

Beskrivning till bergkvalitetskartan Onsala

Mattias Göransson & Lena Persson



ISSN 1652-8336
ISBN 978-91-7403-434-9

Ändring genomförd 19 september 2018

Sidan 5, figur 1.

Figur utbytt mot korrekt.

Närmare upplysningar erhålls genom
Sveriges geologiska undersökning
Box 670
751 28 Uppsala
Tel: 018-17 90 00
Fax: 018-17 92 10
E-post: kundservice@sgu.se
Webbplats: www.sgu.se

Omslagsbild: Grå, grovt medelkornig, ådrad ortognejs
(MGO100027, 6 396 602/322 451).
Grey, coarsely medium-grained, veined ortogneiss
(MGO100027, 6 396 602/322 451).
Foto: Mattias Göransson.

© Sveriges geologiska undersökning, 2018
Redaktör: Ulrika Hurtig, SGU

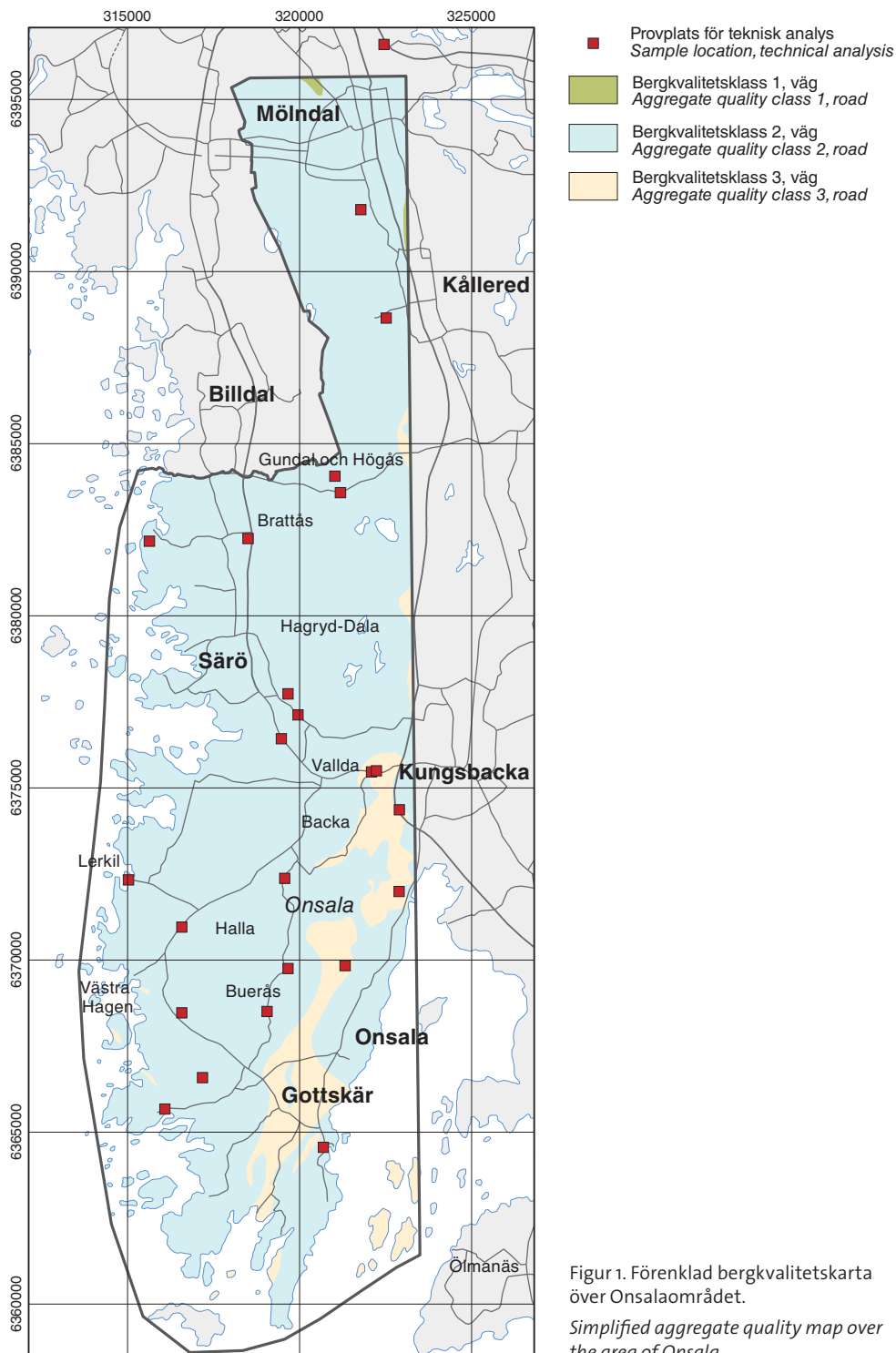
INNEHÅLL

Sammanfattning	5
Inledning	6
Metodik	6
Allmän geologi	10
Bergartsbeskrivning	10
Ytbergartsgnejs, huvudsakligen terrigena klastiska sediment (Stora Le-Marstrandsgruppen, Bkod 80)	10
Granodiorit, gnejsig och ådrad (1600-sviten, Göteborgssviten, Bkod 71)	11
Amfiboliter och gabbroider (1560- och 1600-sviten, Bkod 66)	11
Granit, granodiorit och tonalit, gnejsig (1560-sviten, Hisingensviten, Bkod 61–65)	11
Mafiska bergarter, diorit eller gabbro, associerade med RA- och Askimsgraniterna (1300-sviten, Kungsbackasviten, Bkod 54)	13
Granit, porfyrisk, gnejsig (Askimsgranit, 1300-sviten, Kungsbackassviten, Bkod 50)	13
Granit, ögonförande, gnejsig (RA-granit, 1300-sviten, Kungsbackassviten, Bkod 52)	14
Diabas (Bkod 24)	15
Geofysiska undersökningar	15
Petrografisk analys	16
Skiktssilikater (glimmer m.m.)	17
Opaka mineral (sulfider m.m.)	17
Deformationszoner, sprickor och övriga strukturer	18
Berggrundens gammastrålningsegenskaper	19
Tekniska analyser	21
Kulkvarnsanalys	21
Los Angelesanalys	23
Micro-Devalanalys	23
Alkalisilikareaktivitet (ASR)	23
Sammanställning av bergkvalitetskartan	24
Referenser	25
Bilaga 1. Kvalitetsklassning av prover	27
Vägmakadam	27
Makadamballast för järnväg	27
Betongballast	28
Vattenbyggnadssten	28

SAMMANFATTNING

SGUs bergkvalitetsundersökning visar att mer än 85 % av Onsalaområdets berggrund bedöms som ett klass 2-material (fig. 1). Detta innebär att bergmaterialet med fördel kan användas som bär- och förstärkningslager vid vägbyggnation. I vissa fall kan materialet även användas för asfaltbundna lager.

Mindre förekomster av deformerad granit i de nordöstra delarna av området har bedömts som klass 1-material. Detta visar att materialet är lämpligt för asfaltbundna lager. I de östliga delarna av undersökningsområdet ligger den berggrund som har den sämsta kvaliteten (klass 3-material) enligt



Figur 1. Förenklad bergkvalitetskarta över Onsalaområdet.
Simplified aggregate quality map over the area of Onsala.

bedömningen. Berggrunden utgörs huvudsakligen av mafiska (kvartsfattiga) bergarter och ytbergartsgnejs, vanligen glimmerrik.

Områdets bergarter har generellt sett god motståndskraft mot fragmentering (låg sprödhet). Detta är ett krav om man ska använda ballast för järnvägsmakadam. En del bergarter har dock förhöjda halter av glimmer- och sulfidmineral, något som bör beaktas. Bergarter med förhöjd glimmerhalt, i synnerhet ytbergartsgnejs och omvandlad mafit, samt kraftigt vittringspåverkade bergarter, exempelvis grusvittrade graniter som förekommer i områdets nordliga delar, är olämpliga som ballastråvara för betong. Även här bör man undvika bergarter med förhöjda halter av sulfidmineral.

Ett område i norr samt ett område i öster vid Kungsbacka visar förhöjd gammastrålning. Spektrometermätningar utförda på berghällar visar här att aktivitetsindex överstiger 2. Dessa områden har markerats på bergkvalitetskartan. Vid prospektering och planering för uttag av berg bör bergkvalitetskartan kompletteras med detaljundersökningar.

INLEDNING

Bergkvalitetskartan är en tematisk karta som kompletterar SGUs berggrundskarta i skala 1:50 000. Kartans huvudsyfte är att underlätta en utvärdering av det bästa användningsområdet för olika bergarter, som t.ex. ballast för väg, järnväg och betong. I samband med den kommunala översiktsplaneringen ska bergkvalitetskartan kunna erbjuda ett geologiskt underlag för framtida markanvändning och underlätta övergången från grusproduktion till krossbergproduktion.

Bergkvalitetsundersökningen i projektområdet Onsala startade 2009 och slutfördes under 2010. Arbetet med bergkvalitetskartan över området har föregåtts av en generell läges- och behovsanalys. I denna analys har ett urval av tänkbara användare såsom länsstyrelsen, kommuner, övriga myndigheter, entreprenörer och konsulter intervjuats om vilka områden som bör prioriteras för undersökning och om behovet av översiktlig bergkvalitetsinformation.

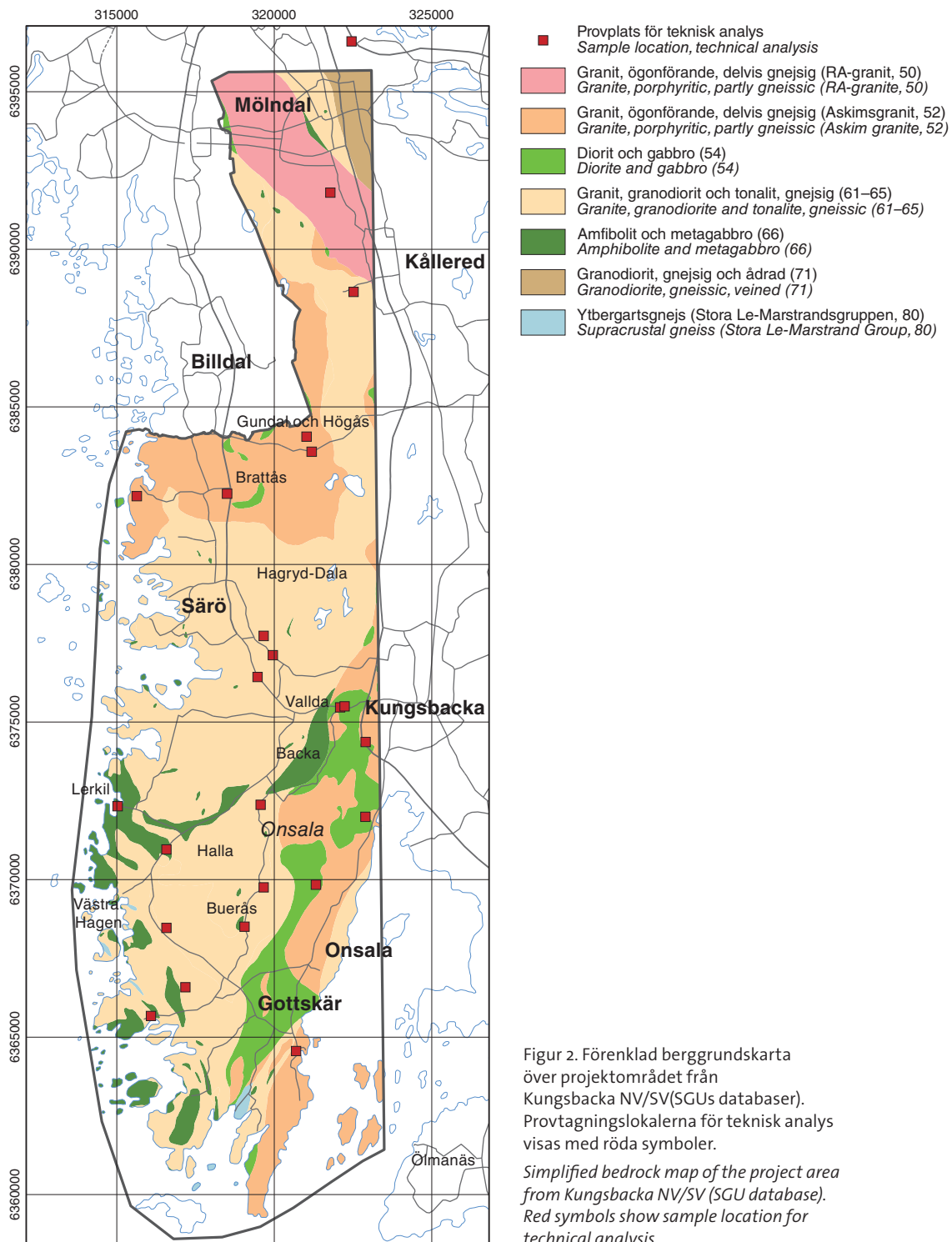
I undersökningsområdet finns följande större orter: Gottskär, Kullavik, Lerkil, Oskarsberg, Särö och Östra Balltorp. Arealen uppgår till drygt 260 km². Alla koordinater är angivna enligt rikets nät (Sweref99). I området finns inga aktiva bergtakter. Berggrundskartan 6B Kungsbacka NV/SV (SGUs databaser) i skala 1:50 000 täcker hela undersökningsområdet (fig. 2).

