på den strukturella överpräglingen än på bergartskontakter.

Densitetsmätningar är en indikator på bergartens mineralsammansättning. Bergarter med låg densitet (t.ex. 2,60–2,70 g/cm³) domineras av ”lättare” mineral som kvarts och kalifältpat, vilka är vanliga i en granit, och bergarter med hög densitet (t.ex. 2,78–3,00 g/cm³, tonalit, amfibolit och mafit) domineras av ”tyngre” mineral som plagioklas, biotit och hornblände. Densiteten ger också en snabb uppskattning av huruvida bergarten tenderar att deformeras sprött (vilket är vanligare i lätta graniter). I tabell 2 anges bergartsprovets densitet för alla de olika prover där teknisk analys genomförts.

Bergarternas strålningsegenskaper redovisas nedan i kapitlet ”Berggrundens strålningsegenskaper”.

BERGGRUNDENS STRUKTURER, DEFORMATIONSZONER OCH SPRICKOR

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

Plastisk deformation har skett under två perioder med bergskedjebildning och tillhörande regional-metamorfos (storskalig omvandling). Samtliga bergarter är på grund av detta mer eller mindre gnejsiga.

Tabell 4. Relativa mängder av 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 tab. 1).
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 1).

Prov Sample	Opak % Opaque %	Oxider Oxides			Sulfider Sulphides	
		Magnetit Magnetite	Ilmenit Ilmenite	Hematit Hematite	Pyrit Pyrite	Kopparkis Chalcopyrite
DCL032002A	2,9	+	+++		++	+
MGO035080B	4,2		+++	+	+	
MGO045025A	1,3	+++			+	+
MGO045026A	1,4	+++			+	
MGO045030A	0,3	+++		++	+	
MGO045037A	3,8	+	+++	+	++	+
MGO045038A	0,3	+++		++		
MGO045048A	1,3	++			+++	
MGO045072A	1,2	+++	++		+	
MGO045082A	1,1	+++	+			
MGO045083A	0,8	++			+++	+
MGO045095A	1,0	+++	+	+	+	
MGO050025A	0,4	+++	+	+	+	+
MGO050026A	0,4	+++	+			

I stora delar av kommunerna (i synnerhet öster om Mylonitzonen) är bergarterna också mer eller mindre ådrade. Ådrorna ligger i allmänhet parallellt med eller i liten vinkel mot foliationen. Det magnetiska anomalimönstret över berggrunden öster om Mylonitzonen antyder komplex veckstruktur. Mylonitzonen är en omkring tre kilometer bred deformationszon som innehåller flackt stupande ådrade gnejser. Utanför Mylonitzonen finns ett antal plastiska deformationszoner, t.ex. i Delsjöområdet eller norr om Landvetter. Deformationsgraden är dock lägre i dessa än i Mylonitzonen. Ytbergartsgnejser är drabbade av kraftig deformation, och de kan vara svåra att skilja från andra bergarter i plastiska deformationszoner på grund av deras fina kornstorlek. Flera av de magnetiska lineamenten sammanfaller med Mylonitzonen och övriga plastiska deformationszoner på berggrundskartan. I Bollebygds kommun kan två system av magnetiska lineament observeras, det ena stryker nordost–sydväst och det andra nordnordväst–sydsydost, medan de flesta magnetiska lineamenten (plastisk deformation) i Härryda kommun har en nordväst–sydostlig riktning.

Efterföljande, mer spröda deformation (t.ex. förkastningsrörelser) har skett längs många av de plastiska deformationszonerna och givit upphov till förskjutningar mellan olika bergblock samt bildning av rivningsbreccior och sprickrika zoner som sedan läkts av kvarts eller epidot.

Spröda deformationszoner förekommer också utanför de plastiska deformationszonerna. En stark vittring samt erosion längs dessa zoner formar till stor del den morfologi vi idag kan se i landskapet, t.ex. de större sjöarna Gröen, Töllsjön, Östra och Västra Nedsjön, Yttre Ingsjön samt Nolån och Storåns dalgångar. Spröda deformationszoner framträder som negativa anomalier och löper i nordnordostlig och ost–västlig riktning på den magnetiska anomalikartan. Lågmagnetiska linjära zoner indikerar ofta också sprickzoner i berggrunden. Några sådana zoner kan även identifieras som tydliga anomalier på den elektromagnetiska kartan (VLF, fig. 7). Dessa ligger i nordost–sydvästlig riktning.

Det topografiska underlagsmaterialet visar lineament eller svaghetszoner i främst nordnordostlig, nordvästlig och nord–sydlig riktning.

Sprickorientering och sprickräthet har bedömts på ett flertal provlokaler. Tätheten anges som antal sprickor per meter (SPM, se tab. 2). Sprickornas orientering (strykning och stupning) anges i ett urval av stereogram där sprickplanen anges som storcirklar och de associerade polerna till planerna visas med kon-turer för att spegla frekvensen av antalet mätningar med samma orientering. Sprickornas orientering varierar i olika delar av kommunen beroende på berggrundens geologiska och tektoniska utveckling. Dominerande sprickorienteringar visas i tabell 5.

