

Beskrivning till bergkvalitetskartan Sundsvall–Timrå–Härnösand

Katarina Persson Nilsson, Rune Johansson &
Torbjörn Bergman



ISSN 1652-8336
ISBN 978-91-7403-036-5

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: Uvberget, Älandsbro. Bergknalle bestående av syn- till senorogen
pegmatitgranit (6954600/1607650). Foto: Torbjörn Bergman.

*Cover: Uvberget, Älandsbro. Hillock with syn- to late-orogenic pegmatitic granite
(6954600/1607650). Photo: Torbjörn Bergman.*

© Sveriges geologiska undersökning, 2010
Layout: Agneta Ek, SGU

INLEDNING

Bergkvalitetskartan är en tematisk karta som kompletterar SGUs berggrundskarta i skala 1:50 000. Det huvudsakliga ändamålet med kartan är att underlätta en utvärdering av det bästa användningsområdet för olika bergarter, som t.ex. ballast för väg, järnväg och betong. I samband med den kommunala översiktsplaneringen ska bergkvalitetskartan kunna erbjuda ett geologiskt underlag för framtida markanvändning och underlätta övergången från grus- till krossbergproduktion. Bergkvalitetsundersökningen startade år 2006 och slutfördes under 2008 och täcker delar av Sundsvalls, Timrå och Härnösands kommuner (fig. 1). Undersökningen har pågått parallellt med berggrundskarteringen av samma område, vilken påbörjades 2005 och slutfördes 2008.

Arbetet med bergkvalitetskartan över området Sundsvall–Timrå–Härnösand har föregåtts av en generell läges- och behovsanalys. I denna analys har tänkbara användare, såsom länsstyrelse, kommuner, övriga myndigheter, entreprenörer och konsulter, kontaktats beträffande vilka områden som bör prioriteras för undersökning och om behovet av översiktlig bergkvalitetsinformation.

Undersökningsområdet Sundsvall–Timrå–Härnösand omfattar cirka 1 670 km². Alla koordinater är angivna i rikets nät (RT90). Det finns ett tjugotal aktiva bergtäkter inom det karterade området. Det är framför allt metagråvacka eller syn- till senorogen granit som är huvudbergart i dessa täkter. Graniten bryts främst längst E4:ans sträckning mellan Timrå och Härnösand. I detta stråk är graniten påverkad av plastisk deformation vilket ger bergarten bättre tekniska egenskaper. Det finns även en bergtäkt i metatonalit vid Lagmansören (17H 7 e).

Provtagning för tekniska analyser har utförts av Magnus Döse, Julio Gonzales, Claes Mellqvist och Torbjörn Bergman. Geofysiska undersökningar har gjorts av Rune Johansson. Mikroskopering har utförts av Sven Lundqvist och Julio Gonzales. Torbjörn Bergman har svarat för digitalisering och renritning

