

Beskrivning till bergkvalitetskartan delar av Kungsbacka och Varbergs kommuner

Mattias Göransson, Ulf Bergström, Hossein Shomali,
Dick Claeson & Fredrik Hellström



ISSN 1652-8336
ISBN 978-91-7158-813-5

Omslagsbild: I Veddige (Rävaberget, 6357620/1293595) ligger den nordligaste bergtåkten i Varbergs kommun. Bergtåkten startade 1991 och huvudändamålet för verksamheten är att förse närbelägna betongtillverkare med ballast för betong. En del bergmaterialet från tåkten går även till vägbyggnation (bärlager- och förstärkningsmaterial) i Åsa-, Gällinge-, Horreds- och Varbergsområdena. Det granodioritiska bergmaterialet duger dock inte för asfaltmassa. Foto: Mattias Göransson.

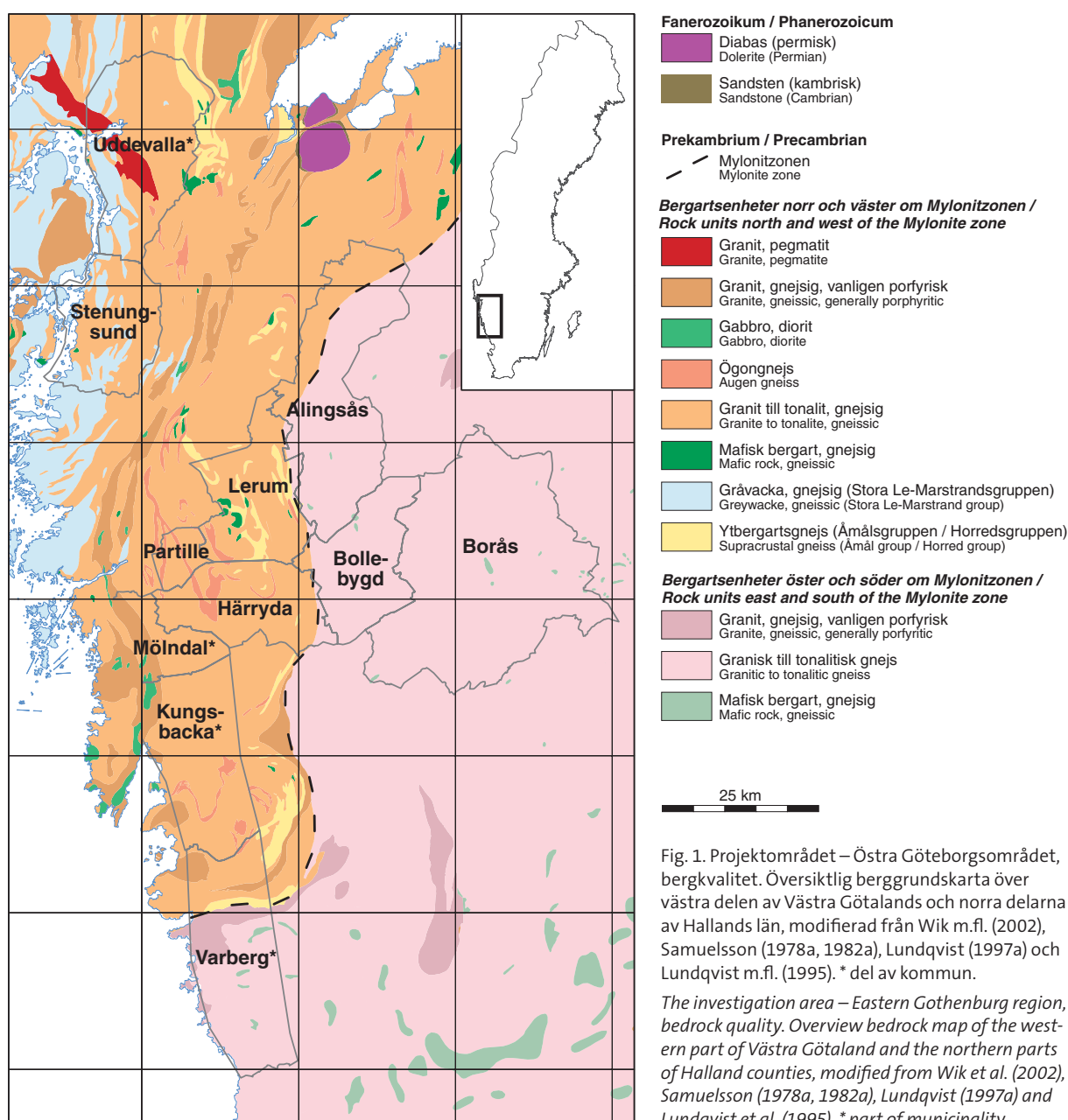
The northernmost quarry in the municipality of Varberg is situated in Veddige (Rävaberget, 6357620/1293595). The quarry started in 1991 and the main purpose with the quarrying is to supply the nearby concrete manufacturers with ballast for concrete. Parts of the material from the quarry is used for road layers (sub-base or base-course) in the areas of Åsa, Gälling, Horred and Varberg. However, the quality of the rock material is not suitable for asphaltic pavements.

INNEHÅLLSFÖRTECKNING

Inledning	4
Metodik	7
Allmän geologi och geofysik	12
Bergarternas utseende, sammansättning och egenskaper	14
Bergartsbeskrivning	14
Bergarter söder om mylonitzonen	16
Bergarter norr om mylonitzonen	16
Petrografisk analys	20
Skiktsilikater (glimmer m.m.)	20
Opaka mineral (sulfider m.m.)	21
Geofysiska parametrar	22
Berggrundens strukturer, deformationszoner och sprickor	22
Berggrundens strålningsegenskaper	25
Tekniska analyser	28
Kulkvarnsanalys	28
Los angeles-analys	29
Micro-devalanalys	29
Alkalisilikareaktivitet (ASR)	30
Sammanställning av bergkvalitetskartan	30
Referenser	32
Bilaga 1. Geofysisk metodik	35
Bilaga 2. Kvalitetsklassning av prover	36
Vägmakadam	36
Makadamballast för järnväg	36
Betongballast	37
Vattenbyggnadssten	37

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 över-
siktsplaneringen ska bergkvalitetskartan kunna erbjuda ett geologiskt underlag för framtida markan-
vändning och underlätta övergången från grus- till krossbergsproduktion. Bergkvalitetsundersökningen
i Kungsbacka och Varbergs 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, Bollebygd, Borås, Härryda, Lerum, Mölndal,
Partille, Stenungsund och Uddevalla (fig. 1).



Arbetet med bergkvalitetskartan för Kungsbacka och Varbergs 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 Kungsbacka kommun omfattar 516 km² med en befolkning på ca 68 700 personer (hela kommunen). Den del av kommunen som inte karterats inom detta projekt är Onsala-halvön. Undersökningsområdet inom Varbergs kommun omfattar 675 km² med en befolkning på ca 54 300 personer (hela kommunen). Den östra delen av kommunen har inte karterats inom detta projekt. I undersökningsområdena finns bl.a. de större orterna Bua, Derome, Fjärås, Frillesås, Kungsbacka, Kärradal, Lerberg, Träslövsläge, Trönningeby, Tångaberg, Tvååker, Varberg, Veddige, Åsa och Ölmanäs.

Kungsbacka kommun saknar idag bergtäkter medan man på två ställen i Varbergs kommun bedriver bergtäktsverksamhet. Nordost om Veddige (6357620/1293595) bryter Bröderna Larsson AB vid Rävaberget en ögonförande granodiorit som ballast för betong. Strax söder om Valinge kyrka (6342700/1293397) bryter Skanska en delvis charnockitiserad granit för vägmakadam. Vid större vägbyggen används ofta berg från väglinjen (massbalans) för att erhålla tillräcklig makadamvolym. Nordost om Åsa har bergmassor från tunneldrivning använts som vägmakadam (fig. 2).

De tryckta berggrundskartorna i skala 1:50 000 med beskrivningar 6B Kungsbacka NO (Samuelsson, 1982a,b) och 6B Kungsbacka SO (Lundqvist, 1997a,b) täcker bägge kommunerna. Berggrunden i kommunerna består av prekambrisk bergarter ursprungligen bildade för ca 1 700 till 1 300 miljoner år sedan (fig. 3 och 4).



Fig. 2. Järnvägstunnelbygget vid Åsa (DCL032023, 6565284/1279321) har genererat ca 750 000 ton makadam och är ett viktigt komplement till traditionell bergmaterialproduktion från täkter. Foto Dick Claesson.

The railway tunnel excavation at Åsa has generated about 750 000 tonnage of aggregates which complements the production from the traditional quarries (DCL032023, 6565284/1279321).

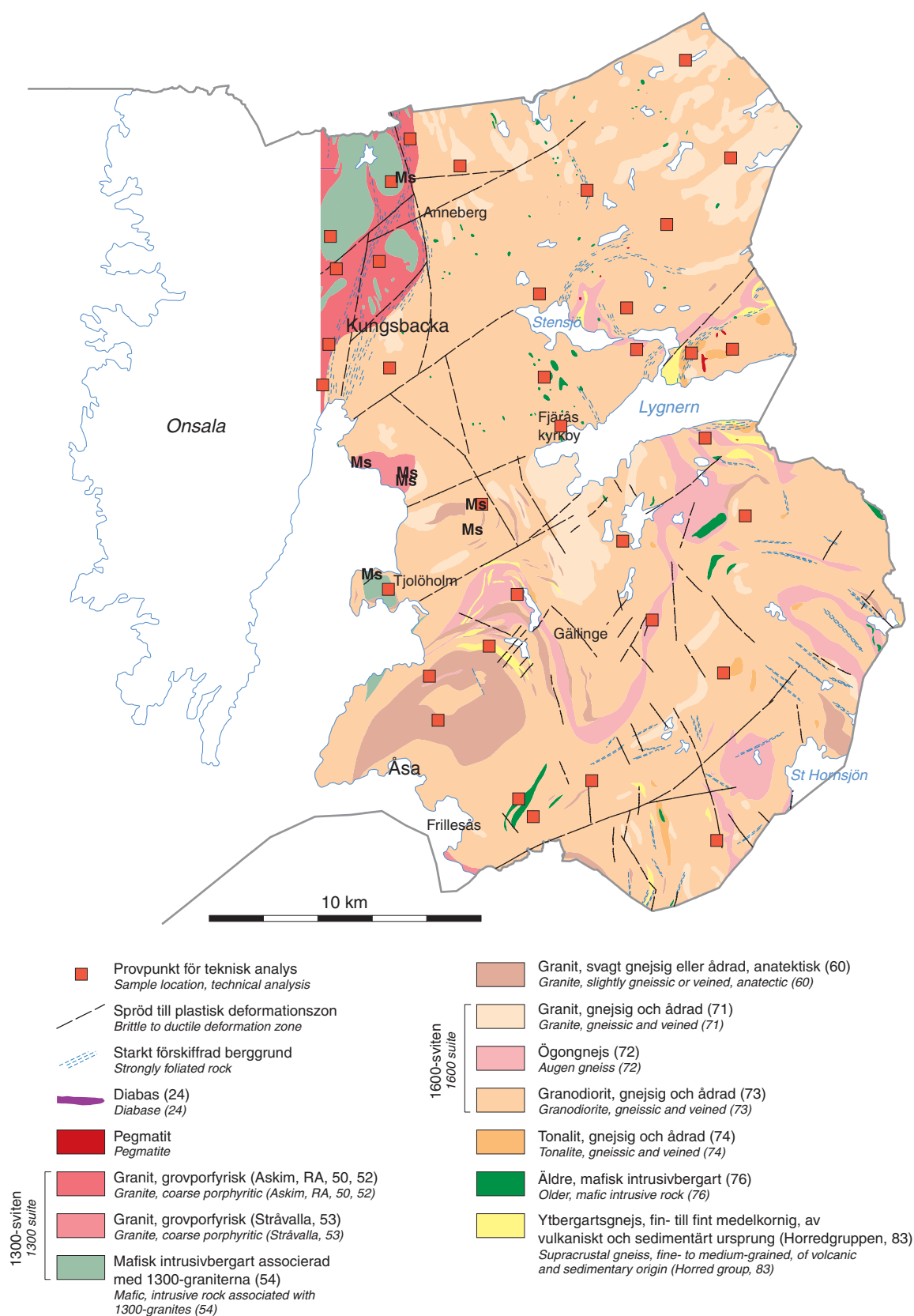


Fig. 3. Förenklad berggrundskarta över Kungsbacka kommun, modifierad från Lundqvist (1997a) och Samuelsson (1982a).
Simplified bedrock map of the municipality of Kungsbacka, modified from Lundqvist (1997a) and Samuelsson (1982a).

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 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-reaktivitetsanalys (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. Gammastrålningsmätning har dels skett vid de flesta provlokaler 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.