Förutom de ovan nämnda dominerande sprickplanen förekommer flackt stupande sprickplan t.ex. med ostsydostlig, nordnordostlig, nordostlig och nord–sydlig riktning varav den sistnämnda sammanfaller med Mylonitzonens orientering inom undersökningsområdet. Bergmekaniskt viktigt är iakttagelsen att ostsydostligt strykande sprickor (tolkade som tensionssprickor) mycket ofta fyllts av lerrikt material bildat genom omvandling av sidostenen (Samuelsson 1978b).

Tabell 5. Dominerande sprickorienteringar.

Dominating fracture orientations.

Strykning Strike	Stupning Dip
~ Nordväst (NV)	Brant
~ Northwest (NW)	Steep
~ Nord–syd (N–S)	Medelbrant till brant
~ North–south (N–S)	Moderate to steep
~ Nordöst (NO)	Brant
~ Northeast (NE)	Steep
~ Ost–väst (O–V)	Medelbrant till brant
~ East–west (E–W)	Moderate to steep

BERGGRUNDENS STRÅLNINGSEGENSKAPER

Gammastrålningskartorna som visar halterna av kalium, uran och torium har tillsammans med berggrundsinformationen legat till grund för planering av gammastrålningsmätningar på berghällar. 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.

Enligt rekommendationer från de nordiska ländernas strålskyddsinstitutioner bör gammaindex för byggnadsmaterial vara mindre än 2,0 och radiumindex mindre än 1,0. Undantagsnivån är för gammaindex 1,0 och för radiumindex 0,5 (The Radiation Protection Authorities in Denmark, Finland, Iceland, Norway and Sweden 2000, Åkerblom m.fl. 1990, jfr BFS 1990). Radiumindexet beräknas genom bestämning av urankoncentrationen i materialet. En uranhalt på 16,2 ppm motsvarar 200 Bq/kg radium-226, vilket i sin tur motsvarar radiumindex 1,0.

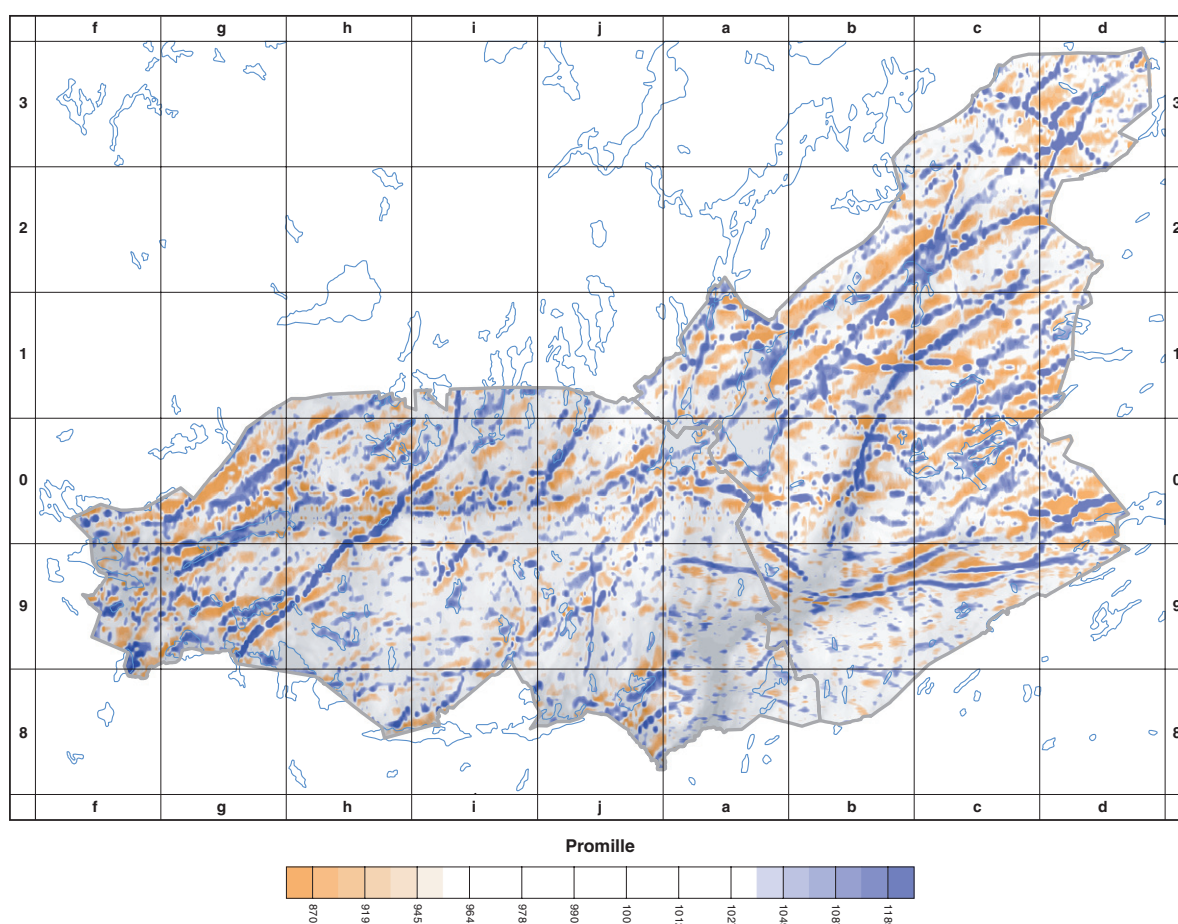


Fig. 7. Elektromagnetisk karta (VLF) över Härryda och Bollebygds kommuner. Kartan visar intensiteten av totalmagnetfältskomponenten av den elektromagnetiska signalen från en avlägsen radiosändare i VLF-bandet (very low frequency, 10–30 kHz) överlagd på höjddata. Mätningarna registrerar sekundära elektromagnetiska fält som förorsakas av induktion i elektriska ledare, exempelvis större sprickzoner i berggrunden men även kraftledningar och andra störkällor. 1000 promille motsvarar nollnivån och blå färg indikerar god ledningsförmåga. Kartan baseras på flygburna mätningar utförda under 1970-talet på 30 meters flyghöjd med ett linjeavstånd av 200 meter och en öst–västlig flygriktning samt senare mätningar som har utförts på 60 meters flyghöjd med en nord–sydlig flygriktning.