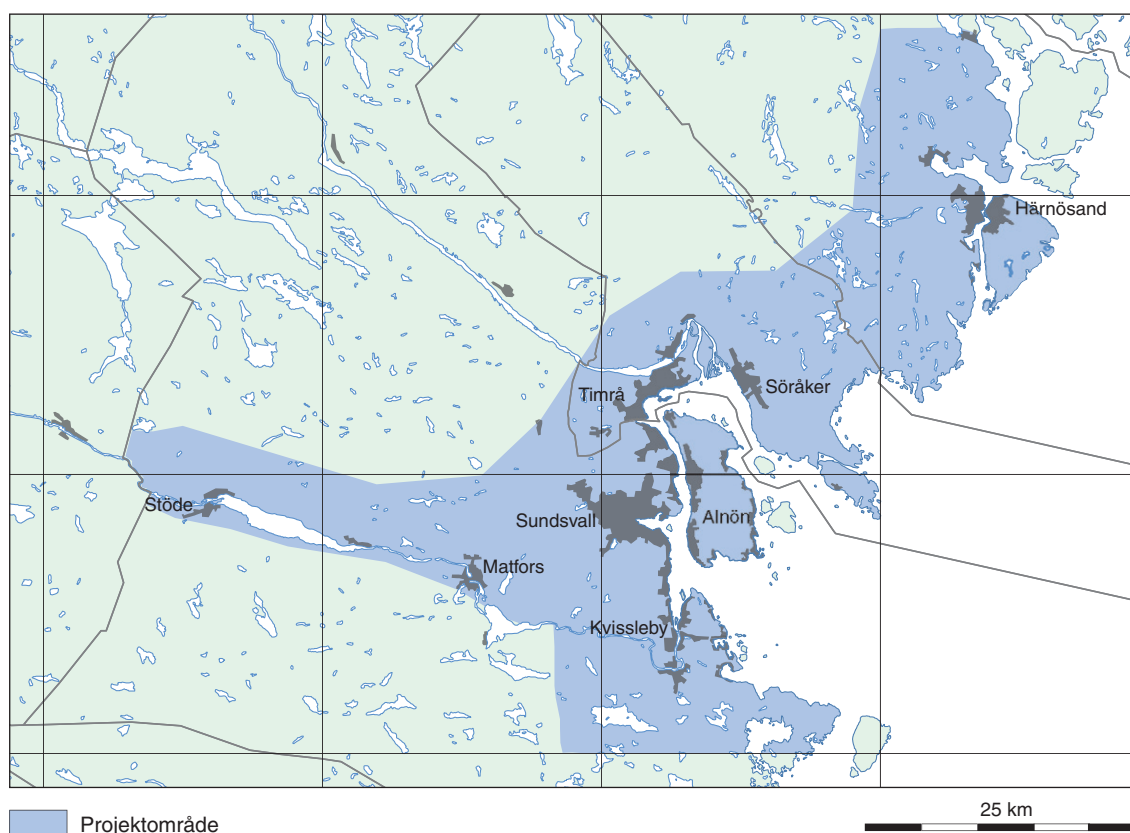


Fig. 1. Projektområdet.

The project area.

av kartan i digital form. Slutlig sammanställning har utförts av Katarina Persson Nilsson (projektledare) och Rune Johansson.

METODIK

Bergkvalitetskartan bygger på den parallellt genomförda berggrundskarteringen (se ovan) och grundar sig på närmare undersökningar av ett antal utvalda lokaler i de dominerande bergartsenheterna (fig. 2). Från var och en av dessa lokaler har ca 70 kg bergmaterial provtagits för teknisk analys. Dessutom har det gjorts mätningar av sprickplanens orientering samt en bedömning av spricktätheten. Polerade tunnslip har framställts av bergarter från provplatserna, och petrografisk analys, ASR-analys (alkalisilikareak-