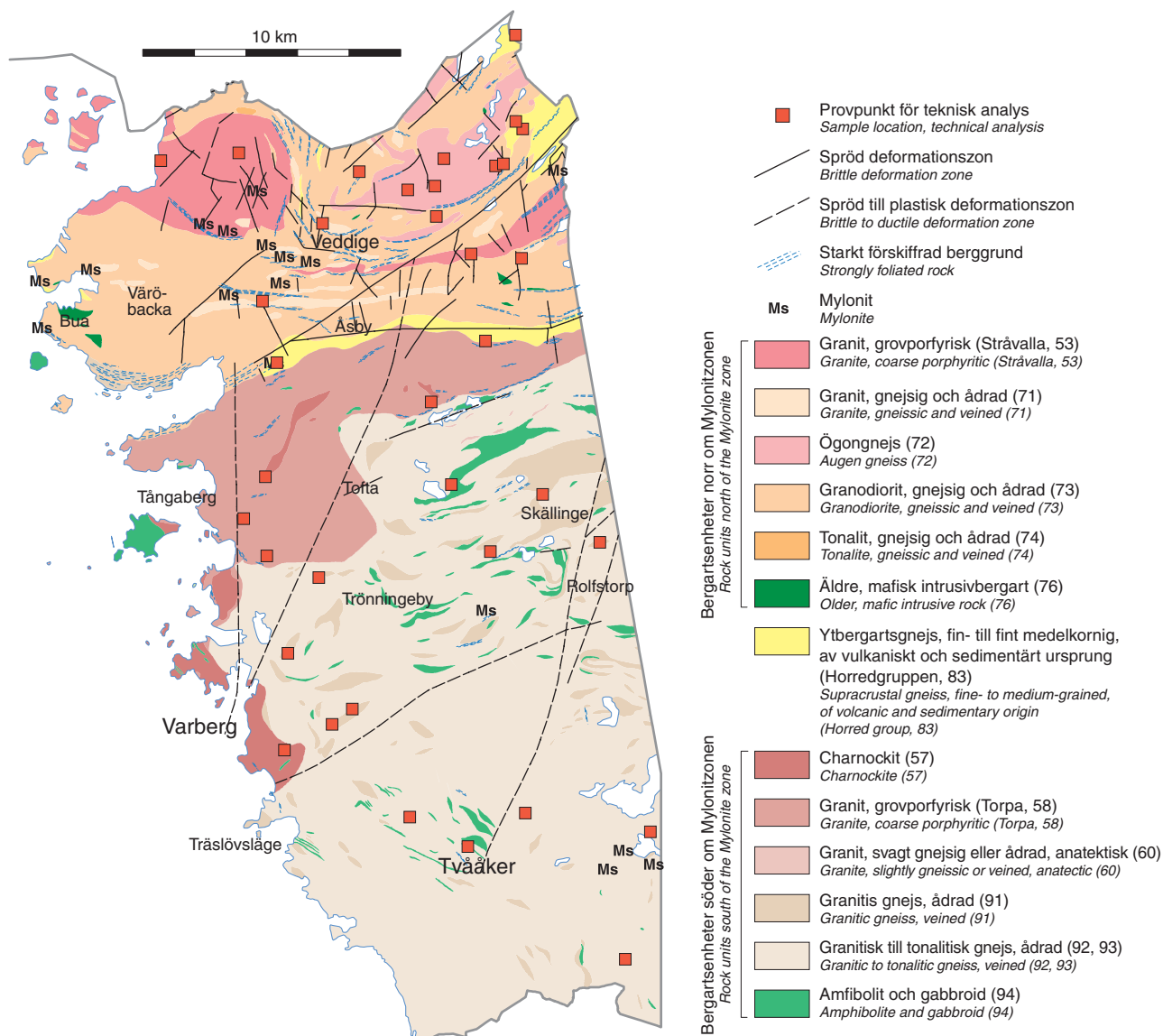


Fig. 4. Förenklad berggrundskarta över Varbergs kommun, modifierad från Lundqvist (1997a) och Lundqvist (2008).

Simplified bedrock map of the municipality of Varberg, modified from Lundqvist (1997a) and Lundqvist (2008).

Tabell 1. Mineralfördelning (volymprocent) och kornstorlek (mm) hos bergarter från kartområdet Kungsbacka och Varbergs 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 Kungsbacka and Varberg. 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	Klorit	Epidot	Titanit	Amfibol	Pyroxen	Opak	Övrigt
Sample	Rcode	Rock description	Grain-size (mm)	Quartz	Pot.feldspar	Plagioclase	Biotite	Chlorite	Epidote	Titanite	Amphibole	Pyroxene	Opaque	Other
DCL032005A	54	Gabbro, svart, fint medelkornig, massformig	0,2–0,6	3,2	0,2	42,6		2,3	0,6		48,2		2,5	0,6
DCL032007A	71	Granit, grå–rödgrå, fint medelkornig, gnejsig	0,5–1,0	33,0	26,6	32,4	4,0	0,2	s	0,7			0,6	2,6
DCL032008A	53	Granit, röd–grå, medelkornig, gnejsig, porfyrisk	0,5–2,5 (0,2–0,5)	23,3	26,4	31,5	5,3		0,7	0,6	10,2		0,2	2,0
DCL032009A	71	Granit, grå–rödgrå, medelkornig, gnejsig, stänglig	0,5–1,5	30,7	18,1	36,5	9,6		3,2	0,9			0,7	0,4
DCL032011A	73	Granodiorit, grå, medelkornig, gnejsig, ådrad, grovporfyrisk	0,2–2,0 (3,0–4,0)	32,2	22,5	33,2	11,1		0,2	0,2			s	0,6
DCL032012A	76	Amfibolit, svart, finkornig till medelkornig, förskiffrad	0,4–1,0	5,5		29,1	5,7			1,7	54,5		3,3	0,2
DCL032013A	74	Tonalit, grå, finkornig till fint medelkornig, gnejsig, ådrad	0,1–0,5 (0,5–1,5)	30,4	9,7	39,8	13,8		0,2	s	5,4			0,7
DCL032014A	73	Granodiorit, grå–rödgrå, medelkornig till grovporfyrisk	1,0–2,5 (0,3–1,0)	26,9	14,4	39,0	10,9	s	2,1	0,7	5,0		s	1,1
DCL032016A	73	Granodiorit, grå–rödgrå, medelkornig, gnejsig	0,5–2,0 (0,2–0,5)	22,2	13,8	42,4	9,1	s	4,3	0,9	7,0		s	0,4
DCL032017A	73	Granodiorit, grå–rödgrå, medelkornig, gnejsig	0,3–1,5 (0,1–0,3)	26,7	8,4	42,8	11,3		4,5	0,4	5,4			0,5
DCL032018A	74	Tonalit, mörkfärgad grå, medelkornig, gnejsig	0,3–1,5 (1,5–2,5)	20,3	1,5	51,4	18,6	s	0,7	0,6	6,3			0,6
DCL032019A	74	Tonalit, grå, grovt medelkornig, gnejsig	0,4–1,5 (2,0–2,5)	19,6	3,1	40,0	13,3		2,0	5,2	14,9		0,2	1,8
DCL032020A	71	Granit, grå–rödgrå, medelkornig, gnejsig	0,5–2,5	22,4	20,2	38,5	12,1		1,4	0,6	4,0			0,8
DCL032021A	72	Granit, grå–rödgrå, medelkornig, gnejsig, grovporfyrisk	0,3–1,0 (1,0–1,5)	33,9	23,6	28,9	11,9		0,2	0,2				1,4
DCL032022A	74	Tonalit, mörkfärgad grå, medelkornig, gnejsig	0,2–0,6 (2,0–3,0)	17,3	1,4	42,8	12,2		3,3	0,4	21,2		s	1,4
DCL032023A	60	Granit, grå, fint medelkornig till medelkornig, gnejsig	0,4–1,7 (4,5)	30,4	18,7	39,8	9,2		0,2	0,2	1,2		s	0,4
DCL032024A	74	Tonalit, grå–rödgrå, fint medelkornig, gnejsig	0,3–1,0	19,5	4,9	58,4	8,1	s			8,5			0,6
DCL032026A	74	Tonalit, mörkfärgad grå, medelkornig, gnejsig	0,3–2,0	32,5	s	49,6	10,5	s	6,0	0,6				0,8
DCL032028A	74	Tonalit, mörkfärgad grå, fint medelkornig, gnejsig, enklavförande	0,1–0,5 (1,0–3,0)	33,1	0,2	32,0	20,4	s	3,5		9,6		0,2	1,0
DCL032029A	71	Granit, grå–rödgrå, medelkornig, gnejsig, ådrad, migmatitisk	0,5–1,2	38,9	32	19,0	5,5		s	0,4	2,7		0,6	1,0
FRJ042001A	58	Granit, grå, röt, fint medelkornig, gnejsig, grovporfyrisk	0,3–1,0	27,5	37,8	16,1	8,0	0,6		1,0	6,5		1,2	1,3
FRJ042002A	71	Granit, röt, röt, röt, fint medelkornig, bandad, gnejsig	0,1–1,5 (1,5–3,0)	31,5	11,3	44,6	7,9				3,2		0,4	1,0
FRJ042004A	72	Granodiorit, grå–rödgrå, fint medelkornig, gnejsig, grovporfyrisk	0,2–1,0	30,8	17,8	13,5	13,6	3,6	5,1	3,8	8,4		1,4	2,0
FRJ042005A	53	Granit, röt, medelkornig, gnejsig, ådrad	0,5–1,5	34,6	35,2	17,3	5,4	2,5		1,6			1,6	1,8
FRJ042006A	92	Granit, grå–röt, medelkornig, gnejsig, ådrad	0,2–0,5	37,2	32,5	16,4	7,6	1,6	1,4	0,4	1,5		0,8	0,6
FRJ042007A	71	Granit, ljusfärgad röt, röt, fint medelkornig, gnejsig, bandad, ådrad	0,3–1,0	30,0	19,2	24,7	16,9	1,8	2,2	1,0	2,2		0,4	1,6

Prov	Bkod	Bergartsbeskrivning	Kornstorlek (mm)	Kvarts	Kalifältspat	Plagioklas	Biotit	Klorit	Epidot	Titanit	Amfibol	Pyroxen	Opak	Övrigt
Sample	Rcode	Rock description	Grain-size (mm)	Quartz	Pot.feldspar	Plagioclase	Biotite	Chlorite	Epidote	Titanite	Amphibole	Pyroxene	Opaque	Other
FRJ042008A	53	Granit, grå-röd, medelkornig, gnejsig, bandad, ådrad, ögonförande	0,2–2,0	22,3	16,9	25,9	8,6	5,3	1,3	4,3	9,9		2,3	3,2
FRJ042009A	58	Granit, mörkfärgad grå, medelkornig, massformig, grovporfyrisk	1,0–10,0 (0,05–1,0)	22,7	13,5	41,4	2,0		s		14,9	1,8	2,0	1,8
FRJ042010A	90	Granit, röd, fint medelkornig, bandad, anatektisk ³	0,3–2,5	36,4	39,6	19,3	2,0	1,2					1,5	s
FRJ042011A	53	Granit, grå-röd, medelkornig, gnejsig, porfyrisk	0,5–3,0 (5,0–7,0)	33,5	30,7	16,9	7,5	1,6	0,6	4,0	4,1		0,1	1,0
FRJ042012A	57	Charnockit, grå–grön, fint medelkornig, massformig, porfyrisk	0,1–0,5 (0,5–3,6)	19,6	25,7	36,9	1,0				2,2	8,4	5,5	0,8
FRJ042013A	92	Granit, röd, fint medelkornig, gnejsig, grovporfyrisk	0,05–1,0 (1,0–3,0)	44,9	53,2	s	0,9						0,5	0,5
FRJ042014A	58	Granit, röd, grovt medelkornig, massformig, grovporfyrisk	0,3–2,0	28,0	40,4	23,4	3,0	2,2	0,6	0,2	0,3		0,6	1,3
FRJ042015A	94	Ultramafisk bergart, grön–svart, finkornig, massformig	0,1–1,0 (1,0–1,6)	2,4		35,0	3,8				38,6	2,8	2,6	14,9
FRJ042016A	93	Granodiorit, ljusfärgad grå, finkornig till fint medelkornig, gnejsig, mylonitisk	0,2–1,2	55,3	27,5	1,6	6,7	2,3	3,8	1,0			1,6	0,2
FRJ042017A	92	Granit, röd–grå-röd, fint medelkornig till medelkornig, gnejsig	0,05–0,4 (0,4–3,6)	27,2	41,3	24,6	1,9				1,3	1,3	1,3	1,0
MGO045011A	74	Tonalit, mörkfärgad grå, medelkornig, gnejsig	0,3–0,8 (0,8–3,0)	17,7	2,8	29,9	12,2	3,4	2,9	1,9	29,2		s	s
MGO045047A	50	Granit, grå, medelkornig, gnejsig, grovporfyrisk	0,5–8,0 (0,05–0,5)	32,2	43,3	13,6	4,2	2,0		1,2			0,2	3,3
MGO055017A	79	Granit, ljusfärgad röd, finkornig, stänglig, starkt deformationerad	0,4–1,0	31,2	49,2	18,0	1,2				0,2		s	0,2
MGO055018A	93	Granodiorit, rödgrå, medelkornig, gnejsig, charnoktisk	0,1–0,5	34,4	9,6	40,4	2,6		1,2		9,6		1,6	0,6
MGO055020A	91	Granit, röd, medelkornig, gnejsig, migmatitisk	0,2–0,5	39,2	48,0	11,6	0,2	0,4					0,6	s
MGO055035A	73	Granodiorit, grå, medelkornig, gnejsig	0,4–1,2	28,6	17,0	31,2	15,0	0,2	7,6	0,2			0,2	s
UJB045032A	73	Granodiorit, grå–rödgrå, medelkornig, gnejsig, bandad	0,1–2,5	19,6		62,0	1,7	s	s	1,7	13,6			1,5
UJB045034A	76	Gabbro, mörkfärgad grå, grovt medelkornig, folierad	0,4–2,0 (0,1–0,4)			58,5		0,2			41,2			0,2
UJB045037A	58	Granit, röd, grovt medelkornig, småporfyrisk, stänglig, gnejsig	0,1–0,5 (0,5–1,4)	26,0	31,4	33,9	2,5			s	4,8		0,8	0,6
UJB045038A	93	Granodiorit, grå–grå-röd, medelkornig, gnejsig, ådrad	0,1–0,4 (1,0–5,0)	28,0	65,0	s	0,9				3,7	1,1	0,7	0,7
UJB045039A	92	Granit, grå–grå-röd, medelkornig, gnejsig, ådrad	0,1–0,8 (0,8–3,0)	33,2	57,9	s	2,8				4,1		0,2	1,7
UJB045041A	92	Granit, grå-röd, medelkornig, ådrad, omkristalliserad	0,1–0,8 (0,8–2,5)	43,0	27,5	26,7	2,2				0,2		s	0,4
UJB045042A	91	Granit, ljusfärgad röd, medelkornig, gnejsig, massformig, omkristalliserad	0,1–0,6 (0,6–2,0)	34,2	43,8	20,6	0,2						1,0	0,2
UJB045043A	94	Amfibolit, mörkfärgad grå, fint medelkornig, folierad	0,1–0,6	11,7	1,7	44,5	2,7				6,4	23,1	2,3	7,6