Electromagnetic map (VLF) over the municipalities of Härryda and Bollebygd. The map shows amplitude of magnetic field of the electromagnetic signal from a remote transmitter in the VLF-band (very low frequency, 10–30 kHz) overlaid on topography data. In the VLF measurements the secondary electromagnetic fields are registered. The secondary field can be induced for example in fracture zones inside the bedrock. 1000 per mille represents the zero level. Blue colour indicates zones with higher electrical conductivities. The map is based on airborne VLF measurements carried out in the 1970s with an east–west flight-direction, a 30 meter flight-height, and a line spacing of 200 meter and recent measurements which are characterised by a north–south flight-direction and a 60 meter flight-height.

Gammaindex m_γ är beräknad enligt:

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

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 8 visar uranhalter beräknade från flygmätningar inom Härryda och Bollebygds kommuner. Områden med förhöjd uranhalt framträder som små prickar med mörkt röda färgnyanser. Markuppföljningen med gammaspektrometer visar dock att de höga uppmätta uranhalterna bara till viss del orsakas av uran i berggrunden. Gammastrålningsmätningar har genomförts vid 59 mätpunkter inom kommunerna, varav 43 är från lokaler där prover tagits för teknisk analys (se tab. 2). Vid varje mätpunkt utfördes normalt 2 till 5 mätningar. De flesta bergarter inom Härryda och Bollebygds kommuner visar låga gamma- och radiumindex (tab. 2 och 6).

Överlag varierar de uppmätta halterna för de undersökta lokalerna från 0,9 % (mafisk bergart) till 6,3 % (granit) för kalium, 0,1 ppm (amfibolit, mafisk bergart) till 16,1 ppm (pegmatit) för uran och 1,2 ppm (mafisk bergart och granit) till 35,4 ppm (granit) för torium. Vidare varierar gammaindex från 0,1 (mafisk bergart, granit) till 1,5 (granit) och radiumindex från 0,0 (amfibolit, ortognejs) till 1,0 (pegmatit).

Inte vid någon lokal överskrider värdet 2,0 för gammaindex respektive 1,0 för radiumindex. Högst radiumindex (1,0) har uppmäts i en pegmatit söder om Stockasjön (6393994/1304192) och högst gammaindex (1,5) i en granit i Bugärde bergtäkt (6400362/1294176). Berggrunden vid södra Stockasjön är genomslagen av pegmatitgångar som har hög halt av uran, vilket ger höga radiumindexvärden. Pegmatiterna är olämpliga som byggnadsmaterial i byggnader där människor kontinuerligt vistas.

Tabell 6. Sammanställning av strålningsmätningar inom Härryda och Bollebygds kommuner.

Summary of the measured gamma-radiation in the municipalities of Härryda and Bollebygd.

Bkod* Rcode	Bergartsenhet Rock unit	K/P %	U ppm	Th ppm	Radium- index	Gamma- index	Antal Number
60	Granit, svagt gnejsig eller ådrad, anatektisk	3,5	2,6	14,9	0,16	0,78	3
71	Granit, gnejsig och ådrad	3,8	3,2	15,9	0,20	0,85	31
72	Ögongnejs	4,0	2,1	20,1	0,13	0,91	8
73	Granodiorit, gnejsig och ådrad	2,9	2,7	10,7	0,17	0,63	17
74	Tonalit, gnejsig och ådrad	2,4	2,6	6,0	0,16	0,48	9
76	Mafisk intrusivbergart	1,2	0,6	2,5	0,04	0,20	3
79	Bergarter relaterade till Mylonitzonen**	3,1	3,6	14,7	0,22	0,78	8
91	Granitisk gnejs	3,0	2,4	5,0	0,15	0,52	3
92	Granitisk till granodioritisk gnejs	3,4	2,3	11,9	0,14	0,69	41
93	Granodioritisk till tonalitisk gnejs	3,5	1,8	11,7	0,11	0,68	19
94	Amfibolit och gabbroid	2,7	1,3	7,6	0,08	0,49	8

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

** = Starkt deformerade bergarter inom Mylonitzonen oavsett om de är djup- eller ytbergarter 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.