METODIK

Bergkvalitetskartan bygger på den tidigare genomförda berggrundskarteringen (se ovan) och grundar sig på närmare undersökningar av ett antal valda lokaler i de dominerande bergartsenheterna. Från var och en av dessa lokaler har man tagit prov på ca 70 kg bergmaterial för teknisk analys. Dessutom har det gjorts mätningar av sprickplanens riktningar samt en bedömning av spricktätheten. I de fall där berggrunden är heterogen med avseende på mineralogi och kornstorlek, vilket är speciellt vanligt i ådergnejsområden, har i vissa fall mer än ett prov tagits.

Polerade tunnslip har framställts av bergarter från varje provplats. Petrografisk analys, ASR-analys (alkalisilikareaktivitetanalys) och modalanalys av mineralfördelningen samt mikrofotografering har sedan utförts för varje tunnslip. Prover har även tagits för att bestämma bergarternas densitet och deras magnetiska egenskaper. Gammastrålningsmätningar på berghällar har dels utförts vid de flesta av provlokalerna, dels på separata platser. Utöver de lokaler inom projektet som är provtagna grundar sig bergkvalitetskartan på tidigare publicerade tekniska, petrografiska och geokemiska analyser från kommunala krossbergsinventeringar och SGUs berggrundskartering. Petrografiska data redovisas i tabell 1. Alla tekniska analysvärden redovisas i tabell 2.

På bergkvalitetskartan är bergartsstrukturer som foliation eller gnejsighet ihopdragna till s.k. strukturella formlinjer för plastisk deformation. Dessutom redovisas zoner med starkt deformerad berggrund (Deformationszon ospecificerad). Berggrundens strukturer representerar bergartens interna svaghet.



Längs denna riktning kan det lätt uppstå sprickor, t.ex. i samband med sprängning. Många av zonerna är tolkade från den flygmagnetiska informationen. 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 dessa svackor har utbildats i spröda deformationszoner där berggrunden är kraftigt uppsprucken. Den magnetiska anomalikartan har använts för tolkning av deformationszoner. Elektromagnetiska data (VLF) har använts för tolkning av spröda deformationszoner (vatten- och lerfyllda svaghetszoner).

Tabell 1. Mineralfördelning (volymprocent) och kornstorlek (mm) hos bergarter från kartområdet Onsala. Bkod är en grupperingskod som baseras på bergartens ålder och sammansättning. "Övrigt" innefattar t.ex. aktinolit, pyroxen (! till övervägande del), Fe-hydroxid, flusspat, zirkon, allanit, prehnit och apatit. Med kornstorlek avses storleksintervallet för huvuddelen av de enskilda mineralkornen som bygger upp bergarten. s = mineral som förekommer i liten mängd (<0,2 %).

Modal composition (volume-%) and grain size (mm) of rocks from the map area Onsala. Rcode is a grouping parameter based on the age and composition of the rock. "Other" contains actinolite, pyroxene (! most abundant), Fe-hydroxide, allanite, zircon, apatite, prehnit and flourite. Grain size refers to the size-fraction of the main part of the individual grains that build up the rock. s = accessory mineral (<0.2%).

Prov Sample	N	E	Bergartsbeskrivning (fältbedömning) Rock description (field observation)	Bkod Rcode	Kornstorlek Grain-size (mm)	Quartz	Pot.feld- spar	Kalifältspat Plagio- clase	Plagioklas Biotit	Klorit Chlorite	Muskovit Muscovite	Hornblände Amphibole	Epidot Epidote	Opak Opaque	Titanit Titanite	Kalcit Calcite	Övrigt Other
MGO090001A	6382166	315637	Granit, röd till grå-röd, grovkornig	50	0,05–10,0	35,8	23,6	25,6	7,6	4,4	4,4	1,4	1,4	0,4	0,8	0,6	0,4
MGO090002A	6384057	321026	Diabas, svart, medelkornig	24	0,1–2,0	0,2		49,4	4,8	0,6		4,4		13,4		0,6	26,6 ¹
MGO090003A	6383579	321189	Granodiorit, rödgrå, medelkornig, enklavförande	64	0,05–6,0	22,0	12,2	33,8	17,4			6,4	6,0	0,2	1,2		0,8
MGO090009A	6377121	319949	Tonalit, grå, medelkornig, gnejsig, enklavförande	65	0,05–4,0	12,8		44,4	14,2	4,0	0,6	4,4	13,8	3,0	2,2		0,6
MGO090010A	6375464	322087	Gabbro, svart, mycket finkornig till finkornig, hydrotermalt omvandlad	54	0,01–1,0	9,2		18,2	49,8	0,2			8,6		2,4	11,4	0,2
MGO090011A	6371992	322886	Monzodiorit (hybrid mellan granit och gabbro), rödgrå till grå-röd, medel- till grovkornig, porfyrisk	50	0,15–3,0	1,8	14,4	54,4	19,4	1,8			1,4	3,2	3,0		0,6
MGO090012A	6369834	321325	Gabbro, svart, fin- till medelkornig, förskiffrad	54	0,01–1,0		20,0		5,0			75,0					s
MGO090013A	6372368	319562	Gabbro, svart, medelkornig	66	0,05–2,0	3,0		27,0				50,0	20,0				s
MGO090014A	6364557	320696	Granit, rödgrå till grå-röd, medel- till grovkornig, porfyrisk, gnejsig	50	0,02–5,0	24,0	31,4	15,0	19,4				7,2	1,2	1,4	0,2	0,2
MGO090015A	6374364	322894	Granit, grå-röd, medel- till grovt medelkornig, porfyrisk, gnejsig	50	0,02–5,0	25,8	32,8	27,4	9,8	0,2	0,2			0,2	0,2		3,4
MGO090016A	6365668	316082	Tonalit till kvartsdiorit, mörkfärgad grå, medelkornig, ådrad	66	0,05–4,0	11,2		36,0	14,2	1,0	0,2	24,0	13,0	0,2			0,2
MGO090017A	6366577	317178	Granodiorit, mörkfärgad grå, porfyrisk, gnejsig	64	0,01–10,0	22,0	12,2	25,2	25,6		4,0		7,6	0,6	1,4	1,0	0,4
MGO090019A	6376430	319469	Granit, grå, medelkornig, porfyrisk, svagt gnejsig	61	0,02–5,0	28,0	25,2	28,8	12,0		2,6		2,0	0,2	0,4	0,4	0,4
MGO090020A	6382242	318502	Granit, rödgrå till grå-röd, grovt medelkornig	50	0,05–5,0	28,8	15,6	28,4	16,6				9,6		0,4	0,6	s
MGO090035A	6391799	321778	Granit, röd till grå-röd, fin- till fint medelkornig, ådrad, gnejsig	52	0,05–1,0	28,0	43,6	21,4	1,6			2,0	0,6	2,0			0,8
MGO090036A	6388651	322516	Granodiorit, rödgrå, medelkornig, småporfyrisk, enklavförande	63	0,02–8,0	27,6	15,8	43,8	8,2			0,4	1,8	1,4	0,8	0,2	s

Tabell 2. Tekniska analysvärden och användbarhetsklassificering av prover från undersökningsområdet för väg, järnväg och betong (se text). Bkod är bergartskod, ρ_s är korndensitet, A_N är kulkvarns-värde, LA är Los Angeles-värde, M_{DE} är micro-Devalvärde, RA är radiindex, m_y är aktivtetsindex, ASR är alkalisilikaaktivitet.