Tabell 2. 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	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
DCL032005A	6385100	1277604	Gabbro, svart, fint medelkornig, massformig	54	2,96	8,3 ¹	9,6		0,19	0,49	2	1	1
DCL032006A	6383084	1275361	Gabbro, grå, finkornig, förskiffrad	54	2,88	19,1	20,3		0,03	0,10	2	2	3
DCL032007A	6385675	1280132	Granit, grå-rödgrå, fint medelkornig, gnejsig	71	2,65	9,9	24,4	7,0	0,14	0,65	0,5	1	1
DCL032008A	6379114	1275307	Granit, röd-grå, medelkornig, gnejsig, porfyrisk	52	2,65	15,2 ¹	28,1		0,70	2,13	3	1	2,5
DCL032009A	6389570	1288438	Granit, grå-rödgrå, medelkornig, gnejsig, stänglig	71	2,70	23,5	36,2		0,16	0,66	2	1	3
DCL032010A	6380975	1283054	Granit, grå-rödgrå, medelkornig, gnejsig, ådrad	71	2,65	12,8 ¹	28,4		0,20	0,81	2	1	2
DCL032011A	6378930	1286639	Granodiorit, grå, medelkornig, gnejsig, ådrad, grovporfyrisk	73	2,69	26,6 ¹	35,5		0,13	0,66	5	2	3
DCL032012A	6377904	1283236	Amfibolit, svart, finkornig till medelkornig, förskiffrad	76	3,09	28,8 ¹	33,2	28,0	0,06	0,32	1-3	1	3
DCL032013A	6378941	1290161	Tonalit, grå, finkornig till fint medelkornig, gnejsig, ådrad	74	2,74	24,5 ¹	25,4		0,16	0,55	2	1	3
DCL032014A	6384786	1284813	Granodiorit, grå-rödgrå, medelkornig till grovkornig, gnejsig	73	2,73	27,9 ¹	34,3		0,14	0,63	2	1	3
DCL032015A	6378252	1277537	Granodiorit, grå, finkornig till medelkornig, gnejsig	73	2,76	21,1	28,2		0,16	0,78	2	1	3
DCL032016A	6376110	1283850	Granodiorit, grå-rödgrå, medelkornig, gnejsig	73	2,71	18,1	25,9		0,18	0,61	1	1	3
DCL032017A	6383519	1287739	Granodiorit, grå-rödgrå, medelkornig, gnejsig	73	2,75	19,2	24,3		0,15	0,68	2	1	3
DCL032018A	6380455	1286270	Tonalit, mörkfärgad grå, medelkornig, gnejsig	74	2,75	22,7	33,0	15,0	0,11	0,49	2	1	3
DCL032019A	6375664	1289155	Tonalit, grå, grovt medelkornig, gnejsig	74	2,80	30,7 ¹	41,5		0,13	0,50	1	1	3
DCL032020A	6371871	1286128	Granit, grå-rödgrå, medelkornig, gnejsig	71	2,71	19,4	33,6		0,16	0,70	1	1	3
DCL032021A	6368971	1287206	Granit, grå-rödgrå, medelkornig, gnejsig, grovporfyrisk	72	2,67	23,4	37,1		0,34	1,03	4	1	3
DCL032022A	6367022	1289839	Tonalit, mörkfärgad grå, medelkornig, gnejsig	74	2,83	32,0 ¹	41,0		0,07	0,38	2	1	3
DCL032023A	6365284	1279321	Granit, grå, fint medelkornig till medelkornig, gnejsig	60	2,68	17,5	30,6		0,23	0,95		1	3
DCL032024A	6368007	1281209	Tonalit, grå-rödgrå, fint medelkornig, gnejsig	74	2,73	45,6 ¹	53,6		0,11	0,55	2	1	3
DCL032025A	6369913	1282234	Granit, grå, medelkornig, gnejsig, grovporfyrisk	72	2,68	20,9	32,3	15,0	0,22	0,97	2	1	3
DCL032026A	6373238	1280932	Tonalit, mörkfärgad grå, medelkornig, gnejsig	74	2,86	23,1	26,9		0,19	0,46	2	1	3
DCL032027A	6372809	1290631	Granodiorit, grå, fint medelkornig, gnejsig, ådrad	73	2,82	20,1	21,0		0,20	0,71	4	1	3
DCL032028A	6362684	1294367	Tonalit, mörkfärgad grå, fint medelkornig, gnejsig, enklavförande	74	2,74	21,3	34,0		0,09	0,28	1	3	3
DCL032029A	6361744	1282834	Granit, grå-rödgrå, medelkornig, gnejsig, ådrad, migmatitisk	71	2,71	17,4	28,1		0,23	0,73	1	2	2,5
DCL032030A	6363062	1284986	Granit, grå-rödgrå, medelkornig, gnejsig	72	2,71	29,1 ¹	45,0		0,18	0,70	1	1	3
FRJ042001A	6343972	1283852	Granit, grå, fint medelkornig, gnejsig, grovporfyrisk	58	2,67	12,9 ¹	30,8	8,1	0,03	0,73		1	2,5
FRJ042002A	6352394	1284580	Granit, rödgrå-grå, fint medelkornig, bandad, gnejsig	71	2,67	12,6 ¹	22,8	8,1	0,25	0,70		2	2
FRJ042003A	6350009	1285136	Mylonit, grå-grå, finkornig till fint medelkornig	79	2,71	7,2 ¹	13,3	5,0	0,04	0,42		3	1
FRJ042004A	6357620	1293595	Granodiorit, grå-rödgrå, fint medelkornig, gnejsig, grovporfyrisk	72	2,80	16,7 ¹	22,1	12,3	0,15	0,58	3	3	2
FRJ042005A	6357827	1280641	Granit, röd, medelkornig, gnejsig, ådrad	53	2,63	11,7 ¹	29,7	8,3				1	2
FRJ042006A	6342700	1293397	Granit, grå-röd, medelkornig, gnejsig, ådrad	92	2,64	12,4 ¹	30,3	8,5	0,01	0,56	5	1	2,5
FRJ042007A	6354043	1294607	Granit, ljusfärgad rödgrå, fint medelkornig, gnejsig, bandad, ådrad	71	2,69	12,3 ¹	19,9	7,8	0,21	0,72	4	2	2
FRJ042008A	6354207	1292652	Granit, grå, medelkornig, gnejsig, bandad, ådrad, ögonförande	53	2,68	12,2 ¹	22,2	8,4	0,17	0,96	3	2	2
FRJ042009A	6345593	1284690	Granit, mörkfärgad grå, medelkornig, massformig, grovporfyrisk	58	2,72	22,9	36,9	14,1	0,01	0,51	1	1	3
FRJ042010A	6338758	1285565	Granit, röd, fint medelkornig, bandad, anatektisk ³	90	2,61	15,8 ¹	47,3	10,0	0,11	0,72	4	1	3

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
FRJ042011A	6358123	1283663	Granit, grå-röd, medelkornig, gnejsig, porfyrisk		53	2,69	17,9	33,1	11,7	0,29	0,92	3	1	3	1
FRJ042012A	6335022	1285426	Charnockit, grå-grön, fint medelkornig, massformig, porfyrisk		57	2,77	14,7 ¹	27,8	10,7	0,00	0,34	1	2	2	1
FRJ042013A	6332586	1294755	Granit, röd, fint medelkornig, gnejsig, grovporfyrisk		92	2,67	13,0 ¹	23,3	9,1	0,01	0,48	5	2	2	2
FRJ042014A	6342527	1284744	Granit, röd, grovt medelkornig, massformig, grovporfyrisk		58	2,66	16,4 ¹	34,1	9,5	0,06	0,84	2	1	3	3
FRJ042015A	6345296	1291887	Ultramafisk bergart, grön-svart, finkornig, massformig		94	3,21	23,8	21,4	22,8	0,00	0,10	4	1	3	2
FRJ042016A	6341694	1286758	Granodiorit, ljusfärgad grå, finkornig till fint medelkornig, gnejsig, mylonitisk		93	2,72	13,2 ¹	19,6	10,5	0,03	0,56	2	3	2	3
FRJ042017A	6343053	1297633	Granit, röd-grå-röd, fint medelkornig till medelkornig, gnejsig		92	2,68	8,5 ¹	20,3	5,7	0,02	0,82	2	2	1	1
MGO045011A	6378794	1288649	Tonalit, mörkfärgad grå, medelkornig, gnejsig		74	2,88	24,1	27,1	19,0	0,25	0,66	4	1	3	1
MGO055035A	6385973	1290100	Granodiorit, grå, medelkornig, gnejsig		73	2,75	23,6 ¹			0,10	0,52		3	3	1
MGO045047A	6386678	1278299	Granit, grå, medelkornig, gnejsig, grovporfyrisk		50	2,65	10,7	22,3				3	2	2	1
MGO055007A	6359057	1294648	Ytbergartsgnejs, mörkfärgad grå, finkornig		83	2,74	9,9	15,5		0,14	0,66			1,5	1
MGO055009A	6359343	1294386	Ytbergartsgnejs, grå, finkornig		83	2,67	8,9 ¹	18,4		0,22	0,79		1	1	2
MGO055013A	6366901	1279010	Granit, grå, medelkornig, gnejsig, migmatitisk		60	2,68	16,6 ¹			0,17	0,91		2	2,5	2
MGO055017A	6350847	1293212	Granit, ljusfärgad röd, finkornig, stänglig, starkt deformerad		79	2,62	14,1 ¹			0,05	0,89		2,5	2,5	1
MGO055018A	6331849	1299588	Granodiorit, rödgrå, medelkornig, gnejsig, charnockitisk		93	2,69	15,6 ¹			0,01	0,37		2	1	2
MGO055020A	6336012	1287278	Granit, röd, medelkornig, gnejsig, migmatitisk		91	2,64	12,1 ¹			0,07	0,58		2	1	1
MGO055058A	6382164	1277159	Amfibolit, svart, finkornig, bandad		54	2,99	14,9 ¹					2	2	1	1
MGO055062A	6377620	1275075	Granit, röd-grå-röd, medelkornig, stänglig, gnejsig		52	2,65	11,2 ¹					2	2	1	1
MGO055064A	6370108	1277501	Gabbro, mörkfärgad grå-svart, grovt medelkornig		54	2,87	18,2 ¹					3	3	2	1
MGO055066A	6360863	1289581	Granit, grå-rödgrå, medelkornig, gnejsig, ådrad		71	2,68	15,4 ¹					3	3	1,5	1
MGO055068A	6356845	1291247	Granodiorit, grå-rödgrå, medelkornig, stänglig, grovporfyrisk		72	2,79	18,9 ¹					3	2	2	2
MGO055069A	6355662	1291306	Granodiorit, grå, medelkornig, gnejsig		73	2,70	10,4 ¹					2	2	1	1
MGO055076A	6381889	1275585	Granit, rödgrå-grå-röd, medelkornig, gnejsig, grovporfyrisk		52	2,70	14,7 ¹					2	2	1	1
MGO055546 ⁶	6357900	1291600	Granodiorit, grovporfyrisk		-	2,80	26 ⁴	33 ⁵							
MGO055547 ⁶	6357700	1293900	Granit, gnejsig, bandad		-	2,68	12 ⁴	16 ⁵							
MGO055548 ⁶	6355400	1286900	Granit, grå, gnejsig, ådrad		-	2,67	15 ⁴	32 ⁵							
MGO055549 ⁶	6356700	1290200	Granodiorit, gnejsig, porfyrisk		-	2,80	20 ⁴	17 ⁵							
UIB045032A	6357399	1288318	Granodiorit, grå-rödgrå, medelkornig, gnejsig, bandad		73	2,76	29,4 ¹	46,8	21,6	0,13	0,41	3	1	3	1
UIB045034A	6362391	1282293	Gabbro, mörkfärgad grå, grovt medelkornig, folierad		76	3,04	17,6	20,9	14,7	0,04	0,12			2,5	1
UIB045037A	6348494	1291112	Granit, röd, grovt medelkornig, småporfyrisk, stänglig, gnejsig		58	2,66	16,3 ¹	31,0	11,5	0,08	0,74	1	1	2,5	1
UIB045038A	6336600	1288058	Granodiorit, grå-grå-röd, medelkornig, gnejsig, ådrad		93	2,71	17,7	21,2	14,6	0,06	0,60	1	2	2,5	1
UIB045039A	6332423	1290281	Granit, grå-grå-röd, medelkornig, gnejsig, ådrad		92	2,64	13,0 ¹	24,5	9,0	0,07	0,66	1	1	2	1
UIB045041A	6326920	1298622	Granit, grå-röd, medelkornig, ådrad, omkristalliserad		92	2,63	10,6	34,5	7,0	0,06	0,71	1	1	3	3
UIB045042A	6344917	1295421	Granit, ljusfärgad röd, medelkornig, gnejsig, massformig, omkristalliserad		91	2,62	10,0	26,1	6,7	0,04	0,49	4	1	1,5	3
UIB045043A	6331288	1292524	Amfibolit, mörkfärgad grå, fint medelkornig, folierad		94	3,19	16,5 ¹	20,6	14,6	0,04	0,13	1	1	2	1

¹Enkelprovsanalyser. ²Kvalitetsklassning av bergartsprover avseende tillämpning som vägmakadam, järnvägsmakadamballast och betongballast, se vidare bilaga ²för definition av klassningen. ³Svagt vittringspåverkad (missfärgning av bergmaterialiet). ⁴Kulkvarnsvärdet beräknat genom slipvärdet (AN = 7,7N-4,5). ⁵Los Angelesvärdet beräknat genom sprödhetsalet (LA = (s-26,1)/0,82). ⁶Analysen från "Industrifakta mineral och bergarter i Hallands län" (Wik m.fl. 1998).

På bergkvalitetskartan är bergartsstrukturer som foliation eller gnejsighet tolkade och ihopdragna till s.k. strukturella formlinjer för plastisk deformation och dessutom redovisas zoner med starkt deformerad berggrund, vilka kan representera bergartens interna svaghetsstrukturer efter vilka de lätt spricker, t.ex. i samband med sprängning. Många av zonerna är tolkade från de flyggeofysiska kartorna (se 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.

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 1 754 brunnar i databasen och i 266 av dessa är jorddjupet större än eller lika med 10 m. Ett största jorddjup på 74 m finns i en brunn vid Veddige gamla skolhus (6354100/1290400).