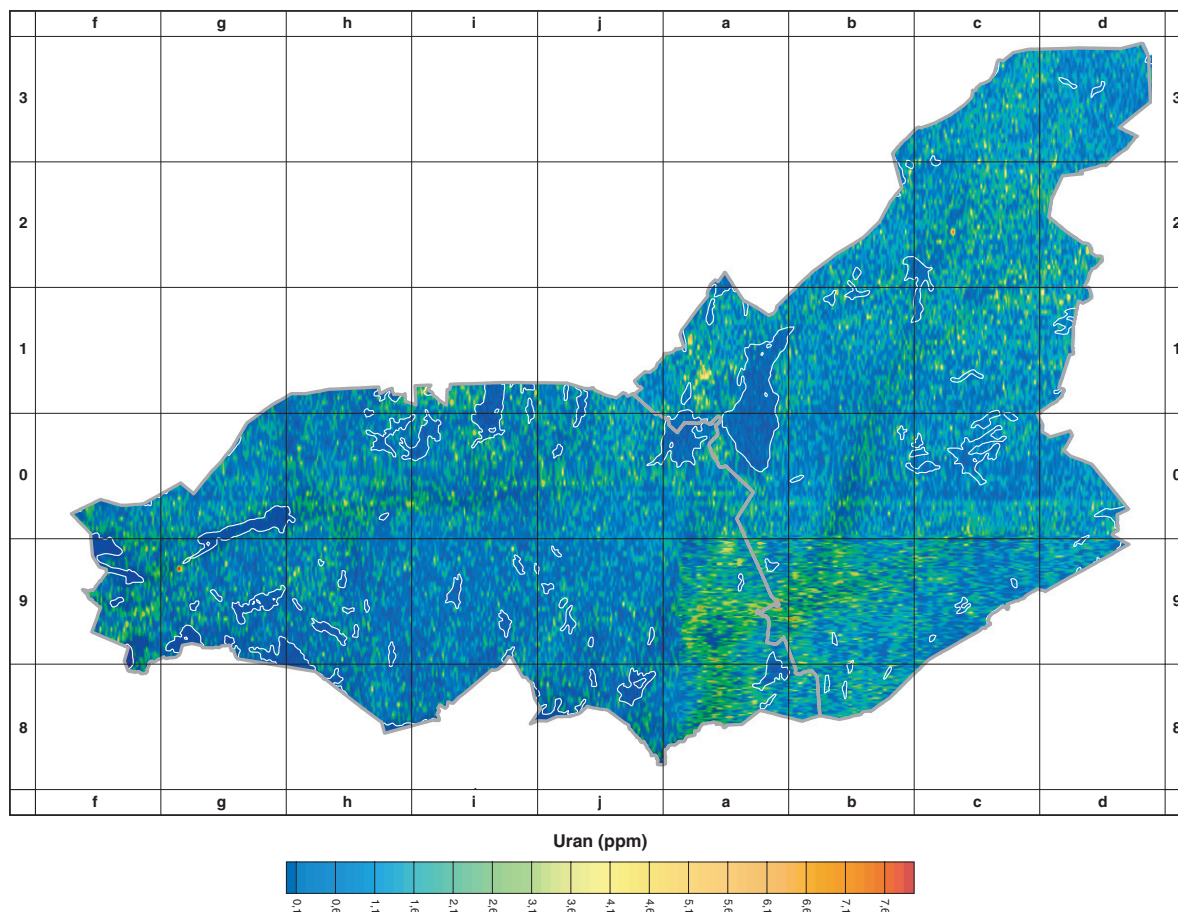


Fig. 8. Karta över markens uranhalt i Härryda och Bollebygds kommuner. Kartan visar den beräknade fördelningen av uran i markens ytskikt överlagd på höjddata. Halten uran är uttryckt i ppm ekvivalent uranhalt, vilket innebär att den är beräknad under antagande av radioaktiv jämvikt. Kartan är baserad på flygburna mätningar utförda under 1970-talet på 30 meters flyghöjd med ett linjeavstånd av 200 meter och en öst–västlig flygriktning och senare mätningar som har utförts på 60 meters flyghöjd med och en nord–sydlig flygriktning.

Map of uranium concentration over the municipalities of Härryda and Bollebygd. The map shows the calculated distribution of uranium in the uppermost layer of the ground overlaid on topography data. 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 the 1970s with an east–west flight-direction, a 30 meter flight-height and a line spacing of 200 meter and recent measurements which are characterised by a north–south flight-direction and a 60 meter flight-height.

TEKNISKA ANALYSER

Vid lokaler med en bergart som är representativ för ett större område har ca 60 till 100 kg berg provtagits för bergmaterialtester omfattande kulkvarnsanalys, Los Angeles-analys, micro-Devalanalys och alkalisilikareaktivitet. Berget som provtas är ej vittrat, sprängskadat eller onormalt uppsprucket om ingenting annat anges. Samtliga bergprover har tagits på platser där tillräckligt med lossprängd sten eller friska blottningar funnits, dvs. i bergsskärningar längs vägar eller vid byggplatser. Provtagnings 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 bergartsprover tagits ut varför dessa provers egenskaper kan avvika från bulkmaterialets. En jämförelse med bergtäkternas produktionsdata och SGUs provresultat har gjorts i syfte att säkerställa klassificeringen av berget i dessa områden. Totalt har 50 prover tagits från 46 olika lokaler inom ramen för detta projekt. Gammastrålningsmätning har skett vid de flesta av dessa lokaler.

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

Partille-Lerum, Kungsbacka-Varberg, Mölndal (Göransson m.fl. 2007b) och analysmaterial från kommunala krossbergsinventeringar (Ahlin 1992) ingått i tolkningsmaterialet.