Technical analyses and classification of samples from the map area for pavement constructions (mainly wearing courses), as railway trackbed ballast, and as concrete ballast. Rcode = bedrock code, ρ_s = particle density, A_N = studded tyre test value, LA = Los Angeles value, M_{DE} = micro-Deval value, RA = radius index, 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	m_y	ASR	Bergkvalitetsklassning
Sample	N-S coordinate	E-W coordinate	Rock description (field observation)	Rcode	ρ_s g/cm ³	A_N %	LA %	M_{DE} %	RA	m_y	ASR	Väg Järnväg Rock quality classification Road Railway Concrete
MGO090001A	6382166	315637	Granit, röd till gråröd, grovkornig	50	2,68	11,0	25,0	7,3	0,1	0,6	1	2
MGO090002A	6384057	321026	Diabas, svart, medelkornig	24	2,90	10,4	12,4	0,0	0,0	0,2	1	2
MGO090003A	6383579	321189	Granodiorit, rödgrå, medelkornig, enklavförande	64	2,77	12,0	18,9	8,4	0,2	0,6	1	2
MGO090009A	6377121	319949	Tonalit, grå, medelkornig, gnejsig, enklavförande	65	2,73	16,2	17,8	12,6	0,2	0,4	1	2
MGO090010A	6375464	322087	Gabbro, svart, mycket finkornig till finkornig, hydrotermalt omvandlad	54	3,00	22,2	14,5	20,0	0,2	0,8	1	3
MGO0900011A	6371992	322886	Monzodiorit (hybrid mellan granit och gabbro), rödgrå till gråröd, medel- till grovkornig, porfyrisk	50	2,73	11,3	18,8	7,2	0,3	1,0	2	2
MGO0900012A	6369834	321325	Gabbro, svart, fin- till medelkornig, förskiffrad	54	3,03	17,1	16,3	13,3	0,0	0,0	2	2
MGO0900013A	6372368	319562	Gabbro, svart, medelkornig	66	3,06	13,6	15,7	11,0	0,0	0,1	1	2
MGO0900014A	6364557	320696	Granit, rödgrå till gråröd, medel- till grovkornig, porfyrisk, gnejsig	50	2,73	13,4	20,9	9,7	0,1	0,6	2	2
MGO0900015A	6374364	322894	Granit, grå, röd, medel- till grovt medelkornig, porfyrisk, gnejsig	50	2,64	11,7	25,8	6,8	0,8	2,2	1	2
MGO0900016A	6365668	316082	Tonalit till kvartsdiorit, mörkfärgad grå, medelkornig, ådrad	66	2,89	17,9	19,5	13,7	0,0	0,1	1	3
MGO0900017A	6366577	317178	Granodiorit, mörkfärgad grå, porfyrisk, gnejsig	64	2,76	14,4	19,6	10,7	0,1	0,5	2	2
MGO0900019A	6376430	319469	Granit, grå, medelkornig, porfyrisk, svagt gnejsig	61	2,68	11,7	22,8	7,8	0,1	0,7	2	2
MGO0900020A	6382242	318502	Granit, rödgrå till gråröd, grovt medelkornig	50	2,75	14,4	24,1	10,0	0,2	0,7	1	2
MGO0900035A	6391799	321778	Granit, röd till gråröd, fin- till fint medelkornig, ådrad, gnejsig	52	2,64	10,4	25,1	6,4	0,7	2,1	1	2
MGO0900036A	6388651	322516	Granodiorit, rödgrå, medelkornig, småporfyrisk, enklavförande	63	2,69	13,0	28,1	8,0	0,1	0,4	1	2
MGO1000016A	6370952	316572	Tonalit, grå, medelkornig, linjerad, porfyrisk	65	2,83	15 ¹	10,9	0,1	0,1	0,4	2	2
MGO1000017A	6375495	322229	Mafisk bergart, svart, finkornig	54	2,92	12 ¹	8,0	0,1	0,1	0,4	2	2
MGO1000020A	6369752	319660	Granit, grå till rödgrå, medelkornig, gnejsig	62	2,66	11 ¹	7,0	0,1	0,1	0,8	2	2
MGO1000021A	6368462	316575	Tonalit, mörkfärgad grå, medelkornig, gnejsig till linjerad, småporfyrisk	65	2,79	14 ¹	10,2	0,1	0,1	0,6	2	2
MGO1000022A	6372325	315027	Basisk bergart, svart, finkornig, porfyrisk	66	3,05	14 ¹	9,8				2	2
MGO1000026A	6377735	319660	Tonalit, medelkornig, gnejsig	65	2,79	13 ¹	8,7				2	2
MGO1000027A	6396602	322451	Ortognejs, grå, grovt medelkornig, ådrad	71	2,74	13 ¹	8,7				3	3

¹kulkvarnsvärdet beräknat genom micro-Devalvärde ($A_N = (3,435 + M_{DE})/0,9515$).

Data om djupet till berggrundsytan (jorddjupet) kommer från SGUs brunnarsarkiv och redovisas i tre klasser, nämligen <2 m, 2–5 m och >5 m. Totalt redovisas över 2 500 brunnar. Medeljorddjupet i dessa är 5 m. I omkring 15 % av brunnarna är jorddjupet större än eller lika med 10 m. De största jorddjupen 50–73 m förekommer i några brunnar i norra delen av kartområdet i närheten av Mölndal.

ALLMÄN GEOLOGI

Kartområdet utgör en del av den sydvästsvenska gnejsregionen. Det begränsas i öster av Kungsbackafjorden och i väster av Kattegatt. Blottningsgraden är med få undantag god, särskilt i de västra delarna där den närmar sig 100 %. Kungsbackafjorden är en förlängning mot söder av den så kallade Göta älvzonen, en storskalig, i stort sett nord–sydlig deformationszon (tektonisk rörelsezon).

De äldsta bergarterna inom kartområdet består av ytbergartsgnejs (ursprungligen gråvackor), som tillhör Stora Le-Marstrandsgruppen. Gnejsen, som är ådrad till starkt migmatitiserad, förekommer sparsamt i den sydvästra delen av området och utgör en del av ett nord–sydligt stråk. Detta sträcker sig från Onsala-området och norrut in i sydöstra Norge. I den nordöstra delen av området (Mölndal) finns en mindre förekomst av gråroda till grå, granodioritiska ådergnejsjer av magmatiskt ursprung, 1600-sviten (Göteborgssviten), med inslag av mörkt grå till svarta amfiboliter. Den dominerande bergarten, 1560-sviten (Hisingensviten) med inslag av en likåldrig mörk bergart, består av gråröd till grå, massformig till gnejsig granit till tonalit. I den nordvästra delen av området och i ett stråk längs östra delen av Onsalahalvön och norrut, finns en röd till rödgrå, ställvis gnejsig, porfyrisk granit, 1300-sviten (Askimsgranit, del av Kungsbackasviten). Den är likåldrig, blandas och bildar hybrider med en mörk bergart med dioritsammansättning till gabbrosammansättning. Den finns i samma områden som Askimsgraniten. I den norra delen av kartområdet, parallellt med Askimsgraniten men belägen öster om denna, finns ett stråk av röd till gråröd, gnejsig granit med förhöjd gammastrålning, den så kallade RA-graniten. Denna är likåldrig med Askimsgraniten. Pegmatitgångar förekommer inom hela området, men är något vanligare i den västra delen. Ett antal brantstående, klippande diabasgångar stryker i västnordvästlig riktning och de är de yngsta bergarter som finns i området.

Berggrunden har utsatts för åtminstone två bergskedjebildningar (orogener). Då har bergarterna omvandlats under tryck och temperaturer som motsvarar amfibolitfaciesförhållanden. För knappt 1 600 miljoner år sedan inträffade den äldsta av dessa, den så kallade gotiska orogensen. Då veckades och migmatitiserades bergarterna. För omkring 1 000 miljoner år sedan genomgick berggrunden återigen en orogenes, den svekonorvegiska. Bara de yngre pegmatitgångarna och diabasgångarna har undgått denna omvandling (Lundqvist 2007).

BERGARTSBESKRIVNING

Bergartsenheter i Onsalasområdet finns redovisade i tabell 3. Bergartskoden är en unik beteckning för de olika relevanta och identifierade bergartsenheter i området. Den används för att gruppera, jämföra och tolka de olika analysresultaten. Bergartskoden används i tabellerna med mineralogiska och tekniska analyser (tabell 1 och 2). För en noggrannare beskrivning hänvisas till berggrundsbeskrivningar (Lundqvist 2007, Samuelsson 1985).

Ytbergartsgnejs, huvudsakligen terrigena klastiska sediment (Stora Le-Marstrandsgruppen, Bkod 80)

De äldsta bergarterna inom kartområdet utgörs av ytbergartsgnejs som tillhör Stora Le-Marstrandsgruppen. Denna bergart förekommer sparsamt inom området, t.ex. vid Röda Holmen (6362500/318900). Ursprungsmaterialet till Stora Le-Marstrandsgruppens bergarter avsattes som gråvackor på havsbotten för ca 1 600 miljoner år sedan. Glimmerhalten är vanligen ganska hög men lager med sandigare sammansättning förekommer också.

Tabell 3. Bergartsenheter inom kartområdet Onsala. Ordning i tabell enligt Bergartskod.

Bedrock units within the map area in the area of Onsala. Order in table by Rock code.

Bergartsenhet	Antal prov	Bergartskod*
Rock unit	No of samples	Rock code
Diabas	1	24
Granit, porfyrisk, gnejsig (Askimsgranit, 1300-sviten, Kungsbackasviten)	5	50
Granit, porfyrisk, gnejsig (RA-granit, 1300-sviten, Kungsbackasviten)	2	52
Mafiska bergarter associerade med RA- och Askimsgranit (Kungsbackasviten)	3	54
Granit, porfyrisk, gnejsig (1560-sviten, Hisingensviten)	1	61
Granit, gnejsig (1560-sviten, Hisingensviten)	1	62
Granodiorit, porfyrisk, gnejsig (1560-sviten, Hisingensviten)	1	63
Granodiorit, gnejsig (1560-sviten, Hisingensviten)	2	64
Tonalit, gnejsig (1560-sviten, Hisingensviten)	4	65
Amfiboliter och gabbroider (Hisingen- och Göteborgssviten)	3	66
Granodiorit, gnejsig och ådrad (1600-sviten, Göteborgssviten)	1	71
Ytbergartsgnejs (Stora Le-Marstrandsgruppen)	0	80

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

Ytbergartsgnejsen är grå och finkornig till medelkornig. Gnejsen är vanligen ådrad till kraftigt ådrad, veckad, migmatitiserad och glimmerrik. Ingen ytbergartsgnejs har provtagits i samband med detta karteringsprojekt på grund av dess ringa omfattning.

Granodiorit, gnejsig och ådrad (1600-sviten, Göteborgssviten, Bkod 71)

I den nordöstligaste delen av kartområdet, öster om Göta älvs dalgångs fortsättning söderut, utgörs berggrunden av medelkorniga, gnejsiga och granodioriter, mer eller mindre migmatitiskt ådrade (fig. 3). Dessa har bedömts tillhöra en svit med djupbergarter som är ca 1 600 miljoner år gamla (Åhäll & Connelly 2008). De har utsatts för metamorfos i samband med de båda bergskedjebildningarna som har påverkat berggrunden i regionen.

Berggrunden, som har byggts upp av sviten, är relativt heterogen, med snabba växlingar mellan granitiska och främst granodioritiska varianter på många platser.

Amfiboliter och gabbroider (1560- och 1600-sviten, Bkod 66)

I områdets gnejser förekommer sliror, linser eller gångar med en basisk sammansättning (kvartsfattig), vanligen parallellt med granitoiderna och gnejserna, men även större bergartskroppar förekommer. Bergarterna är mörkt grå till svarta, fint medelkornig till grovkorniga, gnejsiga och på vissa ställen ådrade. Sammansättningen varierar från kvartsdioritisk till gabbroisk. De flesta gabbroider uppvisar i likhet med gnejserna en migmatitomvandling av olika grad. Dessa bergarter skapades under 1560- och 1600-svitens magmatism, men går inte att särskilja från varandra.

Granit, granodiorit och tonalit, gnejsig (1560-sviten, Hisingensviten, Bkod 61–65)

En svit med ca 1 560 miljoner år gamla granitiska till tonalitiska djupbergarter, den s.k. Hisingensviten, finns i hela kartområdet. Till skillnad från Göteborgssvitens bergarter saknar dessa vanligen migmatitiska ådror. Bergarterna är i allmänhet grå till gråröda, medelkorniga och gnejsiga. De olika bergarterna övergår vanligtvis gradvis i varandra. Granodioritisk sammansättning dominerar. Berggrunden har på många platser decimeterstora till meterstora inneslutningar (enklaver) av finkorniga till fint medelkorniga mafiska bergarter. Ögonförande varianter förekommer i mindre omfattning (Bkod 61, 63, fig. 4). Det vanligaste mörka mineralet är biotit, men även hornblände kan förekomma lokalt.



Figur 3. Grå, grovt medelkornig, ådrad ortognejs (MGO100027A, 6396602/ 322451) från Kallebäck, 1 km norr om projektområdet. Berget har medelbra motståndskraft mot skavande nötning, A_N -värde = 13 %. Vyn är ca 65 × 90 cm. Foto: Mattias Göransson.

Grey, coarse-medium grained, veined ortho gneiss (MGO100027A, 6396602/322451) from Kallebäck, 1 km north of the project area. The rock has a moderate resistance to abrasion, A_N -value = 13%. The field of view is approximately 65 × 90 cm.