ALLMÄN GEOLOGI OCH GEOFYSIK

Kartområdet som motsvarar Kungsbacka kommun och de västra delarna av Varbergs kommun utgörs av ett kustnära jordbrukslandskap. I Kungsbacka kommun finns stora skogsområden med inslag av vattenfyllda lågområden. Berggrundens blottningsgrad är relativt ojämn och i jordbrukslandskapet öster om Varberg är bergobservationerna normalt hänvisade till uppstickande ”öar” av fast berg i det för övrigt flacka landskapet som genomkorsas av lerfyllda sprickdalar med östliga eller nordostliga riktningar.

Berggrunden inom Kungsbacka och Varbergs kommuner utgörs av gnejsiga granitoider norr om och granitoida gnejser söder om den s.k. Mylonitzonen. Inom kartområdet har Mylonitzonen en ost–västlig sträckning och den stupar medelbrant till brant mot norr, och böjer av mot norr i den östra delen. Den ca 3 kilometer breda, starkt till mycket starkt deformerade zonen (flackt liggande ådrade gnejser) innehåller ställvis tunna horisonter av mylonit, en bergart som bildas när berggrunden deformerar, mals ner och omkristalliseras. Bergarter väster om Mylonitzonen kan fortfarande till stor del identifieras i zonen. Mylonitzonen antas ha bildats för ca 1 000 miljoner år sedan i samband med storskaliga tektoniska rörelser i samband med den s.k. svekonorvegiska bergskedjeveckningen (orogenesen).

Berggrunden i Varbergs kommun domineras av ca 1 700 miljoner år gamla intrusivbergarter. Dessa bergarter har normalt en granodioritisk eller granitisk sammansättning och innehåller på många håll mineralen hypersten och ortoklas vilket vittnar om att berggrunden utsatts för metamorf omvandling under hög temperatur och högt tryck, s.k. charnockitisering (Lundqvist 2008). Små utsträckta kroppar av amfibolit och gabbroida bergarter är frekvent förekommande. I den södra anslutning till Mylonitzonen förekommer en grovporfyrisk granit (Torpagranit) som i ett antal stenbrott varit föremål för fältspatsuttag. Nordost om Mylonitzonen finns mindre områden med delvis finkorniga, suprakrustala bergarter (Horredsgruppen). I ett område vid Varberg (Gödestad) uppvisar berggrunden (McEnroe m.fl. 2001, Christiansen 1998) en mycket låg magnetisk totalfältsnivå (mörkt blått i fig. 5) som ändå domineras av höga susceptibilitetsvärden. Detta åstadkoms genom en uppåtriktad s.k. remanent magnetisering, dvs. en inbyggd magnetisering i bergarten. Området innehåller amfibolit, granodioritisk gnejs (medelsusceptibilitet ca $1\,040 \times 10^{-5}$ SI-enheter) och granitisk gnejs (medelsusceptibilitet ca $1\,000 \times 10^{-5}$ SI-enheter).

Berggrunden i Kungsbacka kommun ligger i sin helhet norr om Mylonitzonen och domineras av en samling gnejsiga och vanligen ådrade granodioriter som bildades för 1 600 till 1 200 miljoner år sedan. Även graniter är vanligt förekommande samt en mindre mängd av tonaliter och mafiska intrusivbergarter. Granodioriterna är ställvis ögonförande. Bland de yngre bergarter som förekommer inom kartområdet finns graniter som antas ha bildats genom uppsmältning av de äldre bergarterna vid en oviss tidpunkt och som skär en del av dessas strukturer. Dessutom finns ett stort antal mindre kroppar av yngre mafiska intrusivbergarter och gångar av pegmatit. Vid Kungsbacka finns en bergartsenhet som bildades för ca 1 300 miljoner år sedan vilken består av både granitiska (Askim- och RA-graniter) och mafiska delar. Ett likåldrigt granitiskt massiv finns vid Stråvalla.

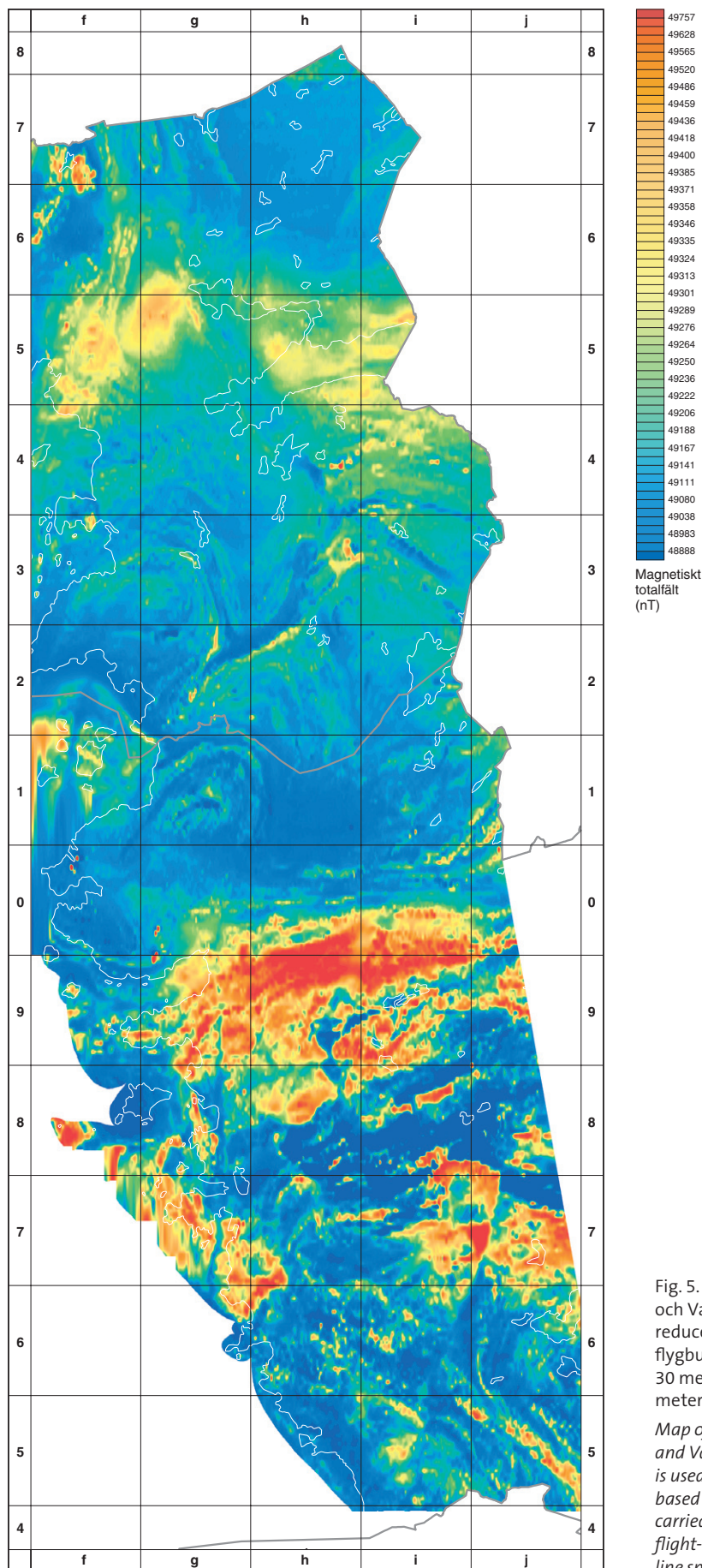


Fig. 5. Magnetisk totalfältskarta över Kungsbacka och Varbergs kommuner. Magnetiska data är reducerade till epok 1965.0. Kartan baseras på flygburna mätningar utförda 1974 och 1991 på 30 meter flyghöjd, med ett linjeavstånd av 200 meter och en öst–västlig flygriktning.

Map of the magnetic total field over Kungsbacka and Varberg municipalities. The epoch 1965.0 is used to remove the regional trend. The map is based on airborne magnetic field measurements carried out in 1974 and 1991 with an east–west flight-direction, a 30 meter flight-height, and a line spacing of 200 meter.

Stora delar av området har utsatts för upprepad högtemperaturdeformation och metamorfos, varvid bergarterna erhållit en foliation och gnejsighet, omkristalliserats, ådergnejsomvandlats och till viss del migmatitiserats. Dessa folierade, gnejsiga och äldre bergarter har senare veckats och därefter överpräglats av yngre deformationsmönster. Söder om Mylonitzonen är bergartsstrukturerna mycket mer heterogena än norr därom, där högmagnetiska stråk på den magnetiska anomalikartan (fig. 6) åskådliggör relativt öppna nord-sydliga anti- och synformstrukturer. Norr om Mylonitzonen finns flera kraftiga deformationszoner med ost-västlig strykning, parallellt med Mylonitzonen. De flesta magnetiska lineamenten har en nord-sydlig utsträckning och dessa sammanfaller med deformationszoner på berggrundskartan.

Tiden efter bergskedjeveckningarna präglas av en kraftig uppspräckning av berggrunden varvid ett antal spröda deformationszoner uppstått, t.ex. längs Löftaåns och Viskans dalgångar.

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 bergartsenheterna i Kungsbacka och Varbergs kommuner finns redovisade i tabell 3.

Tabell 3. Bergartsenheter i Kungsbacka och Varbergs kommuner.

Rock units in the municipalities of Kungsbacka and Varberg.

Bergartsenhet Rock unit	Bergartskod* Rock code
<i>Bergarter norr om Mylonitzonen</i>	
Diabas	24
Granit, grovporfyrisk (Askim)	50
Granit, grovporfyrisk (RA)	52
Granit, grovporfyrisk (Stråvalla)	53
Mafiska intrusivbergarter associerade med RA och Askimsgraniterna	54
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
<i>Bergarter relaterade till Mylonitzonen**</i>	79
<i>Bergarter söder om Mylonitzonen</i>	
Charnockit	57
Granitisk, grovporfyrisk, ögongnejs (Torpa)	58
Ytbergartsgnejs, fin- till fint medelkornig, av vulkaniskt och sedimentärt ursprung (Horredsgruppen)	83
Granit, anatexit	90
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.

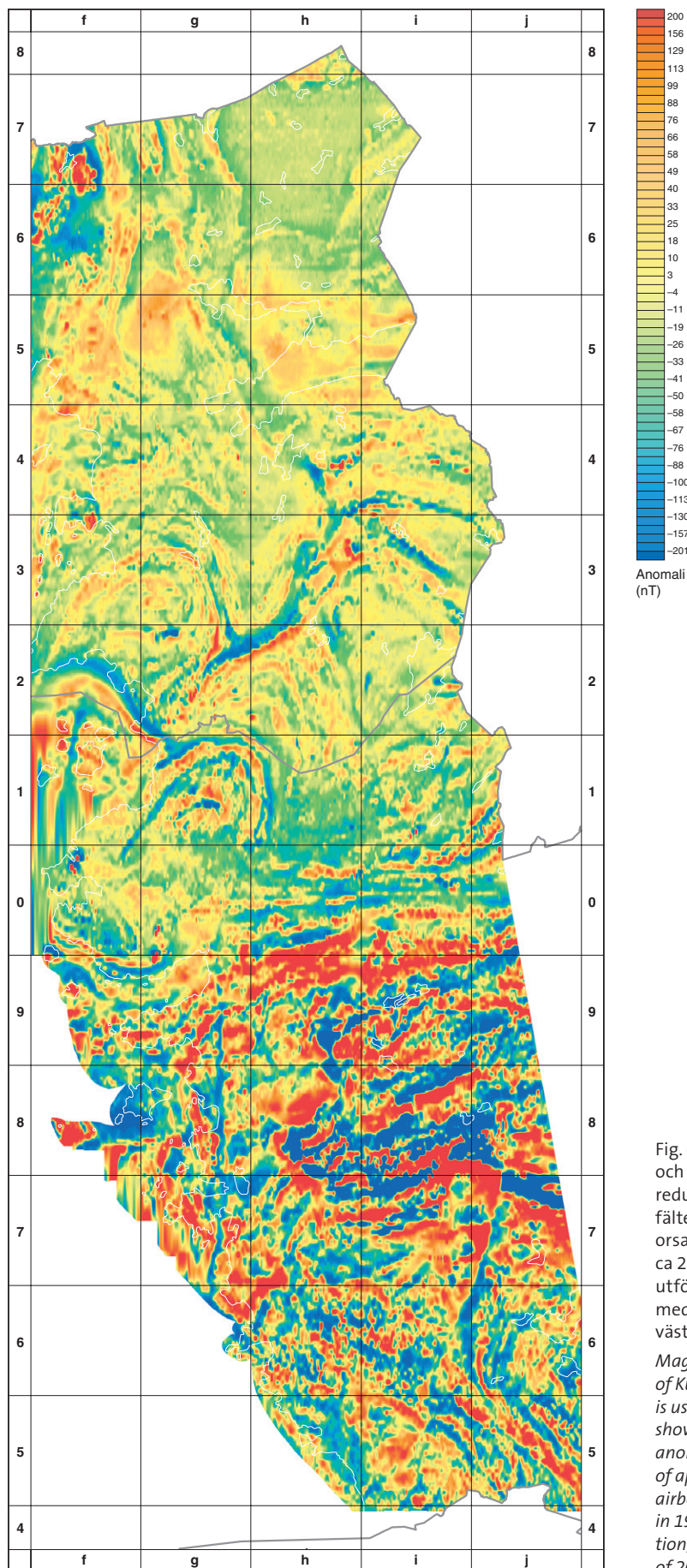


Fig. 6. Magnetisk anomalikarta över Kungsbacka och Varbergs kommuner. Magnetiska data är reducerade till epok 1965.0. Kartan visar magnetfältet efter filtrering för att framhäva anomalier orsakade av ytliga strukturer (på djup ned till ca 250 m). Den baseras på flygburna mätningar utförda 1974 och 1991 på 30 meter flyghöjd, med ett linjeavstånd av 200 meter och en öst-västlig flygriktning.

Magnetic anomaly map over the municipalities of Kungsbacka and Varberg. 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 airborne magnetic field measurements carried out in 1974 and 1991 with an east–west flight-direction, a 30 meter flight-height, and a line spacing of 200 meter.

Bergarter söder 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 granitiska till tonalitiska gnejser. Bergarterna är ofta helt omkristalliserade. Lokalt är dessa bergarter granatförande till skillnad från de mafiska intrusivbergarterna norr om Mylonitzonen.