Kulkvarnsanalys

Kulkvarnsanalyserna har utförts enligt FAS Metod 259-02 (Föreningen för asfaltbeläggningar i Sverige vilket motsvarar SS-EN 1097-9, Nordiska kulkvarnsmetoden). Krossning har utförts i en rotationskross med 30 mm utloppsspalt och i en laboratoriekäftkross 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 -värdena) presenteras i tabell 2. Medelvärden för de olika bergartsenheterna redovisas i tabell 7.

Kulkvarnsvärdet är ett mått på bergets nötningsmotstånd. De sämsta (högsta) värdena erhåller tonaliter, granodioriter, ögongnejser och äldre mafiska intrusivbergarter från områdena både öster och väster om Mylonitzonen (medelvärden, 18–36 %). Dessa bergarter är ofta glimmerrika och jämnkorniga med mer eller mindre utvecklad polygonal textur. Fint medelkorniga graniter och bergarter associerade med Mylonitzonen ger ofta lägre (bättre) värden (12–17 %) i analogi med resultat från Partille och Lerums kommuner (Bergström m.fl. 2008). Några enstaka bergarter (t.ex. MGO045095, 6393143/1301294) ger lägre kulkvarnsvärden än 14 % samtidigt som de har relativt låga Los Angeles-värden vilket krävs för asfaltmaterial. Det bör dock noteras att tunna zoner med bergmekaniskt dåligt berg (glimmerrika led och leromvandlat berg) ofta förekommer i anslutning till deformerade, högpresterande bergartsled.

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 material mer jämförbart med material erhållet från storproduktionsdrift. Los Angeles-värdet (LA-värdet)

Tabell 7. Medelvärden av kulkvarnsvärde, Los Angeles-värde och micro-Devalvärde för de analyserade bergartsenheterna i Härryda och Bollebygds kommuner.

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

Bkod* Rcode	Bergartsenhet Rock unit	Kulkvarnsvärde % Studded tyre test value %			Los Angeles-värde % Los Angeles value %			Micro-Devalvärde % Micro-Deval value %		
		Sprid. Interval	Medel- värde Mean value	Antal prov Nr. of samples	Sprid. Interval	Medel- värde Mean value	Antal prov Nr. of samples	Sprid. Interval	Medel- värde Mean value	Antal prov Nr. of samples
60	Granit anatektisk		18,2	1		23,6	1			
71	Granit, gnejsig och ådrad	11–26	16,1	9	22–46	28,9	9	7–10	8,6	4
72	Ögongnejs	17–18	18,0	3	21–30	26,6	3			
73	Granodiorit, gnejsig och ådrad	14–23	19,7	7	22–38	30,2	7	13–17	15,0	2
74	Tonalit, gnejsig och ådrad	21–27	24,1	3	25–32	28,8	3			
76	Äldre mafiska intrusivbergarter		36,3	1		42,8	1			
79	Bergarter relaterade till Mylonitzonen**	10–16	14,6	4	16–20	17,7	3			
91	Granitisk gnejs	11–13	12,0	2	34–42	37,7	2			
92	Granitisk till granodioritisk gnejs	11–21	17,1	12	27–45	35,6	9	8–14	12,1	4
93	Granodioritisk till tonalitisk gnejs	16–22	19,1	6	25–42	35,8	6	11–16	13,5	2
94	Amfibolit och gabbroid (ÖS)	30–33	31,5	2	32–39	35,6	2		28,0	1

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

** = Starkt deformerade bergarter inom Mylonitzonen oavsett om de är djup- eller ytbergarter 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.

har därefter bestämts på enkelprov med storleksfraktionen 10–14 mm enligt SS-EN 1097-2. Resultaten presenteras i tabell 2. Medelvärden för de olika bergartsenheterna redovisas i tabell 7.

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. Alla bergartersled öster om Mylonitzonen erhåller höga LA-medelvärden (36–38 %). Detta är den främsta anledningen att de flesta bergarterna inom Bollebygds kommun klassas som 3-material. Bergarterna väster om Mylonitzonen är generellt sett något mindre spröda än bergarterna öster om Mylonitzonen, och deformerade bergarter inom Mylonitzonen erhåller riktigt bra värden (<20 %).

Micro-Devalanalys

Micro-Devalvärdet (M_{DE}) är ett mått på bergets nötningsmotstånd och metoden är snarlik kulkvarnsmetoden. Obundna lager i vägkonstruktion är kravsatta med M_{DE} -metoden och inom de närmsta åren kan denna 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 2. Medelvärden för de olika bergartsenheterna redovisas i tabell 7. Micro-Devalvärdena följer kulkvarnsvärdena mycket väl och korrelationen mellan dessa metoder i detta område är $M_{DE} = 0,90 \times A_N - 3,4$ ($R^2 = 0,95$) vilket kan jämföras med den korrelation som erhöles av Stenlid (2000), $M_{DE} = 0,86 \times A_N - 2,71$ ($R^2 = 0,95$) och Bergström m.fl. (2008), $M_{DE} = 0,77 \times A_N - 1,51$ ($R^2 = 0,97$). Den goda korrelationen mellan de två metoderna möjliggör en uppskattning av det ena värdet om man känner det andra.