Figur 4. Mörkfärgad grå, finkornig, porfyrisk, gnejsig granodiorit (MGO090017A, 6366577/ 317178) med medelbra tekniska egenskaper, A_N -värde = 14 % och LA-värde = 20 %. Vyn är ca 18 × 25 cm. Foto: Mattias Göransson.

Dark grey, fine-grained, porphyritic, gneissic granodiorite (MGO090017A, 6366577/ 317178) with moderate technical properties, A_N -value = 14% and LA-value = 20%. The field of view is 18 × 25 cm.

Mafiska bergarter, diorit eller gabbro, associerade med RA- och Askimsgraniterna (1300-sviten, Kungsbackasviten, Bkod 54)

I anslutning till Kungsbackasviten (se nedan) förekommer massiv med mafiska bergarter, diorit till gabbro, med samma ålder. Dessa förekommer längs den östra sidan av Onsalahalvön och vidare norrut samt i trakten av Kullavik. Något omvandlad gabbro och diorit finns som mindre kroppar i graniten, men också som gångar och boudinerade gångar i omgivande bergarter. Metadioriten och metagabbbron är mörkt grå till svarta och massformiga till gnejsiga. Till skillnad från de äldre mafiska bergarterna har de yngre oftast inte en välutvecklad granoblastisk textur och uppvisar på vissa ställen en svagt ofitisk textur. Kornstorleken varierar från finkornig till grovt medelkornig.

Granit, porfyrisk, gnejsig (Askimsgranit, 1300-sviten, Kungsbackassviten, Bkod 50)

Askimsgraniten förekommer längs den östra sidan av Onsalahalvön och vidare i trakten av Kullavik. Graniten är gråröd till rödgrå och massformig till gnejsig, lokalt stänglig. Bergarten är vanligen medelkornig och porfyrisk (ögonförande) och har rektangulära till rundade fältspatögon som för det mesta är mindre än 2 cm i diameter. Längst i söder finns det ögon som är större än 2 cm i diameter (fig. 5). En datering (U-Pb-datering på zirkon) av Askimsgraniten gjord på ett bergartsprov taget ca 5 km söder om Källered, men öster om kartområdet, har gett en ålder på ca 1 340 miljoner år (Austin-Hegardt m.fl. 2007). Askimsgraniten uppvisar på flera platser en ”mingling”-struktur (blandstruktur) med de mafiska bergarterna tillhörande Kungsbackasviten (fig. 6).



Figur 5. Rödgrå till gråröd, medel- till grovkornig, grovporfyrisk, gnejsig Askimsgranit (MGO090014A, 6364557/320696) från samhället Gottskär. Berget har medelbra tekniska egenskaper, A_N -värde = 13 % och LA-värde = 21 %. Vyn är ca 20 x 26 cm. Foto: Mattias Göransson.

Reddish grey, medium- to coarse-grained, coarse porphyritic gneissic Askim granite (MGO090014A, 6364557/320696) from the Gottskär village. The rock has moderate technical properties, A_N -value = 13% and LA-value = 21%. The field of view is app. 20 x 26 cm.



Figur 6. Askimsgranit som blandar sig ("mingling") med en metamafit (i närheten av MGO100017A, 6375495/322229), strax norr om riksväg 158, ca 2 km väster om Kungsbacka. Vyn är ca 40 × 50 cm. Foto: Mattias Göransson.

Mingling structure between Askim granite and mafic rock (close to MGO100017A, 6375495/322229), north of road 158, 2 km west of Kungsbacka. The field of view is approximately 40 × 50 cm.

Granit, ögonförande, gnejsig (RA-granit, 1300-sviten, Kungsbackassviten, Bkod 52)

RA-granit förekommer vid Östra Balltorp längs med ett nordvästligt stråk i den nordostliga delen av området. Den gnejsiga graniten har kallats RA-granit på grund av att den har förhöjd gammastrålning (radioaktivitet). Radiumindex är dock bara i undantagsfall högre än 1. Bergarten är röd till grård, medelkornig, gnejsig och ibland ådrad. Inom en del områden är den diffust ögonförande med linsformade fältspatögon. De mörka mineralen utgörs av biotit, blågrönt hornblände och dessutom ibland pyroxen. Mineraler flusspat är vanligt förekommande om än i små mängder. Det orsakar något förhöjd fluorhalt i grundvattnet.

Den gnejsiga graniten grusvittrar på en del platser, t.ex. vid Blixås (6396210/1273208). Vittringen har skett i allt från smala zoner till ställen där vittringen nått tre meters djup och förekomsten har här använts som grustag. Samuelsson (1973) konstaterar från studier i Göteborgsregionen (bl.a. Blixås) att utsträckningen av de vittrade områdena följer den generella foliationen. Vidare finns indikationer på att vittring är mest markant i de jämnkorniga och alkalina bergartsleden (Lundegårdh 1958).

En åldersdatering av RA-graniten vid Kärra, strax norr om kartområdet, har gett en ålder på ca 1 311 miljoner år (Austin-Hegardt m.fl. 2007).

Diabas (Bkod 24)

I karteringsområdet finns en del äldre diabasgångar (metadiabas, yngre än Hisingensvitens bergarter). Dessa har främst i samband med den reguljära berggrundskarteringen observerats längs det välblottade kustområdet. Gångarna är smala, riktningen varierar mellan nordvästlig och nordöstlig och de är vanligen brantstående.

I slutskedet av den svekokarelska bergskedjebildningen, för ca 935 miljoner år sedan, intruderade ett antal yngre diabaser i kartområdet (Lundqvist 2007). Dessa diabasgångar återfinns i trakten av Kullavik och österut. Tre gångar kan följas från kusten och i stort sett till områdets gräns i öster. Det finns dessutom gångar på Stora Ryggen och ca 1 km sydöst om Särö. Gångarna stryker i västnordvästlig riktning och är brantstående. Bredden varierar mellan en knapp meter och femtio meter. Diabasen är vanligen grå till svart och finkornig till grovt medelkornig. Ställvis syns en ofitisk textur. Lokalt har erosion kring diabaserna skapat en relativt kraftig topografisk relief i gångarnas riktning.

GEOFYSISKA UNDERSÖKNINGAR

De geofysiska flygmätningarna över kartområdet omfattar mätning av det jordmagnetiska fältets totalintensitet, markens naturliga gammastrålning och det elektromagnetiska fältet i VLF-området (Very Low Frequency). VLF-data är enbart uppmätta med en sändare (i sydvästlig riktning). Detta innebär att responsen är beroende av riktningen till sändaren. Mätningarna är utförda från flygplan på ca 30 m höjd längs linjer med 200 m avstånd.

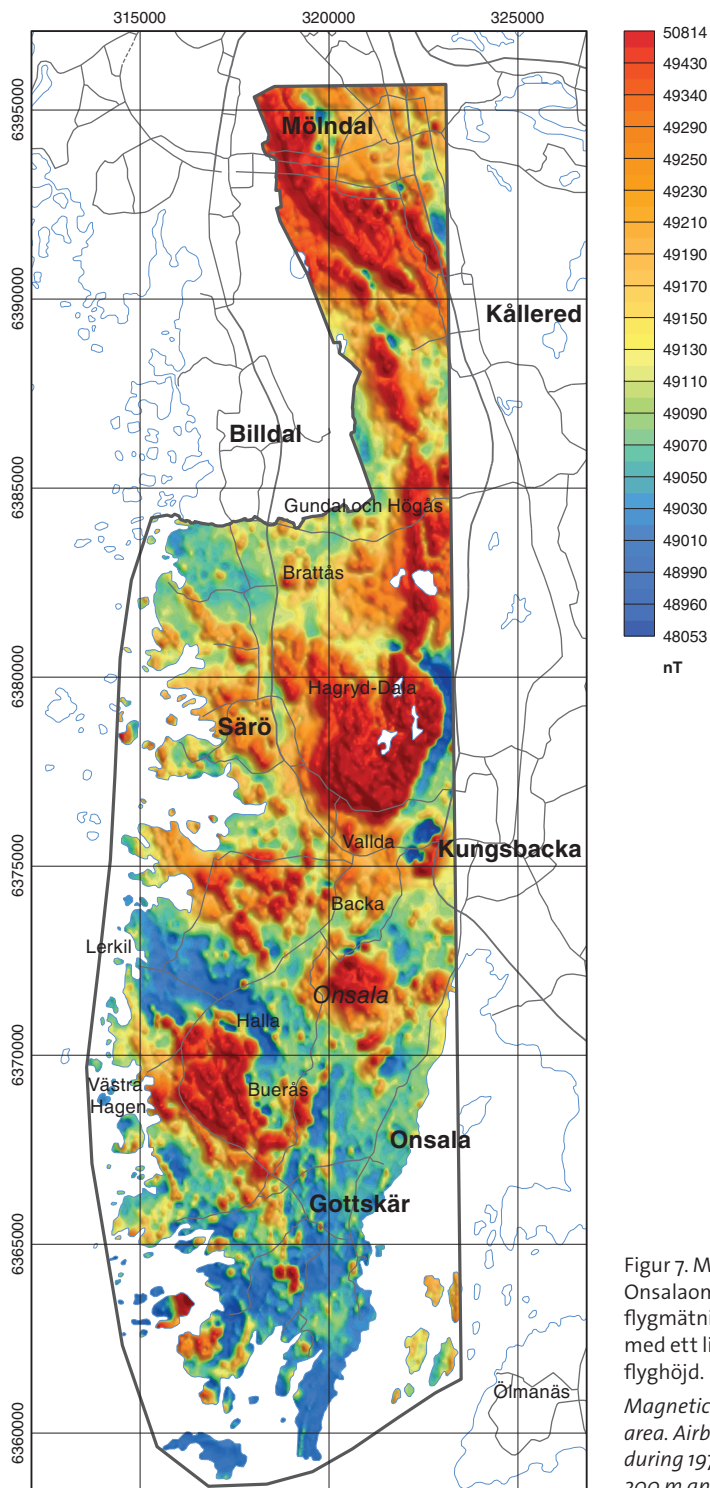
VLF-data ger värdefull information om den elektriska ledningsförmågan i marken. Dessa data används i första hand som underlag för att tolka spröd tektonik, men även för att identifiera vattenförande sprickzoner och deformationszoner i berggrunden samt grafit- och magnetkisförande bergartsled.

Genom att mäta markens gammastrålning får vi en bild av hur naturligt förekommande radioaktiva isotoper av uran, torium och kalium är fördelade i det översta, ca 3 dm tunna skiktet av jordtäcket eller berggrunden. Mätresultaten används när berggrundskartan ska ställas samman, men framför allt för att identifiera bergarter med förhöjd gammastrålning och områden med risk för förhöjda radonvärden. Bergarternas strålningsegenskaper redovisas nedan i avsnittet *Berggrundens gammastrålningsegenskaper*.

Densiteten beror på bergartens mineralsammansättning. Bergarter med låg densitet ($2,60\text{--}2,70\text{ g/cm}^3$) domineras av lättare mineral som kvarts och kalifältspat, vilka är vanliga i granit och granodiorit. Bergarter med hög densitet ($2,80\text{--}3,00\text{ g/cm}^3$) domineras av tyngre mineral som plagioklas, biotit och hornblände. Dessa är vanliga i tonalit, diabas och gabbro. Lätta mineral är vanligtvis sprödare än tyngre mineral. Densiteten ger därför en grov uppskattning av om bergarten tenderar att deformeras sprött (vilket är vanligare i t.ex. graniter). Tabell 2 visar densiteten för alla de bergartsprover där man har gjort en teknisk analys.