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

Berggrunden söder om Mylonitzonen domineras av gråröda, granitiska gnejser och, i mindre utsträckning, grå, granitiska till granodioritiska gnejser som intruderade för ca 1 690 miljoner år sedan (Söderlund 1999) och därefter omvandlades till gnejser. I hällskala förekommer de två typerna ofta jämsides. Tunna mafiska inlagringar är vanligt förekommande. Kornstorleken varierar från fint medelkornig till grovt medelkornig. Generellt sett är gnejserna söder om Mylonitzonen något finkornigare än granitoiderna norr om Mylonitzonen. Lokalt är de förra drabbade av höggradig omvandling (granulitfacies) vilket innebär att epidot, som förekommer ganska ofta i och norr om Mylonitzonen, saknas nästan helt söder om densamma. Susceptibiliteten varierar kraftigt och bergarterna uppvisar också ofta remanent magnetisering.

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

De bergarter av sannolikt vulkaniskt eller sedimentärt ursprung som förekommer i kommunerna utgörs av grå, finkorniga till fint medelkorniga, homogena till bandade, folierade, veckade och lokalt starkt deformerade ytbergartsgnejser (Horredsgruppen). Gruppen uppträder ofta som mindre, utdragna, isolerade kroppar parallellt med gnejsigheten i de omgivande bergarterna. De sistnämnda är också ofta starkt deformerade vilket gör det 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 från lokal till lokal; oftast är den dock homogen fördelad i bergarten. Ytbergartsgnejserna antas vara de äldsta bergarterna norr om Mylonitzonen (Lundqvist 2008).

Bergarter relaterade till Mylonitzonen (Bkod 79)

Deformationen inom Mylonitzonen har varierat kraftigt och har påverkat både graniter, granodioriter och ytbergarter med vulkaniskt ursprung. Ren mylonit uppträder vanligen i 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. I Mylonitzonen är bergarterna ofta lågmagnetiska, men det finns även partier med förhöjd magnetisering. I en lokal från Mylonitzonen väster om Derome varierar susceptibiliteten mellan 944 och $2\,170 \times 10^{-5}$ SI-enheter.

Bergarter norr om Mylonitzonen

Mafiska intrusivbergarter (Bkod 76)

Mindre, utdragna kroppar av mafiska intrusivbergarter förekommer tillsammans med gnejsiga graniter till tonaliter (71, 73, 74) norr om Mylonitzonen. Mafiterna är i likhet med sina motsvarigheter söder om Mylonitzonen oftast kraftigt omkristalliserade. De är vanligtvis svarta, fint medelkorniga till grovkorniga och jämnkorniga. Både amfiboliter, gabbror och ultrabasiska bergarter återfinns i denna bergartsgrupp. Susceptibiliteten varierar mellan 337×10^{-5} SI-enheter (norr om Tvååker) och $11\,700 \times 10^{-5}$ SI-enheter (i sydvästra Spannarp).



Fig. 7. Grovt medelkornig, grå granodiorit–tonalit tillhörande 1600-sviten. En ganska vanlig bergart norr om Mylonitzonen, med dåliga tekniska egenskaper (se tab. 2, DCL032022, 6367022/1289839). Foto Dick Claesson.

Coarse- to medium-grained granodiorite–tonalite belonging to the 1600-suite. A common bedrock north of the Mylonit zone with poor rock quality properties (see tab. 2, DCL032022, 6367022/1289839).

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

Större delen av berggrunden inom Kungsbacka och Varbergs kommuner domineras av gråröda till grå, förgnejsade till ådrade granitoider. Sammansättningen varierar från granitisk till tonalitisk i ett komplext mönster som antyder en omfattande intrusionssvit av många likåldriga delintrusioner. Den vanligaste bergarten är granodiorit. Bergarterna är i allmänhet fint medelkorniga till medelkorniga och jämnkorniga. Tonaliterna är mörkare grå, både glimmer- och amfibolrika, saknar vanligen en utpräglad gnejsighet och är generellt inte ådergnejsomvandlade (fig. 7). De innehåller vanligen enklaver av mafiska bergarter. Granodioriterna är lite ljusare grå till rödgrå och är normalt ådrade. Graniterna uppträder oftast som ganska små kroppar. De varierar från gråröda till grå och från medelkorniga till finkorniga, och är vanligen ådrade. Graniterna kan vara svåra att skilja från omkristalliserade ytbergartsgnejser. Grovporfyriska granodioriter är vanliga i de sydöstra delarna av Kungsbacka kommun. Deformerade tonaliter har brutits i flera mindre stenbrott vid sjön Lygnern (fig. 8). Bergarterna inom denna grupp har normalt låg susceptibilitet.

Ögongnejs (Bkod 72)

Ögongnejserna bildar karaktäristiska "ledhorisonter" i berggrunden norr 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. väster om Stora Hornsjön och söder om sjön Lygnern. Ögongnejserna består av i allmänhet röda, rundade och grova (2–7 cm) porfyroblaster av mikroklin, omgivna av en grå, jämn- och medelkornig granodioritisk, vanligen glimmerrik mellanmassa. Vanligtvis är ögongnejserna kraftigt folierade, men i de centrala delarna av de större kropparna kan de övergå i massformiga, ögonförande granitoider.



Fig. 8. Mindre nedlagt stenbrott i deformerad tonalit norr om sjön Lygnern (DCL032013, 6378941/1290161). Foto Dick Claesson.
Minor closed quarry of a deformed tonalite north of lake Lygnern (DCL032013, 6378941/1290161).

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

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

Granit, grovporfyrisk (Torpagranit, Bkod 58)

Direkt söder om Mylonitzonen förekommer ett större massiv av grovporfyrisk, s.k. Torpagranit. Den gråröda till röda graniten intruderade den äldre berggrunden för ca 1 400 miljoner år sedan (Andersson m.fl. 2002, Åhäll m.fl. 1997). Torpagraniten är mestadels ögonförande och medel- till grovkornig. Mellan orterna Torpa och Derome finns ett flertal pegmatitbrott där fältspat brutits (Lundqvist & Wik 1998). Torpagraniten ger ett distinkt minimum på tyngdkraftskartan, vilket antyder ett stort djupgående.

Charnockit (Bkod 57)

Delar av berggrunden söder om Mylonitzonen utsattes samtidigt med Torpagranitens intrusion för ca 1 400 miljoner år sedan lokalt för mycket höga tryck och temperaturer varvid en omfattande omvandling, s.k. charnockitisering ägde rum. Charnockiten som bildas under dessa betingelser är normalt jämn- och medelkornig och har en gröngrå till mörkt grå färg samt uppvisar granulitfaciesparagenes med ortopyroxen, ortoklas och granat (Lundqvist 2008). Ett flertal äldre och mindre stenbrott finns i charnockit, och Varbergs fästning byggdes av denna bergart under senare delen av 1200-talet. Charnockiten har en medelhög densitet och låg magnetisk remanens medan susceptibiliteten varierar mellan 565 och 4250×10^{-5} SI-enheter.



Fig. 9. Röd–grå-röd, medelkornig, gnejsig, porfyrisk RA-granit söder om Kungsbacka (DCL032008, 6379114/1275307).
Foto Dick Claesson.

Red to greyish red, medium-grained, gneissic, porphyritic, RA-granite south of Kungsbacka (DCL032008, 6379114/1275307).

Mafiska bergarter associerade med RA och Askimsgraniterna (Bkod 54)

De yngsta mafiska bergarterna (bortsett från enstaka, mindre diabasgångar) återfinns inom de nordvästra delarna av området ofta i association med de ca 1 300 miljoner år gamla RA- och Askimsgraniterna. Till skillnad från de äldre mafiska bergarterna har de yngre oftast inte en välutvecklad polygonal textur och uppvisar ställvis en svagt ofitisk textur, företrädesvis i de centralare delarna av bergartskropparna. Hybridbergarter mellan de mafiska bergarterna och graniterna förekommer ibland i kontaktzonen dem emellan. De mafiska bergarterna uppvisar positiva magnetiska anomalier trots en relativt låg uppmätt magnetisering med en susceptibilitet som varierar mellan 26 och $1\,470 \times 10^{-5}$ SI-enheter.

Granit, grovporfyrisk (RA- och Stråvallagranit, Bkod 52 och 53)

Dessa grovporfyrisk graniter (ca 1 300 miljoner år gamla) påträffas i de nordvästra och centrala delarna av undersökningsområdet vid Kungsbacka respektive Stråvalla och Veddige. Bergarterna är röda eller rödgrå och förekommer både som massformiga och gnejsiga varianter. Vanligtvis är de medelkorniga och porfyrisk (fig. 9). De har höga uranhalter (därav namnet RA-granit, ”radioaktiv” granit) vilket ger dem relativt höga radium- och gammaindex (RA = 0,9–3,5) jämfört med omgivande bergarter.

Granit, grovporfyrisk (Askimsgranit, Bkod 50)

Askimsgraniten är undersökningsområdets yngsta granit (bildad för ca 1 300 miljoner år sedan) och finns i de nordvästra delarna av Kungsbacka kommun. Graniten ger ett homogent intryck och har vanligtvis svagare strukturer (stänglighet, förskiffring etc.) än den intilliggande RA-graniten. Askimsgraniten är i undersökningsområdet nästan alltid grovporfyrisk men skiljer sig från RA-graniten genom lägre uranhalter.

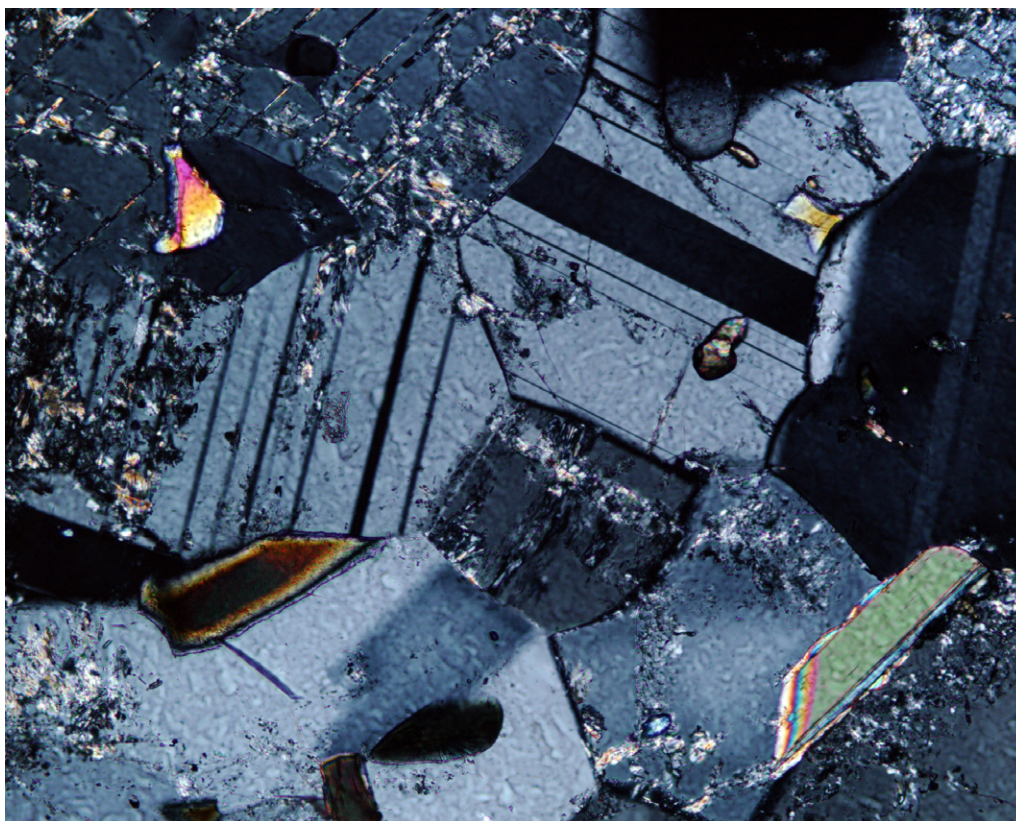


Fig. 10. Mikrofoto av statiskt omkristalliserad tonalit vid Idala (DCL032022A, 6367022/1289839). En utpräglad polygonaltextur skapar en dålig ”ihopfästning” av mineralkornen vilket ger bergarten dåliga bergmekaniska egenskaper ($A_N = 32,0\%$, $LA = 41,0\%$). Vyn är 0,7–1,0 mm. Foto Mattias Göransson.

Micro photo of a static recrystallised tonalite at Idala (DCL032022A, 6367022/1289839). The polygonization and annealing of the rock causes the mineral grains to be poorly attached to each other, which results in poor rock mechanical properties ($STT = 32.0\%$, $LA = 41.0\%$). The field of view is 0.7–1.0 mm.

Petrografisk analys

Bergartsprovernas 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 (malmineral) med reflektionsmikroskopi.

Vidare har en uppskattning av ingående mineralkorns storlek och bedömning av kornfogar genomförts. De allra flesta prov har en granoblastisk, statiskt omkristalliserad korntextur, där kornen har en låg grad av sammanväxning (fig. 10). I ett antal prover från deformerade bergarter har mineralen en mer dynamiskt omkristalliserad korntextur och en högre grad av sammanväxning. Dessutom förekommer en mer ojämnkornig kornstorlek med t.ex. tillväxt av porfyroklastar av kalifältspat vilka har bildats under deformationen i Mylonitzonen.

Skiktsilikater (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 (Vägverket 2004). Även omvandlingsmineral som klorit, serpentin och epidot är intressanta i bedömningen av bergartens beständighet. Information om mineralsammansättningen redovisas i tabell 1. Några av granitoiderna norr om Mylonitzonen har mer än 15 % glimmer (biotit, muskovit och klorit). Den högsta totalhalten har en tonalit med ca 20 % glimmer (DCL032028A, 1294367/6362684).

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 (lakvattnet) kan även frigöra metaller som löses ut 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 ett bergmaterial mot mängden sulfidmineral. Vid en svavelhalt högre än 0,3 viktprocent i bergmaterialet, 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 syre och vatten minskas genom t.ex. övertäckning eller deponering under grundvattenytan. Hög svavelhalt skall också undvikas om man planerar att använda materialet till betong. Om sulfidinnehållet är högt bör materialet 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 25 bergartsprover med mer än 0,3 volymprocent opaka mineral redovisas i tabell 4.