Alkalisilikareaktivitet (ASR)

Alkalisilikareaktivitet (ASR) är benägenheten (risken) för ett bergmaterial att bilda en alkalisilikagel som ett resultat av att kvarts (kiseldioxid) från ballasten löses upp av den starkt basiska, alkalina porlösningen i betongen (Lagerblad & Trädgårdh 1992). Gelen kan i vissa fall expandera och därmed innebära risk för att betongen spricker. Exempel på reaktiva mineral och ogynnsamma texturer är i fallande reaktivitetsskala: opal (amorf kvarts), cristobalit, tridymit, deformerad kvarts (t.ex. 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 2.

Tunnslip av alla prover har undersökts. Det enda bergartsprovet som bedömts tillhöra ASR-klass 3 är MGO045095A (6393143/1301294). Detta prov är från en granit som är belägen i Mylonitzonen och har varit utsatt för stark deformation. Det är också det prov som har det bästa kulkvarnsvärdet (10,5 %). Kvartsrika, plastiskt deformerade bergarter i detta område bör testas vidare med expansionsförsök av betongprismor enligt 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. 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 och potentiell förekomst av alkalisilikareaktivt material samt av geofysisk information. Det är viktigt att bergkvalitetskartan kompletteras med detaljundersökningar vid prospektering och planering för uttag av berg. Samtliga bergprover inom kartområdet, också de från lokaler där berggrunden är heterogen, är av enskilda bergartsled. De tekniska egenskaperna för enskilda prover från bergtäkter och markberedningsområdet med blandad berggrund kan följaktligen avvika från vad som erhålls i bergmaterial uttaget genom storproduktionsdrift.

Som framgår av analysdata, se främst tabell 2 och 7 samt figur 9, är spridningen inom de olika bergartsgrupperna relativt stor. Berggrunden i Härryda och Bollebygds kommuner domineras av klass 3-material. Mer än 90 % av Bollebygds kommuns berggrund bedöms p.g.a. den kraftiga ådergnejsomvandling som området utsatts för och som gjort bergarterna spröda tillhöra klass-3 material. Endast enstaka granitområden bedöms bestå av klass-2 material. De flesta granitiska gnejserna öster om Mylonitzonen är alltför spröda för att duga som klass-2 material (fig. 10). Kraftigt bandade till bandade gnejser ger något bättre resultat och duger som klass 2-material (fig. 11). De flesta bergarter ger höga till mycket höga Los Angeles-värden på grund av en olämplig mineralkornstextur. Inget område har i sin helhet bedömts tillhöra klass 1. Mindre gångar av finkornig granit som förekommer i direkt anslutning till Mylonitzonen erhåller dock relativt låga (10 %) kulkvarnsvärden. I den angränsande kommunen Lerum, har ännu lägre kulkvarnsvärden (6–8 %, Bergström m.fl. 2008) erhållits från plastiskt deformerade graniter i Mylonitzonen. Bergarterna i Mylonitzonen är vanligtvis finkorniga och ojämknorniga vilket ger goda bergmekaniska egenskaper. Den geologiska heterogeniteten i zonen (förekomst av glimmeromvandlade bergarter med dåliga tekniska

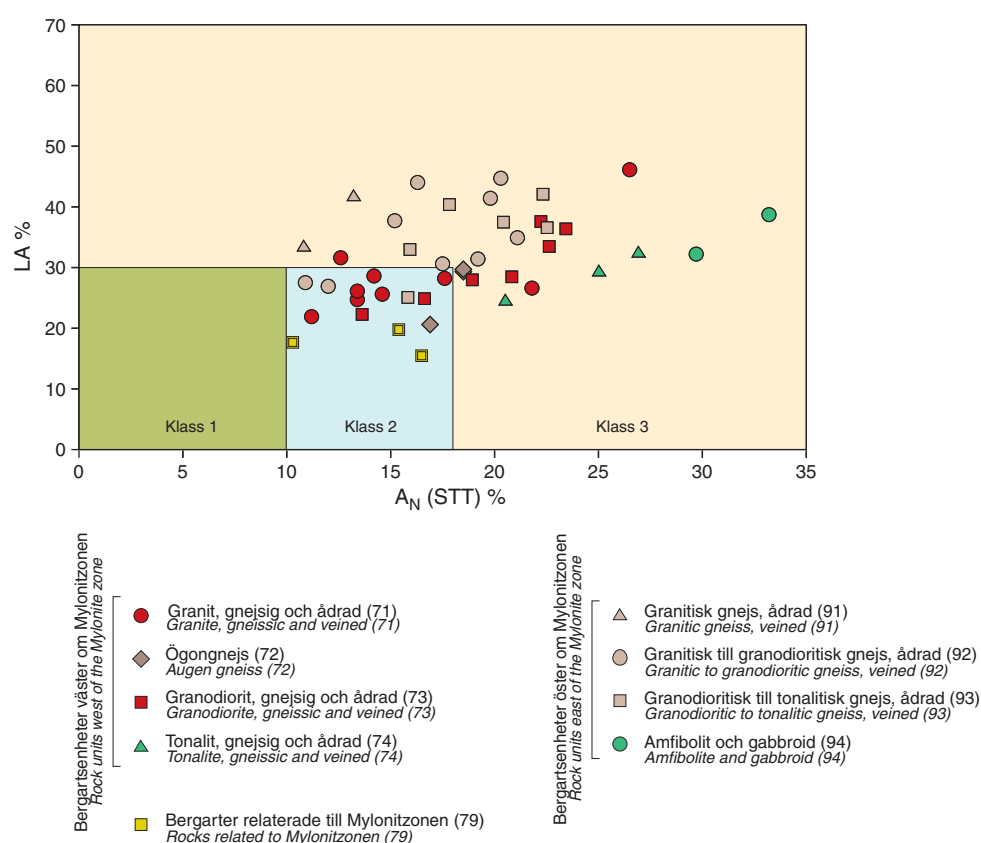


Fig. 9. Diagram som visar de tekniska analysresultaten, kulkvarnsvärde (A_N) och Los Angeles-värde (LA) för de olika bergartsproverna i kommunerna. Klassificeringen (1–3) avser vägmakadam och är endast baserad på de ovanstående två parametrarna varför vissa avvikelser kan finnas jämfört med de övriga data som redovisas i tabell 2.