Den magnetiska anomalikartan ger information om vissa bergarters utbredning samt om strukturella grunddrag i berggrunden. Variationer i magnetfältet beror framför allt på bergarters olika innehåll av magnetiska mineral. Detta gäller huvudsakligen den magnetiska susceptibiliteten, som i sin tur främst beror på förekomsten av magnetit. I sydvästra Sverige är magnetitbildningen vanligen kopplad till omvandling och deformation. Genom susceptibilitetsmätningar på provtagningslokalerna och på bergartsprover i laboratorium kan man bättre förstå och tolka mönstret från magnetiska data som mätts från flyg.

Magnetfältet över kartområdet (fig. 7) visar i de östra delarna ett bandat, långsträckt anomalimönster som sammanfaller med Göta älvszonen, en storskalig, i stort sett nord-sydlig deformationszon. I de övriga delarna uppvisar magnetfältet ett något oregelbundet anomalimönster med omväxlande låg- och högmagnetiska anomalier. Susceptibilitetsmätningar på hållar visar att RA-graniter (Bkod 52) har generellt hög magnetisk susceptibilitet medan susceptibiliteten för övriga granitoider varierar inom undersökningsområdet.



Figur 7. Magnetisk anomalikarta över Onsalaområdet. Kartan baseras på SGUs flygmätningar utförda år 1974 och 1983 med ett linjeavstånd av 200 m och ca 30 m flyghöjd.

Magnetic anomaly map over the project area. Airborne data were collected by SGU during 1973 and 1983 with a line spacing of 200 m and a ground clearance of c. 30 m.

PETROGRAFISK ANALYS

Bergartsprovernas mineralsammansättning och mängdförhållandena hos de mineral som ingår har bestämts genom punkträkning av mineral Korn på tunnslip av bergartsprov. Detta har gjorts med transmissionsmikroskopi. Ett tunnslip per provtagningsplats har framställts från ett representativt bergartsprov. Resultaten visas i tabell 1.

Bergarterna karaktäriseras av både primära texturer och sekundära överpräglningar i form av deformation och metamorfos av olika grad. Omkristallisering under höga temperaturer och retrograd omvandling

är också karaktäristiskt. Kornstorlek, korngränser och mineralogi (särskilt glimmer) är centrala parametrar som styr bergarternas tekniska egenskaper.

Fördelningen av glimmer är ofta avgörande vid medelhöga glimmerhalter. Inom glimmergruppen hittas både biotit och muskovit, där biotiten ibland är kloritomvandlad. Det avgörande för bergarternas styrkeegenskaper är dock inte skillnaderna i glimmertyp utan totalhalten av glimmer. Andra mineral som generellt försämrar bergarternas hållfasthet är epidot. Plastisk deformation och gnejsighet finns i flera av proverna, men är inte något i sig som tydligt styr de tekniska egenskaperna. Detta beror på att dessa komplicerade texturer idag sällan finns bevarade.

Glimmermineral, järnhydroxider och opakmineral i kornfogarna förekommer sporadiskt inom alla bergkvalitetsklasser. Vanligen signalerar förekomsten av sådana mineral en försämring av bergkvaliteten men i det här området bör dessa resultat tolkas med försiktighet. Resultaten pekar ändå på att en större mängd omvandlingsmineral i kornfogarna försämrar sprödhetsegenskaperna mer än nötningsegenskaperna.

Samtliga prover från Onsalaområdet är magmatiska bergarter med en metamorf överprägling. Graniterna uppvisar generellt det bästa motståndet mot nednötning (kulkvarnsvärde). Låg glimmerhalt och liten kornstorlek ger de bästa resultaten. Är glimmerhalten tillräckligt hög dominerar effekterna av detta över små kornstorlekar. De övriga granitoiderna innehåller normala till höga halter av glimmer, hornblände och epidot. De basiska bergarterna har höga halter av hornblände och epidot samt ibland även glimmer och uppvisar då dåliga nötningsegenskaper. Typiskt för dessa bergarter är däremot goda sprödhetsegenskaper. En diabas med ofitisk textur bevarad har dock områdets bästa testvärden, både vad det gäller nötning och sprödhet (MGO090002A, 6384057/321026).

Skiktssilikater (glimmer m.m.)

Andelen fri glimmer (bestämd enligt metoden VVMB 613, Trafikverket 2001, för material 0,125–0,25 mm) får inte överstiga 50 viktprocent för obundna vägmateriäl. Om andelen är mellan 30 och 50 viktprocent får bärlagret inte trafikerats av tung trafik (Trafikverket 2011, 2014). Även omvandlingsmineral som klorit, serpentin och epidot är intressanta i bedömningen av bergartens beständighet. Information om mineralsammansättningen redovisas i tabell 1. Mer än hälften av de prover som analyserats innehåller en glimmerhalt på mer än 15 %. I synnerhet granodioriter och tonaliter tillhörande Hisingensvitens bergarter (Bkod 63, 64 och 65) innehåller relativt höga glimmerhalter (14–26 %). Även vissa Askimsgraniter har höga glimmerhalter (Bkod 50, 8–19 %). Ett prov från Kungsbackasvitens mafiska bergarter innehåller högst halter av skiktssilikatet biotit (Bkod 54, 50 %). Övriga bergarter innehåller låga halter av glimmer, dvs. under 10 viktprocent.

Opaka mineral (sulfider m.m.)

Sulfider som kommer i kontakt med vatten och syre vid t.ex. krossning kan oxideras varvid pH-värdet i vattnet sänks. Detta sker vanligen genom att det i första skedet bildas järnsulfater och svavelsyra. Under oxidationen kan även metaller frigöras och lösas i lakvattnet. Lakvatten med lågt pH-värde och höga metallkoncentrationer kan orsaka skador på miljön. Vägverket anger att förekomst av "surt berg", dvs. bergarter med sulfidmineral, ska studeras inom vägutredningsområden. Normalt finns ett samband mellan svavelhalten i ett bergmaterial och mängden sulfidmineral. Vid en svavelhalt som är högre än 0,3 viktprocent i bergmaterialet, något som ungefär motsvarar 0,3 volymprocent pyrit, rekommenderas att speciella åtgärder vidtas innan man använder bergmaterialet för betong-, väg- och järnvägsändamål.

När ballast med hög sulfidhalt ska lagras och användas bör tillgången på syresatt vatten minskas genom t.ex. övertäckning eller deponering under grundvattenytan. Högt svavelhalt bör också undvikas om materialet ska användas vid betongtillverkning. Om sulfidinnehållet är högt bör materialet analyseras kemiskt för att bestämma totalhalten av svavel. Prover med höga halter av opaka mineral bör undersökas med mikroskop för att man ska kunna uppskatta halten av sulfidmineral.

Generellt är halten av opaka mineral relativt hög i samtliga prover. Mer än hälften av alla analyser har en halt av opaka mineral som överstiger 0,3 % (0,3–13,4 %). Högst halt av sulfidmineral (tabell 4) bedöms en diabas (MGO090002A) ha, >5 % (främst pyrit, magnetkis och spår av kopparkis). Även en Askimsgranit (MGO090014A) och en mafit (MGO090012A) från Kungsbackasvitens bergarter samt en tonalit (MGO090017A) och en amfibolit (MGO090013A) tillhörande Hisingensvitens bergarter har bedömts innehålla något förhöjda halter av sulfidmineral, 0,3–0,6 %, främst pyrit, magnetkis och kopparkis.

DEFORMATIONSZONER, SPRICKOR OCH ÖVRIGA STRUKTURER

De typer av deformation som berggrunden varit utsatt för är i princip av två slag. 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.

Lineamenten på bergkvalitetskartan är tolkade från höjddata, geofysiska data och fältmätningar. Deformation av berggrunden kan påverka en bergarts magnetiska egenskaper. Detta beror framför allt på att temperatur, tryck och innehållet samt fördelningen av magnetiska mineral förändras i en bergart under deformationen. En plastisk deformationsstruktur kan synas på magnetfältskartan som både positiva och negativa anomalier. En sprickzon (spröd deformation) kan synas som en lågmagnetisk zon i den mer högmagnetiska värdbergarten. Detta beror på att magnetit oxideras och omvandlas till hematit som är omagnetiskt. Spröda, vattenförande sprickzoner har bättre elektrisk ledningsförmåga än en omgivande sprickfattig berggrund. Därför syns de tydligt i elektromagnetiska data (VLF).

Sprickplan som har uppmätts i projektet finns lagrade i SGUs databaser. På grund av ett för litet dokumentationsunderlag finns ingen sammanställning i beskrivningen.

Tabell 4. Relativa mängder opaka mineral i prover med en totalhalt av opaka mineral >0,3 volymprocent, uppskattade vid reflektionsmikroskopering: +++ = dominerande, ++ = underordnat och + = spår. Opak = totalhalt av opaka mineral i volymprocent bestämt genom punkträkning (se tabell 1).

Relative amount of opaque minerals in samples where the total amount of opaque minerals is >0.3 volume percent, estimated in reflecting light: +++ = dominating, ++ = less common and + = trace amount. Opaque = total content of opaque minerals in volume percent, determined by point counting (see table 1).

Prov Sample	Bkod Rock code	Opak (vol.-%) Opaque (vol.-%)	Oxider Oxides				Sulfider Sulphides			Övrigt Other
			Magnetit Magnetite	Hematit Hematite	Hematit-ilmenit Hematite-ilmenite	Ilmenit Ilmenite	Pyrit Pyrite	Magnetkis Pyrrhotite	Kopparkis Chalcopyrite	
MGO090001A	50	0,4	++	+		+++	(+)	(+)	(+)	
MGO090002A	24	13,4		(+)		+++	+	+	(+)	
MGO090009A	65	3,0	+++	++			++		(+)	
MGO090011A	50	3,2	+++		+				(+)	
MGO100012A	54	>1%				++	+	+++	+	
MGO100013A	60	>1%				++(+)	++(+)			
MGO090014A	50	1,2	+++	+			++			Goethite
MGO090017A	64	0,3	(+)				+++	(+)	+	
MGO090035A	52	2,0	+++		+					
MGO090036A	63	1,4	+++				(+)		(+)	.

BERGGRUNDENS GAMMASTRÅLNINGSEGENSKAPER

Gammastrålningskartorna, som visar halterna av kalium, uran och torium, har tillsammans med berggrundsinformationen legat till grund för planeringen av gammastrålningsmätningar på berghällar. Vid dessa mätningar har den totala gammastrålningen samt halten av kalium-40, radium-226 och torium-232 bestämts. Radiumindex och aktivitetsindex har beräknats för samtliga mätpunkter och lagrats i SGUs databaser.

EUs strålningsdirektiv (2013/59/EURATOM) föreskriver en referensdos för gammastrålning från byggnadsmaterial på 1 mSv/år. Direktivet implementeras i svensk lagstiftning med en ny strålskyddslag (SFS 2018:396) och framförallt en ny strålskyddsförordning (inte utkommen) som börjar gälla den 1 juni 2018. I lag och förordning finns, förutom referensdosen för gammastrålning från byggmateriel, krav på att den som tillhandahåller ett material av betydelse ur strålskyddssynpunkt ska lämna uppgifter om materialet till mottagaren (dvs. märkning).

I en bilaga till direktivet anges att om man har ett material med aktivitetsindex under 1 i golv, väggar och tak kommer man, med ett konservativt antagande, att hamna under referensdosen 1 mSv/år från huset.