Den grovporfyrisk graniten öster om Veddige (FRJ042008A) har ett innehåll av sulfidmineral som klart överstiger 0,3 volymprocent (se tab. 4) vilket innebär att den är olämplig att använda för betong-,

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 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 Haematite	Övrigt Other	Pyrit Pyrite	Kopparkis Chalcopyrite
DCL032005A	2,4		+++			+	
DCL032007A	0,6	+++				+	
DCL032009A	0,7	+++				+	
DCL032012A	3,3		+++		(+)	+	
DCL032029A	0,6	+++				+	(+)
FRJ042001A	1,2	+++	++			+	(+)
FRJ042002A	0,4	+++	(+)				
FRJ042004A	1,4	+++				+(+)	(+)
FRJ042005A	1,6	+++				+	
FRJ042006A	0,8	+++	++			+	
FRJ042007A	0,4	+++	+			(+)	
FRJ042008A	2,3	+++				+++	(+)
FRJ042009A	2,0	+++	+++			+	
FRJ042010A	1,5	+++		+			
FRJ042012A	5,5	+++	++	(+)		+	(+)
FRJ042013A	0,5	+++	++	+			
FRJ042014A	0,6	+++	+++	(+)		+	
FRJ042015A	2,6		+++			++	
FRJ042016A	1,6	+++	+				
FRJ042017A	1,3	+++	+++			+	
MGO050018	1,6	+++	+++			+	
MGO050020	0,6	+++	++			+	
UJB045037A	0,8	+++	+++			+	
UJB045038A	0,6	++	+++	++		++	(+)
UJB045043A	2,3	+	+++	(+)		+	

väg- och järnvägssammanhang utan att speciella åtgärder vidtas eller mer detaljerade undersökningar görs. En viss risk föreligger att bergmaterial från lokalerna DCL032005A, FRJ042004A, FRJ042012A, FRJ042015A, UJB045038A och UJB045043A 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 överpräglningen 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 kalifältspat, 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 spricka lätt (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 regionalmetamorfos (storskalig omvandling). Samtliga bergarter är på grund av detta mer eller mindre gnejsiga. I stora delar av kommunerna är bergarterna också mer eller mindre ådrade. Ådrorna ligger i allmänhet parallellt med eller i liten vinkel mot foliationen. Bergarternas utsträckning och gnejsighetens strykningss-riktning sammanfaller i stora drag med de magnetiska strukturer man kan se på den magnetiska anomalikartan. Dessa drag har på bergkvalitetskartan tolkats och sammanförts som strukturella formlinjer.

Huvudstrukturerna såsom bergarternas utsträckning och gnejsighet stryker nordvästligt och stupar medelbrant mot nordost i den södra delen av kartområdet söder om en linje mellan Varberg, Spannarps (6 i) och Järnvirke (5 j). Norr om denna linje svänger strukturernas strykning mot norr för att därefter vika av mot öster. I området öster om Varberg och mot Gödestad (7 i) och Rolfstorp (8 j) stryker strukturerna ost–västligt med medelbrant till brant nordlig stupning. Bergarternas mineralstänglighet stryker ungefär ost–väst och stupar 0° till 25° antingen mot öster eller väster.

Utöver den övergripande omvandlingen (regionalmetamorfosen) har samtliga bergarter drabbats av efterföljande och stråkvis, plastisk deformation som resulterat i att bergarterna blivit mer eller mindre deformerade (se fig. 11 och bergkvalitetskartan). Detta gäller framför allt Mylonitzonen som i norra kanten av Varbergs kommun, stryker i ost–västlig riktning för att vrida mot nordost i norr med en ungefärlig stupning på 30–40 grader åt öster. Mylonitzonen är en flera kilometer bred zon med upprepade förekomster av parallella mylonitiserade stråk i berggrunden. Mellan mylonitstråken finns enheter med bättre bevarade bergarter, men också berggrund som är folierad utan att för den skull ha utvecklats till myloniter. Den plastiska deformationen åtföljs av mer spröda zoner och förkastningar som åtminstone delvis har samma riktning. Utanför Mylonitzonen finns ett antal plastiska deformationszoner, t.ex. i de yngre graniterna väster om Kungsbacka, på bägge sidor om Lygnern, samt öster om Stråvalla och längs Viskans dalgång. Ytbergartsgnejserna är vanligen drabbade av kraftig deformation och kan därför vara

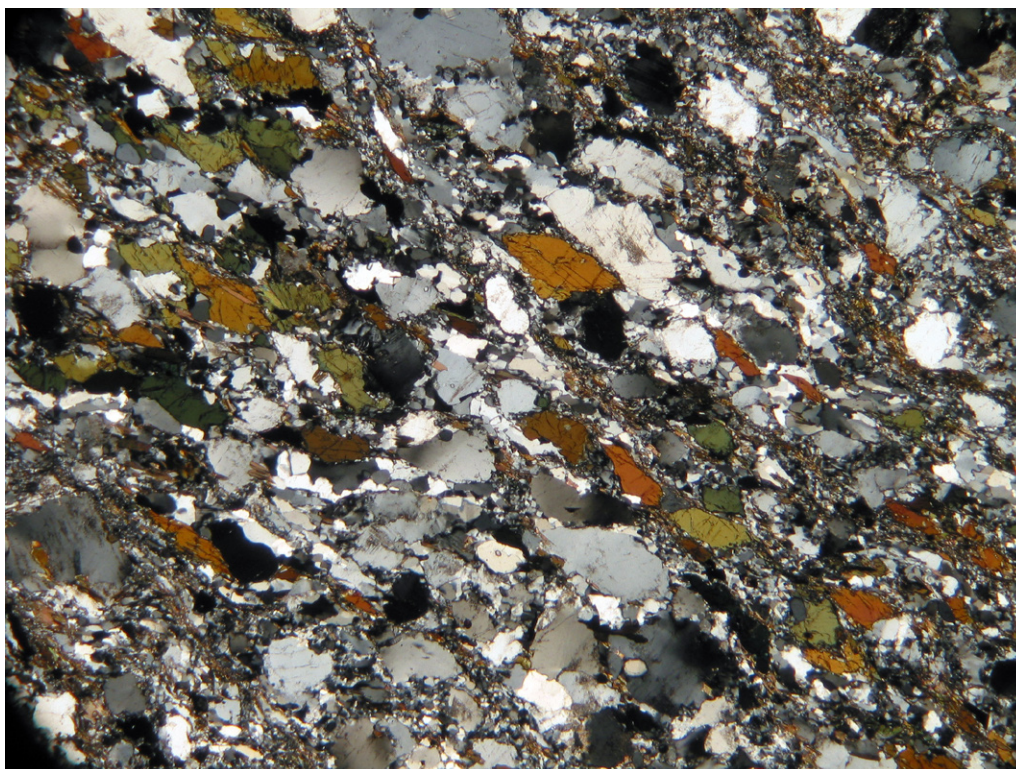


Fig. 11. Mikrofoto av dynamiskt omkristalliserad granodiorit i Mylonitzonen (FRJ042003, 6350009/1285136). Det finkorniga till mycket finkorniga matrixet ger bergarten dess mycket goda bergmekaniska egenskaper ($A_N = 7,2 \%$, $LA = 17,3 \%$). Vyn är 4,9–6,5 mm. Foto Fredrik Hellström.

Microphoto of a dynamically recrystallised granite from the Mylonite zone (FRJ042003, 6350009/1285136). The very fine-grained matrix texture results in very good rock mechanical properties ($STT = 7.2 \%$, $LA = 17.3 \%$). The field of view is 4.9–6.5 mm.

svåra att skilja från andra bergarter i plastiska deformationszoner på grund av båda bergarternas finkornighet, t.ex. inom stråket vid Derome–Grimmared.

Efterföljande, mer spröd 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 och erosion längs dessa zoner formar till stor del den morfologi vi idag kan se i landskapet, t.ex. Löftaåns och Viskans dalgångar. Förutom de större spröda deformationszonerna uppträder en mängd lineament som antyds genom mindre topografiska lågområden. Som tidigare nämnts är det viktigt att notera att dessa topografiska lineament inte nödvändigtvis motsvarar verkliga sprickor, sprickzoner eller förkastningar, men att de sannolikt utgör sprickrelaterade svaghetszoner. Några linament eller linjära zoner kan även identifieras som tydliga anomalier på den elektromagnetiska kartan (VLF, fig. 12). Zoner med nordöstlig riktning framträder tydligast eftersom VLF-sändarens läge förstärker dessa riktningar. Lågmagnetiska linjära zoner indikerar i vissa fall sprickzoner i berggrunden och kan med fördel tolkas som sådana om de sammanfaller med VLF-anomalier.

Det geofysiska underlagsmaterialet och topografin antyder lineament i främst nordvästlig och nordöstlig riktning. Lokala variationer där svaghetszonernas riktning åtminstone delvis styrs av den regionala gnejsigheten kan noteras. Oftast finner man att svaghetszonerna är parallellt eller vinkelrätt orienterade mot gnejsigheten.

Sprickorientering och spricktäthet har bedömts på ett flertal provlokaler. Tätheten anges som antal sprickor per meter (SPM, tab. 2). Sprickornas orientering (strykning och stupning) plottas i ett urval av

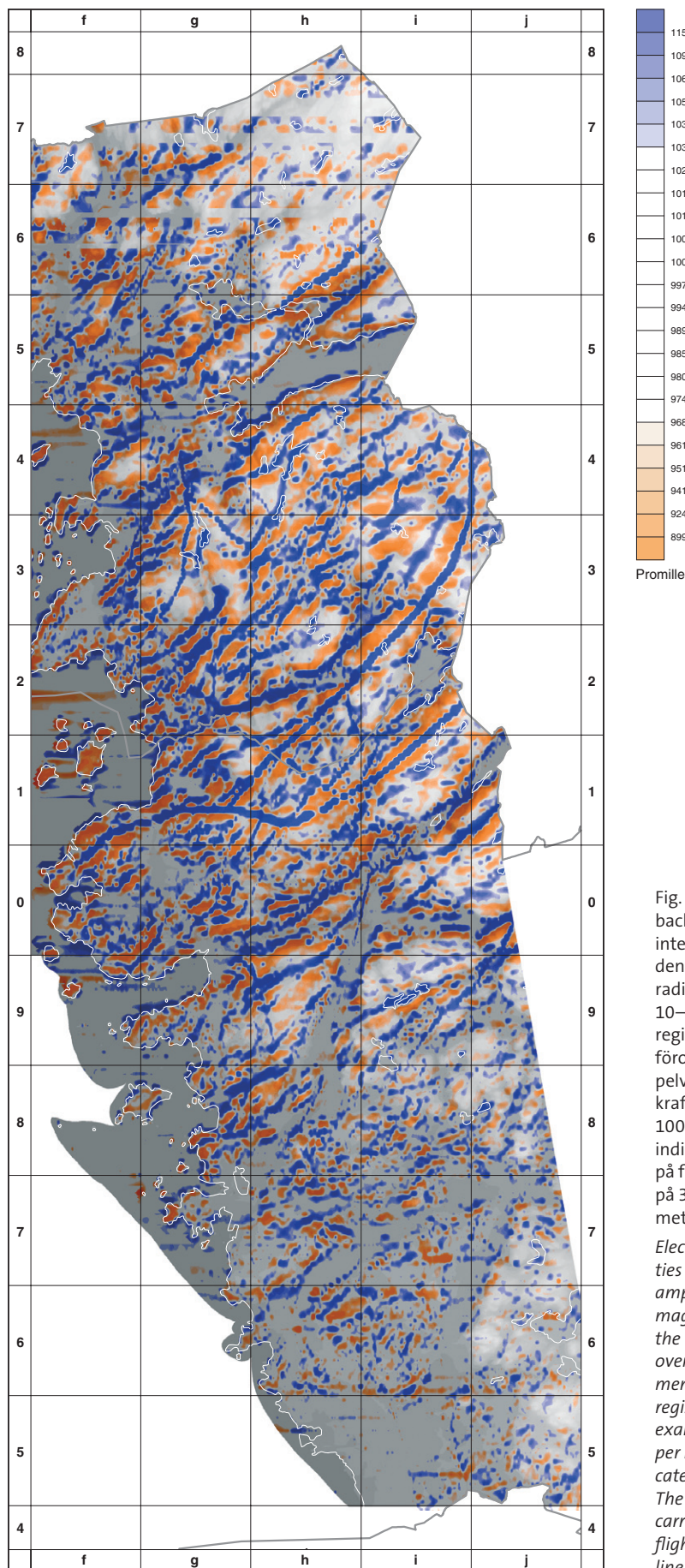


Fig. 12. Elektromagnetisk karta (VLF) över Kungsbacka och Varbergs kommuner. Kartan visar intensiteten av totalmagnetfältskomponenten av den elektromagnetiska signalen från en avlägsen radiosändare i VLF-bandet (very low frequency, 10–30 kHz) överlagd på höjddata. Mätningarna registrerar sekundära elektromagnetiska fält som förorsakas av induktion i elektriska ledare, exempelvis större sprickzoner i berggrunden men även kraftledningar och andra källor till störningar. 1000 promille motsvarar nollnivån och blå färg indikerar god ledningsförmåga. Kartan baseras på flygburna mätningar utförda 1974 och 1991 på 30 meter flyghöjd, med ett linjeavstånd av 200 meter och en ost–västlig flygriktning.

Electromagnetic map (VLF) for the municipalities of Kungälv and Varberg. The map shows amplitudes of the magnetic field in 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 in the bedrock. 1000 per mill represents the zero level. Blue colour indicates zones with higher electrical conductivities. The map is based on airborne VLF measurements carried out in 1974 and 1991 with an east–west flight-direction, a 30 meter flight-height, and a line spacing of 200 meter.

stereogram där sprickplanen anges som storcirklar och tätheten av de associerade polerna till planen visas med konturering för att spegla frekvensen av antalet mätningar med samma orientering. Sprickornas orientering varierar i olika delar av kommunerna beroende på berggrundens geologiska och tektoniska utveckling. Dominerande sprickorienteringar visas i tabell 5.

I allmänhet finns en grupp av sprickor som är mer eller mindre parallella med foliationen i berggrunden. De är likt gnejsigheten ganska flacka och polerna till dessa sprickytor återfinns i stereogrammens mitt. Dessa sprickor är vanligare i bandade och ådrade bergarter, t.ex. i deformationszoner. De syns framför allt i lodräta bergblottningar och kan antas utgöra ett befintligt svaghetsplan i bergarten som kan accentueras vid sprängning och andra bergarbeten.