Diagram showing the results of technical analyses, 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 discrepancies may occur compared to the data in table 2.



Fig. 10. Gnejsig, ådrad, röd granit med dåliga tekniska egenskaper ($A_N = 20,3 \%$, $LA = 44,8 \%$) vid Viaredssjön (MGO035080A, 6401247/1318014). GPS-mottagaren är 15 cm. Foto Mattias Göransson.

Gneissic, veined, red granite with poor technical properties ($STT = 20,3\%$, $LA = 44,8\%$) at the lake Viared (MGO035080A, 6401247/1318014). The GPS-receiver is 15 cm.



Fig. 11. Bandad, granitisk gnejs, öster om Mylonitzonen, med för området sett jämförelsevis bra tekniska egenskaper ($A_N = 12,0 \%$, $LA = 27,0 \%$) från Borstagärde bergtäkt (MGO035010A, 6404227/1307632). Vyn är ca 50 cm bred. Foto Mattias Göransson.

Banded, granitic gneiss east of the Mylonite zone with good rock quality properties ($STT = 12,0\%$, $LA = 27,0\%$) compared to the rest of the area from Borstagärde quarry (MGO035010A, 6404227/1307632). The field of view is appr. 50 cm across.

egenskaper etc.) gör det dock vanskligt att bedöma dessa bergarter i sin helhet som bättre än klass 2-material. Fint medelkorniga graniter bildade för 1 600 miljoner år sedan (1 600-sviten) och fint medelkorniga, omkristalliserade ytbergartsgnejser och näraliggande anatektiska graniter har bedömts tillhöra klass 2. Även inom granodioriterna återfinns ibland klass 2-material även om de flesta granodioriter bedömts tillhöra klass 3. Samtliga tonaliter och ögongnejser har bedömts som klass 3-material. Mafiska bergarter har vanligen en utpräglad polygonaltextur då de uppträder som små bergartskroppar eller inneslutningar. Denna textur försämrar bergarternas tekniska egenskaper vilket gör dem olämpliga som ballastmaterial. Kraftigt ådergnejsomvandlade till migmatitiserade bergarter har i många fall bedömts vara av sämre kvalitet i förhållande till omgivande berggrund. Starkt deformerad berggrund har även utanför Mylonitzonen i många sammanhang bedömts vara av bättre kvalitet gentemot omgivande berggrund på grund av dess mer komplexa, starkare kornfogar.

REFERENSER

- Ahlin, S., 1980a: Berggrundskartan 7C Borås SV, skala 1:50 000. *Sveriges geologiska undersökning Af 130*.
- Ahlin, S., 1980b: Beskrivning till berggrundskartan 7C Borås SV. *Sveriges geologiska undersökning Af 130*, 114 s.
- Ahlin, S., 1992: Berg för krossning i Borås kommun. *Berginventeringar i Älvsborgs län 1992:5. Länsstyrelsen i Älvsborgs län*, 50 s.
- Banverket, 2004: BVS 585.52, *Makadamballast för järnväg*, Eva-Lotta Olsson, 2004-09-01, 29 s.
- Bergström, U., Göransson, M. & Shomali, H., 2008: Beskrivning till bergkvalitetskartan Partille och Lerums kommuner. *Sveriges geologiska undersökning K 94*, 33 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 71 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.
- FAS-metod 259-02: *Bestämning av kulkvarnsvärde*. Föreningen för asfaltbeläggningar i Sverige, 5 s.
- Göransson, M., Bergström, U. & Shomali, H., 2007a: Beskrivning till bergkvalitetskartan Alingsås kommun. *Sveriges geologiska undersökning. K 68*, 30 s.
- Göransson, M., Bergström, U. & Shomali, H., 2007b: Beskrivning till bergkvalitetskartan Mölndals kommun. *Sveriges geologiska undersökning. K 67*, 28 s.
- Göransson, M., Bergström, U. & Shomali, H., 2008: Beskrivning till bergkvalitetskartan Kungsbacka och Varbergs kommuner. *Sveriges geologiska undersökning. K 96*, 37 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.
- Lundqvist, I., 1997a: Berggrundskartan 6B Kungsbacka SO, skala 1:50 000. *Sveriges geologiska undersökning Af 187*.
- Lundqvist, I., 1997b: Beskrivning till berggrundskartan 6B Kungsbacka SO. *Sveriges geologiska undersökning Af 187*, 88 s.
- Lundqvist, L., Antal I., Andersson, J., Bergström, U. & Hellström F., 2005: Östra Göteborgsområdet, berg. I H. Delin (red.): Regional berggrundsundersökning – sammanfattning av pågående undersökning 2004. *Sveriges geologiska undersökning Rapporter och meddelanden 120*, 182 s.