Aktivitetsindex m_γ är beräknat enligt:

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

där, C_K , C_{Ra} och C_{Th} är koncentrationen av kalium-40, radium-226 respektive torium-232, alla i enheten Bq/kg (2013/59/EURATOM). Halterna av kalium, uran och torium kan omräknas till Bq/kg enligt följande:

1 % K = 313 Bq/kg

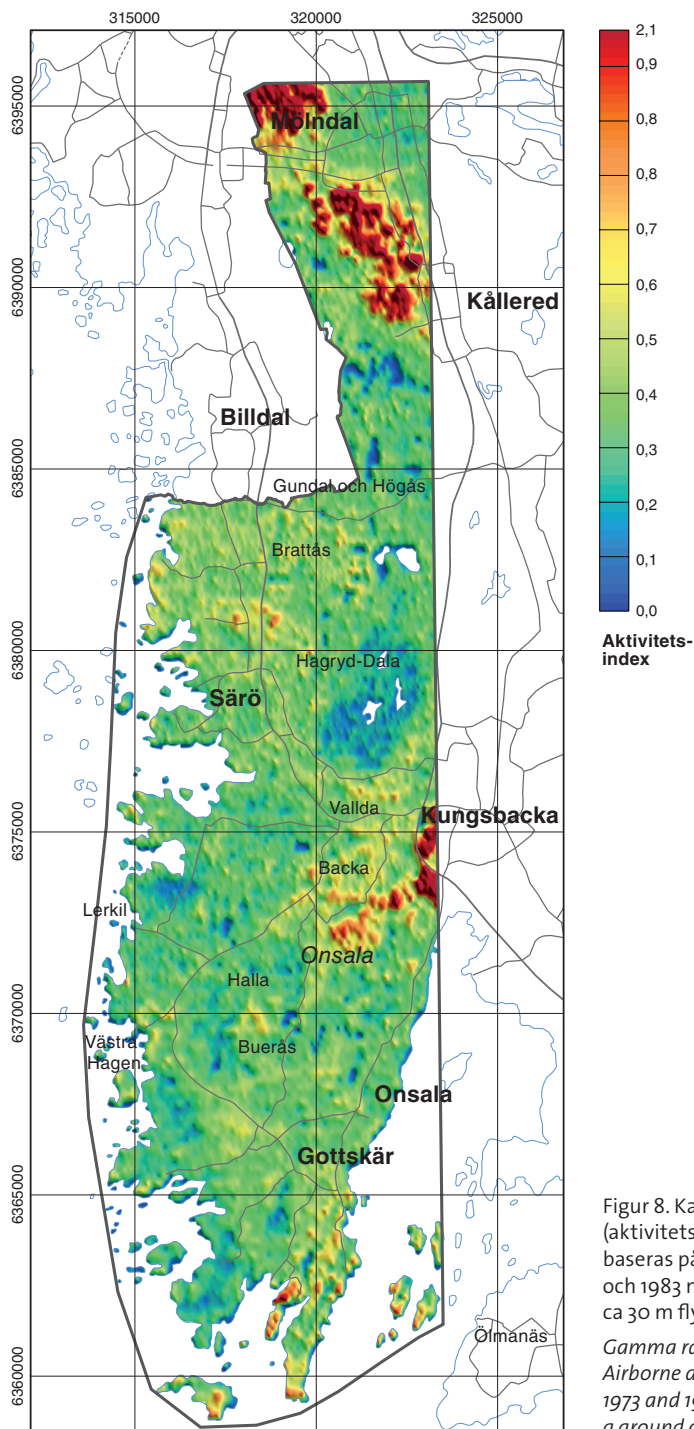
1 ppm U = 12,35 Bq/kg

1 ppm Th = 4,06 Bq/kg

Enligt äldre rekommendationer från de nordiska ländernas strålskyddsinstitutioner bör radiumindex för byggnadsmaterial vara mindre än 1,0 (The radiation protection authorities in Denmark, Finland, Iceland, Norway and Sweden 2000). Radiumindex 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.

Figur 8 visar kartan över markens naturliga gammastrålning. Ett område i norr samt ett mindre område i den östra kanten av undersökningsområdet vid Kungsbacka visar förhöjd gammastrålning. Uppföljningar av gammastrålningsmätningar på berghällar har gjorts i tidigare projekt och vid ca 125 lokaler inom området (tabell 5). Vid varje mätpunkt utfördes normalt två till fyra mätningar.

Området i norr sammanfaller med utbredningen av RA-graniter (Bkod 52). De uppvisar förhöjda halter av uran och torium (fig. 9). Uranhalten inom denna grupp varierar från 8,8 till 19 ppm. Toriumhalten varierar från 49 till 78 ppm. De höga uran- och toriumhalterna gör att aktivitetsindex överstiger 2. Inom det mindre området i öster är det Askimsgraniter (Bkod 50) som uppvisar förhöjda halter av framför allt torium. Uranhalten inom detta område varierar från 9 till 15 ppm. Toriumhalten varierar från 58 till 68 ppm. Aktivitetsindex överstiger 2 även inom detta område. Övriga bergarter inom undersökningsområdet visar låga aktivitets- och radiumindex (tabell 5).



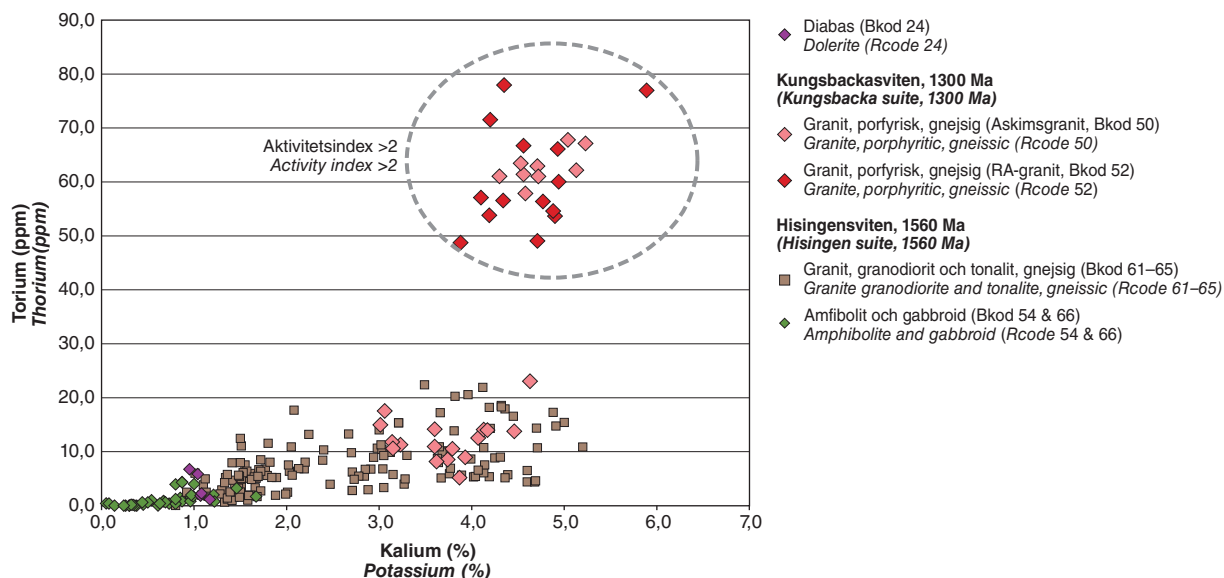
Figur 8. Karta över markens gammastrålning (aktivitetsindex) över Onsalaområdet. Kartan baseras på SGUs flygmätningar utförda 1974 och 1983 med ett linjeavstånd av 200 m och ca 30 m flyghöjd.

Gamma radiation map over the project area. Airborne data were collected by SGU during 1973 and 1983 with a line spacing of 200 m and a ground clearance of c. 30 m.

Tabell 5. Sammanställning av gammastrålningsmätningar inom kartområdet Onsala. Värdena representerar beräknat medelvärde för respektive bergartsenhet.

Summary of gamma measurements in the map area Onsala. The values represent calculated mean for each rock unit.

Bkod* Rcode	Bergartsenhet Rock unit	K (%) P (%)	U (ppm)	Th (ppm)	Radiumindex Radium index	Aktivitetsindex Activity index	Antal mätningar Number of measurements
66	Amfibolit, gabbro	0,8	0,5	1,1	0,0	0,1	20
61-65	Granit, granodiorit och tonalit, gnejsig	2,6	1,4	7,4	0,1	0,5	144
54	Diorit, gabbro	0,5	0,5	1,1	0,0	0,1	17
52	Granit, porfyrisk, gnejsig, RA	4,6	12,9	60,7	0,8	2,2	14
50	Granit, porfyrisk, gnejsig, Askim	4,1	5,5	29,8	0,3	1,3	26
24	Diabas	1,0	1,1	3,5	0,1	0,2	5



Figur 9. Kalium-Torium diagram för olika bergartstyper inom projektområdet. Resultat från spektrometermätningar uppmätta på berghällar.

Diagram showing the relationship between potassium and thorium for different rock types. From spectrometer measurements on outcrops.

TEKNISKA ANALYSER

Omkring 70 kg berg har provtagits för bergmaterialtester vid representativa ställen. Proverna omfattar kulkvarnsanalys, Los Angelesanalys, micro-Devalanalys och alkalisilikareaktivitet. Berget som har provtagits är representativt och inte vittrat, sprängskadat eller onormalt uppsprucket om ingenting annat anges. Samtliga bergprover har tagits på platser där det har funnits tillräckligt med lossprängd sten eller friska blottningar, dvs. i bergskärningar längs vägar eller vid byggplatser. Proverna har insamlats med slägga och spett. Totalt har 22 prover från lika många lokaler tagits inom ramen för det aktuella karteringsområdet. Ett prov är taget strax nordost om karteringsområdet (MGO100027A).

När bergkvalitetskartan har sammanställts har även analyser som gjorts i närliggande undersökningsområden, Göteborg (Persson m.fl. 2000), Mölndal (Göransson m.fl. 2007) och Kungsbacka (Göransson m.fl. 2008), samt värdefulla synpunkter om berggrundens kvalitetsvariationer i Göteborgsområdet (Samuelsson m.fl. 1975, Knape 1989) beaktats.

Kulkvarnsanalys

Kulkvarnsanalyserna har gjorts enligt SS-EN 1097-9 (Svensk Standard 2004d, Nordiska kulkvarnsmetoden). Krossningen utfördes i en rotationskross med 30 mm utloppsspalt och en laboratoriekäftkross med utloppsspalt inställd på 16 mm. Grovsiktningen har gjorts i en maskinskak. Finsiktning har gjorts enligt FAS-metod 221-98 (Föreningen för asfaltsbeläggningar i Sverige 1998). Den analyserade fraktionen är 11,2–16 mm.

Harpsiktning har gjorts med spaltvidden 6,3 mm för att avlägsna de flisigaste kornen och få ett flisighetsindex (jfr Svensk Standard 1997c) som motsvarar storproduktionsdrift. Skälet till detta är att materialet nöts under längre tid. Analys har i första hand gjorts på enkelprov. Om analysresultaten har hamnat i närheten av klassificeringsgränsvärden (se bilaga 1) har man utfört dubbelprov. Kulkvarnsvärdena (A_N -värdena) presenteras i tabell 2. Medelvärdena för de olika bergartsenheterna redovisas i tabell 6. Omkring en tredjedel av kulkvarnsresultaten är framtagna genom korrelation med micro-Devalresultaten (se vidare under kapitlet *Micro-Devalanalys* nedan).