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

Det finns i de flesta lokaler två grupper av brantstående sprickor med nordvästliga och nordostliga riktningar, som bildar ett rombliknande, tektoniskt mönster. En av dessa grupper uppträder vinkelrätt mot foliationen.

Det är på många lokaler möjligt att se att det rombformade mönstret styrs av den storskaliga spricktektoniken. I de flesta lokaler stryker sprickorna från en av sprickgrupperna mer eller mindre parallellt med riktningen på närliggande större lineament som identifierats från det geofysiska underlagsmaterialet eller från den topografiska informationen. Detta gäller för sprickor som är parallella med de stora ostnordostligt riktade dalgångarna men också med nordnordvästligt orienterade sprickzoner.

BERGGRUNDENS STRÅLNINGSEGENSKAPER

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

Gammaindex m_γ är beräknat enligt nedan (The Radiation protection authorities in Denmark, Finland, Iceland, Norway and Sweden, 2000)

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

Tabell 5. Dominerande sprickorienteringar.

Dominating fracture orientations.

Strykning <i>Strike</i>	Stupning <i>Dip</i>
Varierande <i>Varying</i>	Parallellt med foliationen, varierande flack <i>Parallel to foliation, variably shallow</i>
~ Nordost (NO) till ostnordost (ONO)	Brant
~ North-east (NE) to east-north-east (ENE)	Steep
~ Nordnordväst (NNV)	Brant
~ North-north-west (NNV)	Steep
~ Nord-syd (N-S) till nordnordost (NNO)	Brant
~ North-south (N-S) to north-north-east (NNE)	Steep

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 redovisas i massandelar som procent för kalium och miljondelar (ppm) för uran och torium. Halterna kan omräknas till Bq/kg enligt följande:

$$\begin{aligned} 1 \% \text{ kalium} &= 313 \text{ Bq/kg} \\ 1 \text{ ppm uran} &= 12,35 \text{ Bq/kg} \\ 1 \text{ ppm torium} &= 4,06 \text{ Bq/kg} \end{aligned}$$

Figur 13 visar uranhalter beräknade från flygmätningar inom Varbergs och Kungsbacka kommuner. Områden med förhöjd uranhalt framträder som små prickar med ljust röda färgnyanser. Markuppföljningen med gammaspektrometer visar dock att de höga uppmätta uranhalterna bara till viss del orsakas av uran i berggrunden. Bland annat Ringhals kärnkraftverk syns som en anomali på urankartan. Gammastrålningsmätningar har genomförts vid 60 mätpunkter inom kommunerna, varav 58 är från lokaler där prover tagits för teknisk analys (tab. 2). Vid varje mätpunkt utfördes normalt 2 till 5 mätningar. De flesta bergarter inom Varbergs och Kungsbacka kommuner visar låga gamma- och radiumindex (tab. 2 och 6). Radiumindex och gammaindex beräknades för samtliga mätpunkter.

Endast vid en lokal, strax söder om Kungsbacka stad (DCL032008), överskrider värdet 2,0 för gammaindex för enstaka mätningar. Lokalen ger ett relativt högt medelvärde för gammaindex (2,1) respektive radiumindex (0,7). Berggrunden vid den här lokalen utgörs av en svagt gnejsig, porfyrisk RA-granit som också i grannkommunen Mölndal visat sig ha höga halter av naturliga radioaktiva element (kalium, uran och torium), vilket ger höga värden för gammaindex. RA-graniten är olämplig som byggnadsmaterial i byggnader där folk vistas kontinuerligt. Den uranhalt flygmätningen uppvisar inom kommunerna indikerar en liten variation i uranhalt inom berggrunden söder om Mylonitzonen medan berggrunden norr om densamma kännetecknas av relativt högre värden och en större variation. Det finns områden med lokalt hög uranhalt orsakade av mindre pegmatitgångar vilka ofta är högstrålande. Exempel på detta är ett område en kilometer öster om Tofta (6344780/1289300) och direkt öster om E20 (6367220/1283240)

Tabell 6. Sammanställning av strålningsmätningar inom Kungsbacka och Varbergs kommuner.

Summary of the measured gamma-radiation in the municipalities of Kungsbacka and Varberg.

Bkod* Rcode	Bergartsenhet Rock unit	K (%) P (%)	U (ppm)	Th (ppm)	Radium- index	Gamma- index	Antal Number
52, 53	Granit (RA- och Stråvallagranit)	4,6	6,3	29,6	0,39	1,34	9
54	Ynge mafiska bergarter	1,0	1,8	5,7	0,11	0,30	6
57	Charnockit	3,0	0,0	1,0	0,00	0,34	3
58	Granit (Torpagranit)	4,6	0,7	9,9	0,05	0,71	12
60	Granit anatektisk	3,6	3,3	20,6	0,20	0,93	6
71	Granit (1600-sviten)	3,2	3,1	12,0	0,19	0,71	21
72	Ögongnejs (1600-sviten)	3,5	3,7	12,8	0,23	0,77	10
73	Granodiorit (1600-sviten)	3,2	2,5	11,1	0,15	0,66	30
74	Tonalit (1600-sviten)	2,3	2,3	7,5	0,14	0,48	24
76	Äldre mafiska bergarter (1600-sviten)	1,2	0,8	3,0	0,05	0,22	6
79	Bergarter relaterade till Mylonitzonen**	4,2	0,7	9,4	0,05	0,66	6
83	Ytbergartsgnejs (Horredsgruppen)	3,2	2,9	10,9	0,18	0,67	6
90	Granit, anatexit	4,2	1,8	9,8	0,11	0,72	5
91	Granitisk gnejs	3,9	0,9	4,4	0,05	0,53	6
92	Granitisk till granodioritisk gnejs	4,2	0,6	9,0	0,04	0,64	15
93	Granodioritisk till tonalitisk gnejs	3,2	0,6	7,6	0,04	0,51	9
94	Amfibolit och gabbroid	0,7	0,3	1,4	0,02	0,12	6

* 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.

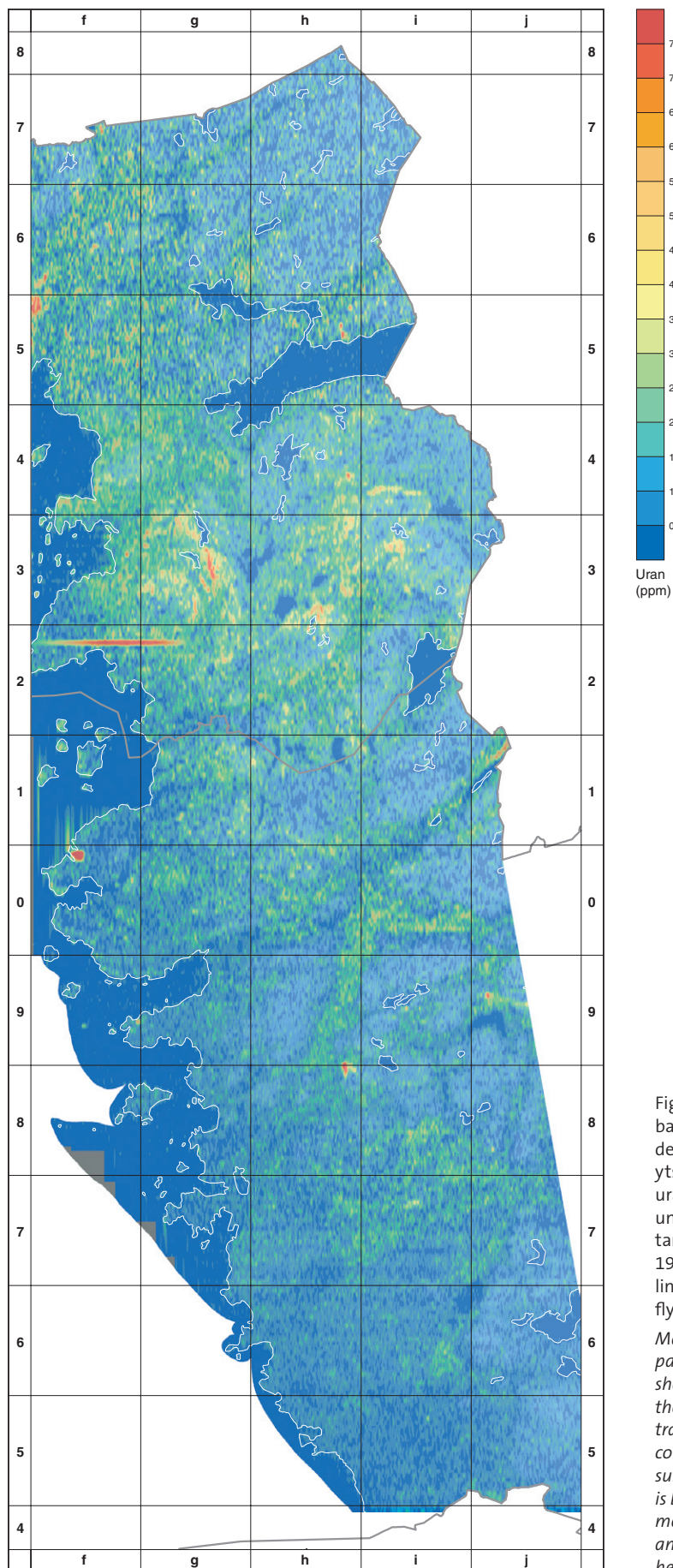


Fig. 13. Karta över markens uranhalt i Kungsbacka och Varbergs kommuner. Kartan visar den beräknade fördelningen av uran i markens ytskikt. Halten uran är uttryckt i ppm ekvivalent uranhalt, vilket innebär att den är beräknad under antagande av radioaktiv jämvikt. Kartan är baserad på flygburna mätningar utförda 1974 och 1991 på 30 meters flyghöjd, med ett linjeavstånd på 200 meter och en ost-västlig flygriktning.

Map of uranium concentration over the municipalities of Kungsbacka and Varberg. 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 1974 and 1991 with an east-west flight-direction, a 30 meter flight-height and a line spacing of 200 meter.

i höjd med Ölmevalla kyrka. Överlag varierar de uppmätta halterna (enskilda värden) för de undersökta lokalerna från 0,5 % (mafisk intrusivbergart, gabbroid, amfibolit) till 6,1 % (granit, pegmatit) för kalium, 0,1 ppm (granodiorit, mafisk intrusivbergart) till 14,8 ppm (RA-granit) för uran och 0,3 ppm (mafisk intrusivbergart) till 61,8 ppm (gnejsig granulit) för torium.

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. 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. En jämförelse med bergtäkternas produktionsdata och SGUs provresultat har gjorts i syfte att säkerställa klassificeringen av berget i dessa områden. Totalt har 67 prover tagits från lika många 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, Göteborg (Persson m.fl. 2000), Lerum (Bergström m.fl. 2008), Härryda (Göransson m.fl. 2008), Mölndal (Göransson m.fl. 2007) och analysmaterial från krossbergsinventeringar (Länsstyrelsen i Halland 1994) ingått i tolkningsmaterialet.

Kulkvarnsanalys

Kulkvarnsanalyserna har utförts enligt SS-EN 1097-9. 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 bil. 2) har dubbelprov utförts. Kulkvarnsvärdena (A_N) presenteras i tabell 2. Medelvärden för de olika bergartsenheter redovisas i tabell 7.

Kulkvarnsvärdet är ett mått på bergets nötningsmotstånd. De högsta (sämsta) medelvärdena (>20 %, se tab. 2) erhåller tonaliter, granodioriter, ögongnejser och äldre mafiska bergarter, samtliga från berggrunden norr om Mylonitzonen samt amfiboliter och gabbroider söder om Mylonitzonen. Bergarterna präglas av en jämnkornig, medel- till grovkornig textur och har ofta varit utsatta för en kraftig statisk omkristallisation. Det bästa (lägsta) resultatet (7,2 %) får en mylonitisk granulit från Mylonitzonen (FRJ042003A, 6350009/1285136). Det bör dock noteras att variationen av bergarter och deformationsgrad inom Mylonitzonen är ganska kraftig varför en detaljerad undersökning bör göras för att säkerställa representativiteten avseende berggrundens tekniska egenskaper inom ett specifikt område. Tunna zoner med bergmekaniskt dåligt berg (glimmerrika led och leromvandlat berg) förekommer ofta i anslutning till bergmekaniskt bra berg inom Mylonitzonen. Även ytbergartsgnejserna öster om Veddige ger bra värden (9–10 %) men de som saknar en dynamisk textur ger sämre resultat. I Varbergs kommun ger bergarterna söder om Mylonitzonen överlag bättre kulkvarnsresultat än bergarterna norr om densamma. Orsaken till detta tros bero på att de förstnämnda är något mer finkorniga och mindre ådergnejsomvandlade än de sistnämnda. De ca 1 300 miljoner år gamla graniterna ger i analogi med områdets övriga bergarter bättre värden då de är deformerade.

Los Angeles-analys

Krossning och siktning för Los Angeles-analys har skett på samma sätt som för kulkvarnsanalyserna. Detta har gett 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) 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. De flesta av bergarterna norr om Mylonitzonen ger medelvärden över 30 %. Det samma gäller för den grovporfyrisk Torpagraniten. Ytbergartsgnejser och bergarter associerade med Mylonitzonen har i allmänhet mycket bra LA-värden (13–18 %). Mafiska intrusivbergarter, i synnerhet de ca 1 300 miljoner år gamla, ger bättre resultat (10–33 %) än granitoiderna.