- Lundqvist, T., Bygghammar, B., Stephens, M.B., Beckholmen, M. & Norling, E., 1995: Bedrock of Sweden. *National Atlas of Sweden* (digital format, map published at the scale 1:1 250 000).
- 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 Provnings- 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 7B Göteborg SO. *Sveriges geologiska undersökning Af 117*, 85 s.
- Samuelsson, L., 1982a: Berggrundskartan 6B Kungsbacka NO, skala 1:50 000. *Sveriges geologiska undersökning Af 124*.
- Samuelsson, L., 1982b: Beskrivning till berggrundskartan 6B Kungsbacka NO. *Sveriges geologiska undersökning Af 124*, 100 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.
- 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 - Geometrisk egenskap – 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.
- 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.

Bilaga 1

GEOFYSISK METODIK

Härryda och Bollebygds kommuner är täckta genom moderna flyggeofysiska mätningar (magnetiska, elektromagnetiska och radiometrisk) samt genom tyngdkraftsmätningar. Flygmätningarna utfördes under åren 1973 och 2003 med 200 meters linjeavstånd, 16–40 meters mätpunktsavstånd och på 30 eller 60 meters flyghöjd (60 m från och med 1995). Flyggeofysiska mätningar används bl.a. för geologisk kartering (litologi och strukturer i berggrunden) och regionaltektonisk forskning. Mer specifikt kan flyggeofysiska data användas bl.a. vid en bedömning av potentiella sprickzoner i berggrunden, för att lokalisera områden med förhöjd gammastrålning samt för att planera de geofysiska markmätningarna. Markbundna undersökningar utförs effektivast när de används för att undersöka avvikelser som upptäckts med flyggeofysiska mätningar.

Vid flygmagnetiska undersökningar uppmäts det jordmagnetiska fältets totalintensitet. De visar lokala och regionala störningar av magnetfältet orsakade av magnetiska mineral, huvudsakligen magnetit, i berggrunden. Dessa störningar kan t.ex. indikera förkastningar i berggrunden. Lågmagnetiska linjära zoner indikerar ofta sprickzoner i berggrunden.

Vid flygelektromagnetiska mätningar (VLF) uppmäts 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 förekomst av elektriskt ledande mineral som t.ex. grafit och magnetkis. Fram till början av 1990-talet registrerades vanligen endast det elektromagnetiska fältet (VLF) 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 stora delen av Härryda och Bollebygds kommuner utnyttjades endast en sändare medan två sändare utnyttjades över kartområdet 6C Kinna NV (fig. 7). Numera utförs VLF-mätningar med två sändare samtidigt och den riktningsberoende effekten har eliminerats. Det är möjligt att beräkna jordens elektriska resistivitet från VLF-data vilket innebär att det nu är lättare att urskilja resistiva bergartsenheter från mer konduktiva 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.

Flygstrålningsdata baseras på gammastrålning från sönderfall av de naturliga radioaktiva grundämnen kalium (kalium-40), uran (uran-238) och torium (torium-232) inom de översta decimetrarna under markytan. Ett användningsområde för strålningsdata är att identifiera områden med förhöjd gammastrålning (fig. 8). Halten av framför allt uran påverkar bergartens användbarhet till betongballast.

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

Bilaga 2

KVALITETSKLASSNING AV PROVER

Det provtagna materialets användbarhet till betongballast, makadamballast för järnväg och vägmakadam har bedömts (tab. 2, jfr Persson och Schouenborg 1995, 1996). Erhållna tekniska analyser har även jämförts med det stora antal som redovisats av Stenlid (1996), Eliasson & Bastani (2004), Bergström m.fl. (2008), Göransson m.fl. (2008) och av Persson m.fl. (2000).

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), $s = 0,82 \times LA + 26,1$ alt. $s = 20,9 \times \ln(LA) - 19,2$, (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 för vägmakadam:

1	Berget bedöms kunna användas både som slitlager*, massabeläggningar, bärlager och förstärkningslager. Kulkvarnsvärden <10 % och Los Angeles-värde <30 %. * = Ej till slitlayerskikt 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. Kulkvarnsvärden <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. Kulkvarnsvärden >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 anpassning 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_{RB20} (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 (längd-tjockleksförhållande, 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 vara <i>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, struktur, kornfogning och kornstorlek (se vidare Lagerblad & Trädgårdh 1995, Trädgårdh & Lagerblad 1996, EN 206-1 i SS 137003, SS-EN 1097-6, Swedish concrete association 1991 och 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. Följande generella indelning används som utgångspunkt för klassindelningen för betongballast:

1	Berget bedöms vara <i>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 erosions-skydd vid havskust, i sjöar eller vid vattendrag) finns olika krav på bl.a. micro-Devalvärdet, densitet, tryckhållfasthet och vattenabsorption beroende på vilken typ av hydraulisk miljö som ett bergmaterial skall placeras i (SS-EN 13383-1). 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) utförs. Vattenbyggnadssten skall också vara fri från framträdande diskontinuiteter såsom sprickor, ådror, lamineringar, foliationsplan, bergartskontakter m.m. vilka anses kunna resultera i att aggregatet spricker i samband med avlastning, utplacering eller belastning.