Tabell 6. Medelvärden av kulkvarnsvärde, Los Angeles-värde och micro-Devalvärde för de analyserade bergartsenheter i kartområdet Onsala. A_N är kulkvarnsvärde, LA är Los Angeles-värde, M_{DE} är micro-Devalvärde.

Mean values for the results of the studded tyre, Los Angeles and micro-Deval tests of rock units in the area of Onsala. A_N = studded tyre test value, LA = Los Angeles value, M_{DE} = micro-Deval value.

Bkod*	Bergartsenhet	A_N (%)			LA (%)			M_{DE} (%)		
Rock code	Rock unit	Sprid. Interval	Medelvärde Mean value	Antal prov Nr. of samples	Sprid. Interval	Medelvärde Mean value	Antal prov Nr. of samples	Sprid. Interval	Medelvärde Mean value	Antal prov Nr. of samples
24	Diabas		10,4	1		12,4	1			
50	Granit, porfyrisk, gnejsig (Askim, Kungsbackasviten)	11–14	12,4	5	26–28	26,9	2	7–10	8,2	5
52	Granit, porfyrisk, gnejsig (RA, Kungsbackasviten)		10,4	1		25,1	1		6,4	1
54	Mafiska bergarter associerade med Kungsbackasviten	17–22	19,6	2	14–16	15,4	2	8–20	13,7	3
61	Granit, porfyrisk, gnejsig (Hisingensviten)		11,7	1		22,8	1		7,8	1
62	Granit, gnejsig (Hisingensviten)								7,0	1
63	Granodiorit, porfyrisk, gnejsig (Hisingensviten)		13,0	1		28,1	1		8,0	1
64	Granodiorit, gnejsig (Hisingensviten)	12–14	13,2	2	19–20	19,2	2	8–11	9,6	2
65	Tonalit, gnejsig (Hisingensviten)		16,2	1		17,8	1	9–13	10,6	4
66	Amfiboliter och gabbroier (Hisingensviten och Göteborgssviten)	14–18	15,8	2	16–20	17,6	2	10–14	11,5	3
71	Granodiorit, gnejsig och ådrad (Göteborgssviten)								8,7	1



Figur 10. Svart, finkornig, mafisk bergart med mussligt brott ca 2,0 km sydväst om Buerås (MGO090010A, 6375464/322087) med dåliga tekniska egenskaper, A_N -värde = 22 % och LA-värde = 14 %. Vyn är ca 75×100 cm. Foto: Mattias Göransson.

Black fine-grained, mafic rock with clam shell-like scar pattern approximately 2.0 km south-south-west of Buerås (MGO090010A, 6375464/322087) with poor technical properties, A_N -value = 22% and LA-value = 14%. The field of view is app. 75×100 cm.

Kulkvarnsvärdet är ett mått på bergets nötningsmotstånd. Det sämsta (högsta) kulkvarnsvärdet, 22,2 %, får ett prov av en mafit från Hisingensviten (MGO090010A, fig. 10). Detta prov innehåller en ansevärd mängd glimmer (50 %) och även en del calcit. Bergarter med höga glimmerhalter får nästan alltid höga kulkvarnsvärden. Granodioriter, tonaliter och gabbroider från Hisingensviten (Bkod 63–65) får relativt höga kulkvarnsvärden (13–18 %). Områdets bästa A_N -värden (10–12 %) får prover från graniter

från Kungsbackasviten (Bkod 50 och 52), granit från Hisingensviten (Bkod 62) och diabas (Bkod 24). Inga prover har kulkvarnsvärden under 10 %, något som krävs för att grupperas som ett klass 1-material för väg. De klass 1-tytor som har angetts inom kartområdet är uppskattade från information från anslutande bergkvalitetskarter (Göransson m.fl. 2007, 2008). Kulkvarnsmedelvärdet av de 23 prover som tagits från Kartområdet är 13,6 %. Detta ger området en typisk klass 2-materialkaraktär för vägändamål. Erfarenhetsmässigt har ytbergartsgnejser (Bkod 80) relativt höga kulkvarnsvärden. Ingen kulkvarnsanalys har gjorts på ytbergartsgnejserna i det här projektet.

Los Angelesanalys

Krossning och siktning för Los Angelesanalys har skett på samma sätt som för kulkvarnsanalyserna. Los Angelesvärdet (LA-värdet) har därefter bestämts på enkelprov med storleksfraktionen 10–14 mm enligt SS-EN 1097-2 (Svensk Standard 1997b). Resultaten presenteras i tabell 2. Medelvärdena för de olika bergartsenheterna redovisas i tabell 6.

LA-värdet är ett mått på bergartens motstånd mot fragmentering. Det bergartsprov som ger högst LA-värde är en medelkornig, småporfyrisk granodiorit från Hisingensviten (Bkod 63, MGO090036A, 28 %). Även Kungsbackasvitens graniter (Bkod 50 och 52) ger ganska höga Los Angelesvärden (21–26 %). Bäst LA-värde (12–16 %) får de järn- och magnesiumrika, kvartsfattiga bergarterna (Bkod 24, 54 och 66). Inga prover får Los Angelesvärden över 30 %. Los Angelesmedelvärdet av de 16 prover som tagits från kartområdet är 20,3 %, vilket ger området en typisk klass 2-materialkaraktär för vägändamål. Erfarenhetsmässigt erhåller Göteborgssvitens bergarter (Bkod 71) relativt höga Los Angelesvärden. Ingen Los Angelesanalys har gjorts på Göteborgssvitens bergarter i det här projektet.

Micro-Devalanalys

Micro-Devalvärdet (M_{DE}) är ett mått på bergets nötningsmotstånd. Metoden är snarlik kulkvarnsmetoden. Obundna lager i vägkonstruktion är kravsatta med M_{DE} -metoden. Inom de närmaste åren kan denna metod helt komma att ersätta kulkvarnsmetoden. Därför anses det nödvändigt att göra en korrelation mellan de två metoderna. Krossning och siktning har skett på samma sätt som för kulkvarnsanalyserna. M_{DE} har därefter bestämts på enkelprov med storleksfraktionen 10–14 mm enligt SS-EN 1097-1 (Svensk Standard 1997a). Om analysresultaten har hamnat i närheten av klassificeringsgränsvärden (bilaga 1) har man utfört dubbelprov. Resultaten presenteras i tabell 2. Medelvärdena för de olika bergartsenheterna redovisas i tabell 6.

Det sämsta (högsta) M_{DE} -värdet (20 %) får ett prov av en mafit från Kungsbackasviten (Bkod 54). Detta prov innehåller en ansevärd mängd glimmer (50 %) och även en del kalcit. Bergarter med höga glimmerhalter får nästan alltid höga micro-Devalvärden, precis som för kulkvarn. Övriga bergartsprover har gett M_{DE} -värden som ligger mellan 13,7 och 6,4 %. Områdets bästa M_{DE} -värden (6–8 %) erhåller prover från granit från Kungsbackasviten (Bkod 50 och 52), granit från Hisingensviten (Bkod 62) och diabas (Bkod 24). Erfarenhetsmässigt får ytbergartsgnejser (Bkod 80) relativt höga micro-Devalvärden. Ingen micro-Devalanalys har utförts på ytbergartsgnejserna i detta projekt.

Alkalisilikareaktivitet (ASR)

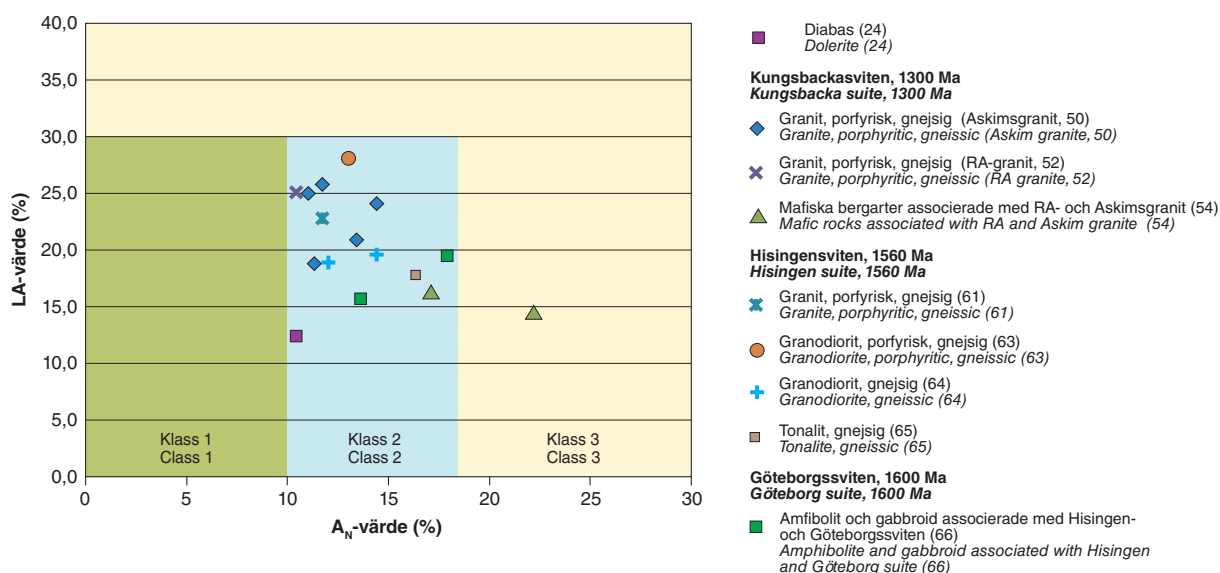
Alkalisilikareaktivitet (ASR) är benägenheten (risken) för ett bergmaterial att bilda en alkalisilikagel. Detta är ett resultat av att kvarts (kiseldioxid) från ballasten löses upp av den starkt alkalina porlösningen i betongen (Lagerblad & Trädgårdh 1992). Gelen kan i vissa fall expandera. Därmed finns en risk att betongen spricker. Exempel på reaktiva mineral och ogynnsamma texturer är i fallande reaktivitetsskala opal (amorf kvarts), kristobalit, tridymit, deformerad kvarts (t.ex. "ribbon quartz"), kvarts med suturerade kornfogar och mikrokristallin kvarts. En tregradig indelning har gjorts enligt RILEM AAR-1 (RILEM

2000a): 1) mycket osannolikt alkalireaktiv, 2) osäker eller potentiell risk samt 3) mycket sannolikt alkalireaktiv. Resultaten presenteras i tabell 2. Tunnslip av 16 prover har undersökts. Inget av proverna har bedömts som mycket sannolikt alkalireaktivt (ASR = 3).

SAMMANSTÄLLNING AV BERGKVALITETSKARTAN

En karta över fördelningen av de olika bergkvalitetsklasserna har tagits fram med utgångspunkt från de analyser som gjorts på olika platser. Det är analyser som väl representerar berggrunden inom undersökningsområdet. Med tanke på berggrundens heterogenitet blir sammanställningen översiktlig. Vanligen urskiljs områden med tre kvalitetsklasser, nämligen 1) god, 2) mindre god och 3) dålig kvalitet. Ytindelningen på bergkvalitetskartan baseras främst på kulkvarnsvärdena i relation till de krav som ställs av Trafikverket (2011, 2014). Parallellt har man bedömt övriga analysresultat såsom Los Angelesvärde, potentiell förekomst av alkalisilikareaktivt material och aktivitetsindex. Det är viktigt att bergkvalitetskartan kompletteras med detaljundersökningar när man prospekterar och planerar för uttag av berg. Från varje provlokal har en bergart provtagits, även där berggrunden är heterogen. De tekniska egenskaperna för enskilda prover från bergtäkter och markberedningsområden med blandad berggrund kan följaktligen avvika från vad som erhålls i bergmaterial uttaget genom storproduktionsdrift.