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 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 2. Medelvärden för de olika bergartsenheterna redovisas i tabell 7. Micro-Devalvärdena följer kulkvarnsvärdena mycket väl och

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

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

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
50	Granit (Askim)		10,7	1		22,3	1			
52	Granit (RA)	11–15	13,7	3		28,1	1			
53	Granit (Stråvalla)	12–18	13,9	3	22–33	28,3	3	8–12	9,5	3
54	Mafisk intrusivbergart associerad med RA- och Askimsganiterna	8–19	15,1	4	10–20	15,0	2			
57	Charnockit		14,7	1		27,8	1		10,7	1
58	Granit (Torpa)	13–23	17,1	4	31–37	33,2	4	8–14	10,8	4
60	Granit, anatektisk	17	17,1	2		30,6	1			
71	Granit, gnejsig och ådrad (1600-sviten)	10–24	15,4	8	20–36	27,6	7	7–8	7,6	3
72	Ögongnejs (1600-sviten)	17–29	22,0	4	22–45	34,7	3		12,3	1
73	Granodiorit, gnejsig och ådrad (1600-sviten)	10–30	21,7	10	21–47	31,0	8	15–22	18,3	2
74	Tonalit, gnejsig och ådrad (1600-sviten)	21–47	28,0	8	25–54	35,3	8	15–19	17,0	2
76	Mafisk intrusivbergart (1600-sviten)	18–29	23,2	2	21–33	27,1	2	15–28	21,4	2
79	Bergarter relaterade till Mylonitzonen**	7–14	10,7	2		13,3	1		5,0	1
83	Ytbergartsgnejs (Horredsgruppen)	9–10	9,4	2	16–18	17,0	2			
90	Granit, anatexit		15,8	1		47,3	1		10,0	
91	Granitisk gnejs	10–12	11,1	2		26,1	1		6,7	1
92	Granitisk till granodioritisk gnejs	8–13	11,5	5	20–34	26,6	5	6–9	7,9	5
93	Granodioritisk till tonalitisk gnejs	13–18	15,5	3	20–21	20,4	2	10–15	12,6	2
94	Amfibolit och gabbroid (ÖS)	16–24	20,2	2	21	21,0	2	15–23	18,7	2

* 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.

korrelationen mellan dessa metoder, i detta område, är $M_{DE} = 0,89 \times A_N - 2,50$ ($R^2 = 0,89$) jämförs 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 baserat på RILEMAAR-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. Fem bergarter har bedömts tillhöra ASR-klass 3 nämligen DCL032028A, FRJ042003A, FRJ042004A, FRJ042016A samt MGO045047A. Samtliga prover kommer från bergarter associerade med stark deformation (t.ex. belägna i Mylonitzonen) eller som har suprakrustalt ursprung. Dessa bergarter bör testas vidare med expansionsförsök av betongprismor enligt RILEMAAR-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 14, är spridningen inom de olika bergartsgrupperna relativt stor. Berggrunden i Kungsbacka och Varbergs kommuner domineras av klass 3-material. Många bergarter ger höga till mycket höga Los Angeles-värden på grund av den olämpliga mineralkornstexturen (se fig. 10). Klass 1-områden har bara bedömts finnas bland ytbergartsgnejserna i öster (Horredsgruppen) och deformerade stråk i fint medelkorniga partier av RA-graniten. Bergarterna i Mylonitzonen är vanligtvis finkorniga och ojämnkorniga vilket ger goda tekniska egenskaper. Starkt deformerad berggrund har i många sammanhang bedömts vara av bättre kvalitet gentemot omgivande berggrund på grund av dess mer komplexa, starkare kornfogar (se fig. 11). Den geologiska heterogeniteten i Mylonitzonen (förekomst av glimmeromvandlade bergarter med dåliga tekniska egenskaper etc.) gör det dock vanskligt att bedöma dessa områden bättre än klass 2-material. Större delen av bergarterna söder om Mylonitzonen (granitiska till granodioritiska gnejser) har bedömts som klass 2-material även om en gnejs med granitisk sammansättning bör väljas då bergmaterial ska användas till asfalt. Fint medel-

korniga graniter tillhörande 1600-sviten och fint medelkorniga, omkristalliserade ytbergartsgnejser har bedömts tillhöra klass 2. De flesta granodioriter har bedömts som klass 3-material även om de ibland återfinns som klass 2-material. Samtliga tonaliter, grovporfyriska ögongnejser, och grova ögongraniter har bedömts som klass 3-material. Mafiska intrusivbergarter har vanligen en utpräglad polygonaltstruktur, både norr och söder om Mylonitzonen, då de uppträder som små bergartskroppar eller inneslutningar vilket gör dem olämpliga som ballastmaterial. De ca 1 300 miljoner år gamla mafiska intrusivbergarterna är delvis förskonade från statisk omkristallisation och saknar polygonaltstruktur varför de har bättre tekniska egenskaper än de äldre. Blandbergarter i gränsområden mellan 1300-graniter och associerade mafiska intrusivbergarter ger ofta en bra makadam som inte är alltför spröd då den innehåller både en slitstark komponent (granit) och en ospröd komponent (mafit). Kraftigt ådergnejsomvandlade till

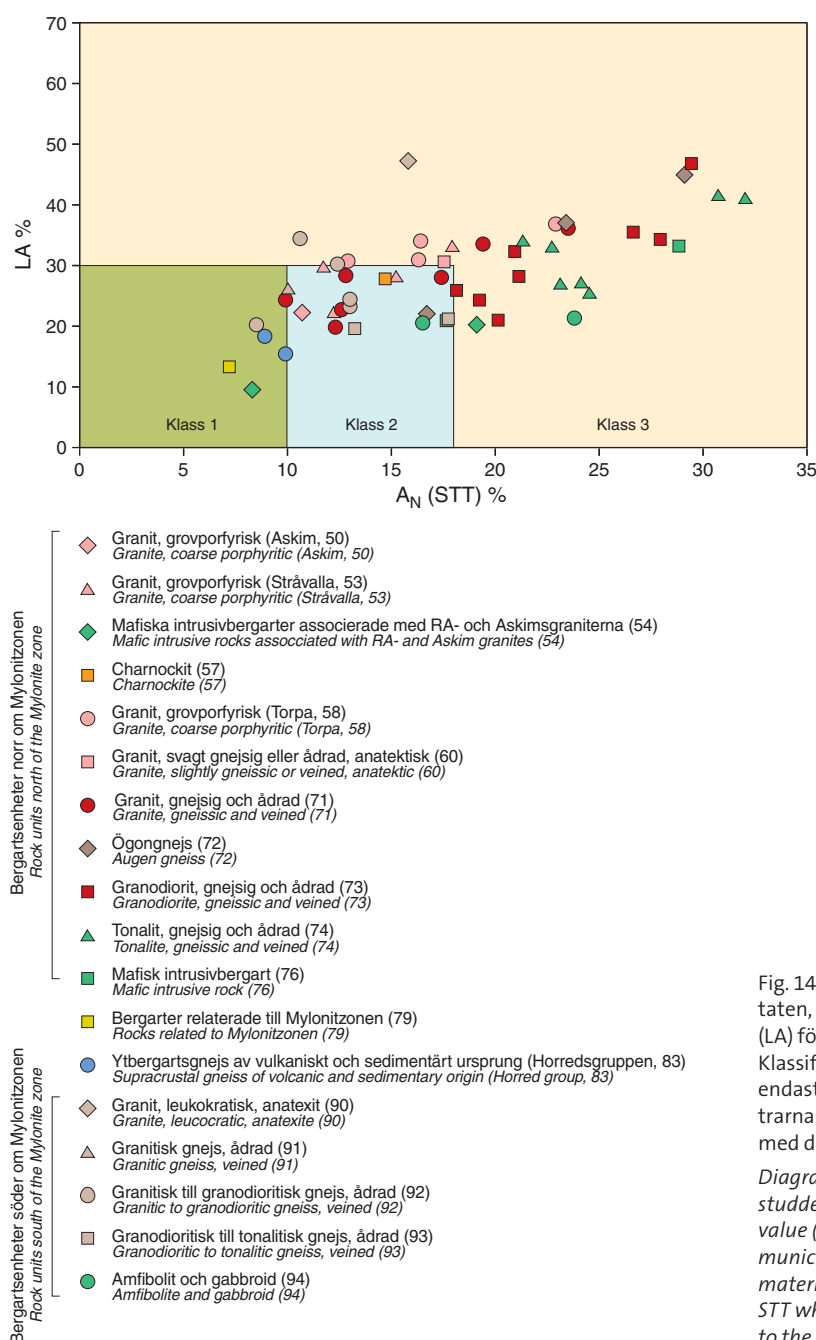


Fig. 14. Diagram som visar de tekniska analysresultaten, kulkvarnsvärde (A_N) och Los Angeles-värde (LA) för de olika bergartsproverna i kommunerna. Klassificeringen (1–3) avser vägmakadam och är endast baserad på de ovanstående två parametrarna varför vissa avvikelser kan finnas jämfört med de övriga 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.

migmatitiserade bergarter 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

- Andersson, J., Möller, C. & Johansson, L., 2002: Zircon geochronology of migmatitic gneisses along the Mylonite Zone (S Sweden): a major Sveconorwegian terrane boundary in the Baltic Shield. *Precambrian Research* 114, 121–147.
- 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.
- Boverket 2004: *Boverkets handbok om betongkonstruktioner*, BBK 04, 271 s.
- BFS, 1990: Nybyggnadsregler ändringar. *Boverkets författningssamling*, BFS 1990:28, Nr 2, 41 s.
- Christiansen, M., 1998: *Gravity and magnetic interpretation of the Varberg Charnockite*. ISSN 1400-3821.
- Eliasson, T. & Bastani, M., 2004a: Beskrivning till bergkvalitetskartan Vänersborgs kommun. *Sveriges geologiska undersökning Ba 71 Bk*, 28 s.
- Eliasson, T. & Bastani, M., 2004b: Beskrivning till bergkvalitetskartan Trollhättans kommun. *Sveriges geologiska undersökning Ba 72 Bk*, 22 s.
- Eliasson, T., Bastani, M. & Göransson, M., 2004a: Beskrivning till bergkvalitetskartan Ale kommun. *Sveriges geologiska undersökning Ba 69 Bk*, 22 s.
- Eliasson, T., Bastani, M. & Göransson, M., 2004b: Beskrivning till bergkvalitetskartan Lilla Edets kommun. *Sveriges geologiska undersökning Ba 70 Bk*, 24 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., 2007: Bergkvalitetskarta över del av Mölndals kommun. *Sveriges geologiska undersökning K 67*, 28 s.
- Göransson, M., Bergström, U. & Shomali, H., 2008: Beskrivning till bergkvalitetskartan Härryda och Bollebygdskommuner. *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.
- 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, I., 2008: Berggrundskartan 5B Varberg NO, skala 1:50 000. *Sveriges geologiska undersökning K 105*.
- 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).
- Lundqvist, I. & Wik, N.G., 1998: Industriella mineral och bergarter i Hallands län. *Sveriges geologiska undersökning Rapporter och meddelanden 96*, 126 s.
- Länsstyrelsen i Halland, 1994: *Inventering av naturgrus och krossberg i Hallands län*. Miljövårdsenheten 1194:23
- McEnroe, S.A., Harrison, R.J., Robinson, P., Goila, U. & Jercinovic, M.J., 2001: Effect of fine-scale microstructures in titanohematite on acquisition and stability of natural remanent magnetization in granulite facies metamorphic rocks, southwest Sweden: Implications for crustal magnetism. *Journal of Geophysical Research* 106, 30523–30546.

- 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 7B Göteborg SO. *Sveriges geologiska undersökning
Af 117*, 85 s.
- Samuelsson, L., 1982a: Berggrundskartan 6B Kungälv NO, skala 1:50 000. *Sveriges geologiska undersök-
ning Af 124*.
- Samuelsson, L., 1982b: Beskrivning till berggrundskartan 6B Kungälv NO. *Sveriges geologiska undersök-
ning 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
nöttningsmotstånd (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: De-
termination 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 Insti-
tute, 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.
- Söderlund, U., 1999: *Geochronology of Tectonothermal Events in the Paraautochthonous Eastern Segment of the
Sveconorwegian (Grenvillian) Orogen, Southwestern Sweden*. Doktorsavhandling Lunds Universitet, Lund,
Sverige. 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.
- Åhäll, K.-I., Persson, P.-O. & Skiöld, T., 1995: Westward accretion of the Baltic Shield: implications from the 1.6 Ga Åmål–Horred Belt, SW Sweden. *Precambrian Research* 70, 235–251.
- Åkerblom, G., Petterson, B. & Rosén, B., 1990: Markradon. Handbok för undersökning av markradonförhållanden. *Byggforskningsrådets rapport R85: 1988, reviderad utgåva 1990*, 160.

GEOFYSISK METODIK

Kommunerna Varberg och Kungsbacka är täckta av moderna flyggeofysiska mätningar (magnetiska, elektromagnetiska och radiometrisk) samt av tyngdkraftsmätningar. Flygmätningarna utfördes under åren 1974 till 1991 med 200 meters linjeavstånd, 16–40 meters mätpunktsavstånd och 30 meters flyghöjd. 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 vattenförande sprickzoner i berggrunden och för att lokalisera områden med förhöjd gammastrålning som utgör underlaget för radonriskbedömningar. För att erhålla en ännu bättre upplösning i dessa data och även i lägesbestämning används dessa flyggeofysiska mätningar för att planera de geofysiska markmätningarna. Markbundna undersökningar blir vanligen mest effektiva när de används för att undersöka avvikelser som upptäckts med flyggeofysiska mätningar.

Vid flygmagnetiska undersökningar uppmäts det jordmagnetiska fältets totalintensitet (fig. 5). 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. Numera utförs VLF-mätningar med två sändare samtidigt och den riktningensberoende effekten har eliminerats. Vid flygmätningarna över kartområdet 5B Varberg NO utnyttjades två sändare medan områdena 6B Kungsbacka SO och NO endast nyttjade en sändare (fig. 12). 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 grundämnena kalium (kalium-40), uran (uran-238) och torium (torium-232) inom de översta decimetrarna under markytan. Ett användningsområde för flygstrålningsdata är att identifiera områden med förhöjd gammastrålning från uran (fig. 13). Halten av framför allt uran påverkar bergartens användbarhet som betongballast.

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

KVALITETSKLASSNING AV PROVER

En bedömning har gjorts av användbarheten av analyserade prover (tab. 2) 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 m.fl. (2004a,b), Eliasson & Bastani (2004a,b), Bergström m.fl. (2008), Göransson m.fl. (2007) 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 av proverna för vägmakadam:

1	Berget bedöms kunna användas både som slitlager*, massabeläggningar, bärlager och förstärkningslager. Kulkvarnsvärde <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. 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 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_{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 (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 av proverna 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 strålning, mineralsammansättning (t.ex. glimmerinnehåll), omvandlingsgrad, förekomst av alkalisilikareaktivt material och sulfider (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 av proverna 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. 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.