Analysdata som ytklassificeringen är baserad på redovisas i tabell 2 och 6 samt i figur 11. Mer än 86 % av kartområdets berggrund bedöms som ett klass 2-material. Mindre förekomster av deformerad RA-granit från Kungsbackasviten (Bkod 52) har bedömts som klass 1-material, <1 %. I de östliga delarna av undersökningsområdet ligger den berggrund som bedömts ha den sämsta kvaliteten (klass 3-material), totalt sett ca 13 %. Den utgörs huvudsakligen av mafiska bergarter tillhörande Kungsbackasviten (Bkod 54). Dessa mafiter varierar kvalitetsmässigt mellan klass 2 och 3. Ytbergartsgnejsen (Bkod 80) inom kartområdet har inte provtagits. Den har i stället bedömts från inventeringar i närliggande områden och anses tillhöra den sämsta berggrunden för krossbergsanvändning (klass 3-material).



Figur 11. Diagram som visar de tekniska analysresultaten, kulkvarnsvärde (A_N) och Los Angelesvärde (LA), för de olika bergartsproverna i kartområdet. Klassificeringen (1–3) avser vägmakadam och är endast baserad på de ovanstående två parametrarna, varför vissa avvikelser kan finnas jämfört med övriga data som redovisas i Tabell 2.

Diagram showing the results of technical analysis, studded tyre test value (A_N) and Los Angeles-value (LA) for the different rock samples of the map area. The classification (1–3) for road-material in the diagram is only based on LA and A_N , why some differences may occur compared to the data in Table 2.

När man använder bergmaterial som vattenbyggnadssten i samband med erosionsskydd, fundament etc. är det viktigt att man följer de krav (se bilaga 1) som ställs i SS-EN 13383-1 (Svensk Standard 2002). För att kunna använda bergarter med förhöjd vattenabsorption, t.ex. sandstenar, som vattenbyggnadssten rekommenderas att frostbeständigheten bestäms genom frys-tömetoden (SS-EN 1367-1, Svensk Standard 2000). Om man ska använda kartområdets diabaser som vattenbyggnadssten bör man först testa bergarternas beständighet (sonnenbrandtest, SS-EN 1367-3, Svensk Standard 2001). Bergarter som är kraftigt styrkeanisotropa, vanligtvis t.ex. ytbergartsgnejser, bör undvikas som vattenbyggnadssten eller testas med avseende på styrkeanisotropi innan de används.

REFERENSER

- Austin-Hegardt, E., Cornell, D., Hellström, F. & Lundqvist, I., 2007: Emplacement ages of the mid-Proterozoic Kungsbacka bimodal suite, SW Sweden. *GFF* 129, 227–234.
- Banverket, 2004: *BVS 585.52, Makadamballast för järnväg*. 29 s.
- Boverket, 2004: Boverkets handbok om betongkonstruktioner. *BBK 04*, 271 s.
- EC, 1999. *Radiological protection principles concerning the natural radioactivity of building materials*. Radiation Protection 112, European Commission, Directorate-General Environment, Nuclear Safety and Civil Protection, 16 s.
- Göransson, M., Bergström, U. & Shomali, H., 2007: Beskrivning till bergkvalitetskartan över del av Mölndals kommun. *Sveriges geologiska undersökning K 67*, 27 s.
- Göransson, M., Bergström, U., Shomali, H., Claesson, D. & Hellström, F., 2008: Beskrivning till bergkvalitetskartan över delar av Kungsbacka och Varbergs kommuner. *Sveriges geologiska undersökning K 96*, 37 s.
- Jelinek, C. & Eliasson, T., 2015: Strålning från bergmaterial. *Sveriges geologiska undersökning SGU-rapport 2015:34*, 26 s.
- Knappe, U., 1989: *Inventering av grus och alternativa material i Göteborgs och Bohus län*. Miljövårdsenheten Länsstyrelsen Göteborg, 200 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., 2007: Berggrundskartan 7B Göteborg SV. *Sveriges geologiska undersökning K 60*.
- Persson, L., Eliasson, T., Göransson, M., Kero, L., Lundqvist, S. & Sträng, M., 2000: Beskrivning till bergkvalitetskarta över Göteborgs kommun, skala 1:50 000. *Sveriges geologiska undersökning Ba 59 Bk*, 20 s.
- Persson, L. & Schouenborg, B., 1995: Kvalitetsklassning av bergarter N Stockholm, del 2. *Sveriges Provnings- och Forskningsinstitut, Byggnadsteknik, SP RAPPORT 1995:49*, 42 s.
- Persson, L. & Schouenborg, B., 1996: Quality classification of rock in Sweden. European Aggregates. *Official Journal of UEPG, Union Européenne des Producteurs de Granulats. UEPG, 2–3/96*, 32–37.
- RILEM Recommended test method AAR-1, 2000a: Detection of potential alkali-reactivity of aggregates – Petrographic method. *Materials and structures* 36, 480–496.
- RILEM Recommended test method AAR-3, 2000b: Detection of potential alkali-reactivity of aggregates – method for aggregate combinations using concrete prisms. *Materials and structures* 33, 290–293.
- Samuelsson, L., 1973: Selective weathering of igneous rocks. *Sveriges geologiska undersökning C 690*, 16 s.
- Samuelsson, L., 1975: *Göteborgsregionen, grus- och bergtäktsplan*. Göteborgsregionens Kommunalförbund Bilaga 1, Berggrunden i Göteborgsregionen, 9 s.
- Samuelsson, L., 1985: Beskrivning till berggrundskartan 7B Göteborg NO. *Sveriges geologiska undersökning Af136*, 101 s.
- Swedish concrete association, 1991: *Durable concrete structures. Concrete Report No. 1 (E)*. 55 s.
- Svensk Standard, 1997a: *SS-EN 1097-1: Ballast – mekaniska och fysikaliska egenskaper – Del 1: Bestämning av nötningsmotstånd (micro-Deval)*. 11 s.
- Svensk Standard, 1997b: *SS-EN 1097-2: Ballast – mekaniska och fysikaliska egenskaper – Del 2: Bestämning av motstånd mot sönderdelning*. 29 s.

- Svensk Standard, 1997c: *SS-EN 933-3: Ballast – geometriska egenskaper – Del 3: Bestämning av kornform – Flisighetsindex*. 10 s.
- Svensk Standard, 2000: *SS-EN 1367-1: Ballast – beständighetsegenskaper – Del 1: Bestämning av frostbeständighet genom frys–töprovnig*. 14 s.
- Svensk Standard, 2001: *SS-EN 1367-3: Ballast – beständighetsegenskaper – Del 3: Koktest för ”Sonnenbrand-basalt”*. 10 s.
- Svensk Standard, 2002: *SS-EN 13383-1: Ballast – vattenbyggnadssten – Del 1: Krav*. 40 s.
- Svensk Standard, 2003: *SS-EN 13450: Makadamballast för järnväg*. 35 s.
- Svensk Standard, 2004a: *SS 137003: Betong – användning av EN 206-1 i Sverige*. 19 s.
- Svensk Standard, 2004b: *SS-EN 933-4: Ballast – geometriska egenskaper – Del 4: Bestämning av kornform – LT-index*. 11 s.
- Svensk Standard, 2004c: *SS-EN 1097-6: Ballast – mekaniska och fysikaliska egenskaper – Del 6: Bestämning av korndensitet och vattenabsorption*. 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)*. 12 s.
- Trafikverket, 2011: *TRVKB 10 – obundna lager*. Trafikverkets krav, besiktningstexter för obundna material i vägkonstruktioner. 121 s.
- Trafikverket, 2014: *Krav – bitumenbundna lager. TDOK 2013:0529*. 75 s.
- Trädgårdh, J. & Lagerblad, B., 1996: Influence of ASR cracking on the frost resistance of concrete. *Cement och Betong Institutet, CBI rapport 1:96*, 48 s.
- The radiation protection authorities in Denmark, Finland, Iceland, Norway and Sweden, 2000: *Naturally occuring radioactivity in the Nordic countries – recommendations*. ISBN 91-89230-00-0, 81 s.
- Trafikverket, 2001: *VVMB 613: Bestämning av glimmerhalt i materialets finfraktion. Vägverkets metod-beskrivningar till ATB Väg. VV Publ. 2001:100*, 8 s.
- Åhäll, K.-I. & Connelly, J., 2008: Long-term convergence along SW fennoscandia: 330 m.y. of proterozoic crustal growth. *Precambrian Research* 161, 452–474.

BILAGA 1. 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).

Vägmakadam

Kvalitetsklassningen för användning av stenmaterial i väg grundar sig på fastställda krav i ATB VÄG 2005 (Vägverket 2005a, Vägverket 2005b). Följande generella indelning används som utgångspunkt för klassindelningen för vägmakadam:

1	Berget bedöms kunna användas både som slitlager*, massabeläggningar, bärlager och förstärkningslager. Kulkvarnsvärde <10 % och Los Angelesvärde <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 2005b.
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 Angelesvärde <30 %. Se vidare krav i ATB VÄG 2005a och b.
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 Angelesvärde >30 %. Se vidare krav i ATB VÄG 2005a och b.
4	Berget bör inte användas som ballastmaterial vare sig för bitumenbundna eller obundna lager.

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; Svensk Standard 2003). 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 ska minst uppfylla kraven för kategori LA_{RB}20 (Los Angelesvärde ≤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; Svensk Standard 2004c) får inte överstiga 1 %. Den färdiga produkten bör ha en så kantig, kubisk form som möjligt. LT-index (längd–tjockleksförhållande, SS-EN 933-4; Svensk Standard 2004b) ska vara lägst 20. Detta krav är en mildring mot det tidigare LT (3) (FAS-metod 244-99) kravet. Vidare finns krav på kornlängden införda i BVS 585.52 (Banverket 2004).

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

1	Berget bedöms vara lämpligt som makadamballast för järnväg. Berget bedöms klara alla av Banverket föreskrivna krav för makadamballast (BVS 585.52) såsom sprödhetstal <50 % alt. Los Angelesvärde (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 kunna användas 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 inte kunna användas som makadamballast för järnväg. Berget bedöms inte klara alla av Banverket föreskrivna krav för makadamballast (BVS 585.52) såsom sprödhetstal <50 % alt. Los Angelesvärde (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 gammastrålning, mineralsammansättning (t.ex. glimmerinnehåll), omvandlingsgrad, förekomst av alkalisilikareaktivt material och sulfider, struktur, kornfogning och kornstorlek (se vidare Lagerblad & Trädgårdh 1995, Trädgårdh & Lagerblad 1996, Svensk Standard 2004a, Svensk Standard 2004c, Swedish concrete association 1991 och Boverket 2004). Tre klasser har använts (1–3). Klass 1 omfattar bergarter med normalt goda egenskaper för betongberedning, klass 2-bergarter har tämligen goda egenskaper men bör ej användas i betongaggressiv miljö utan förprovning, klass 3-bergarter har generellt dåliga egenskaper och bör undvikas eller eventuellt förprovas. Följande generella indelning används som utgångspunkt för klassindelningen för betongballast:

1	Berget bedöms vara lämpligt 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 inte överstiga 1,0 i radiumindex eller 2,0 i aktivitetsindex.
1,5	Osäker klasstillhörighet mellan klass 1 och 2.
2	Berget bedöms kunna användas 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 inte kunna användas som betongballast. Berget bedöms inte 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 aktivitetsindex.

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

Vattenbyggnadssten

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