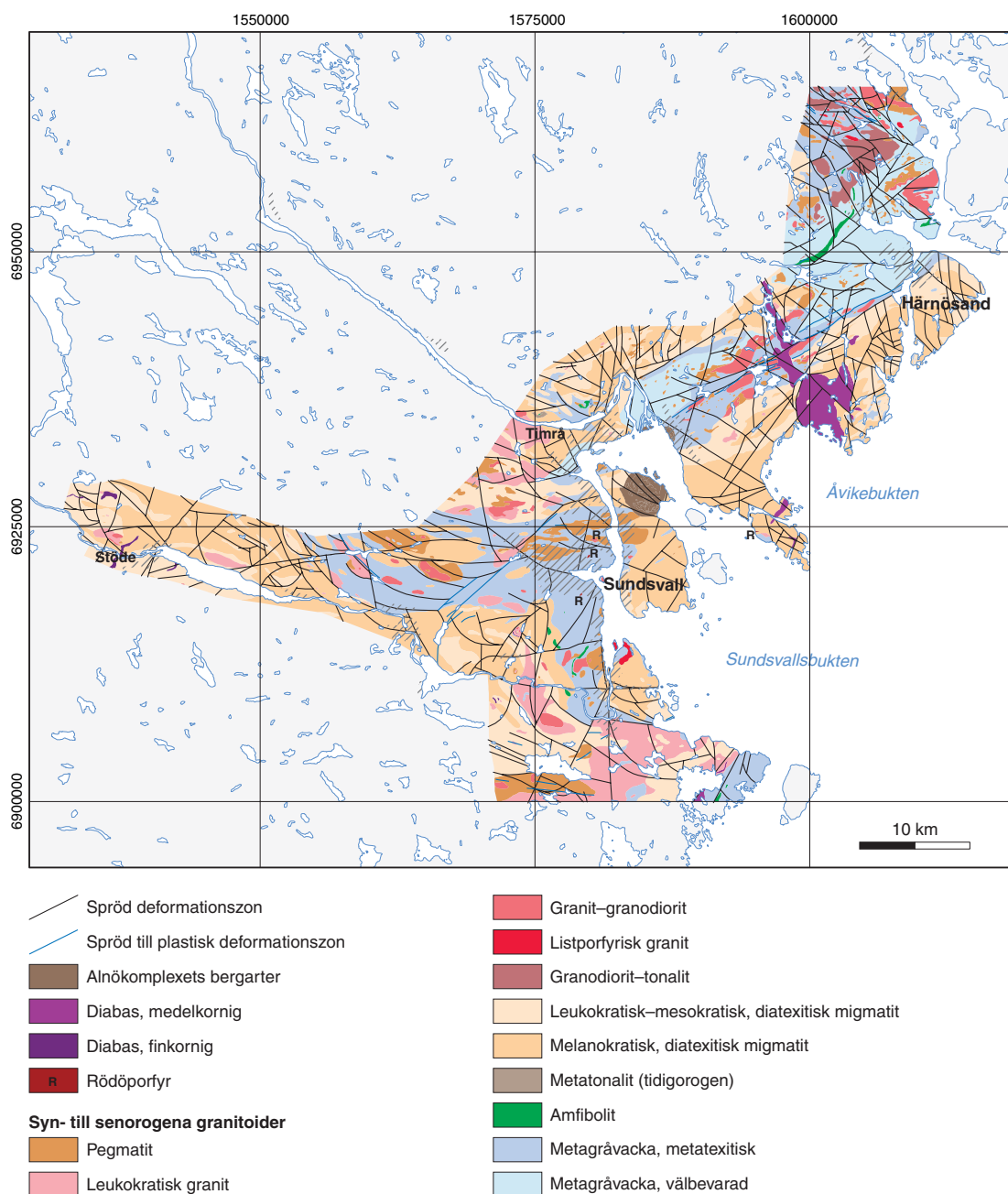


Fig. 2. Förenklad berggrundskarta över projektområdet (från SGU's databas).
Simplified bedrock map of the project area (from SGU's bedrock map database).

tivitetanalys) och modalanalys av mineralfördelningen har utförts. Prover har tagits för att bestämma bergarternas densitet och magnetiska egenskaper. Gammastrålningsmätningar med spektrometer har utförts på berghällar vid samtliga provlokaler där det varit tekniskt möjligt att mäta. I samband med berggrundskarteringen har mätningar gjorts på ytterligare ett stort antal lokaler.

Utöver de inom projektet provtagna lokalerna grundar sig bergkvalitetskartan på tidigare publicerade tekniska, petrografiska och geokemiska analyser från kommunala krossbergsinventeringar och SGUs berggrundskartering. Petrografiska data redovisas i tabellerna 1, 2 och 4 och alla tekniska analysvärden redovisas i tabell 3.

På bergkvalitetskartan är bergartsstrukturer som foliation och lagring representerade som symboler. I vissa områden är berggrunden ådrad (egentligen metatexitiska migmatiter) och då vanligen parallellt med foliationen. Ådringen och foliationen (gnejsigheten) i dessa områden är ihopdragna till så kallade strukturella formlinjer. Dessutom redovisas zoner med starkt deformerad berggrund, såväl plastiska skjuvzoner som sprickzoner. Alla dessa strukturer representerar interna svagheter i bergarterna och längs dessa riktningar sker uppsprickning lätt, t.ex. i samband med sprängning.

Data om djupet till berggrundsytan (jorddjupet) har erhållits från SGUs brunnarsarkiv och redovisas i tre klasser, nämligen <2, 2–5 och >5 meter.

ALLMÄN GEOLOGI

Kartområdet domineras av bergarter som bildades under den svekokarelska orogenesen (bergskedjebildningen) för ca 1960 till 1750 miljoner år sedan (Lundqvist m.fl. 1998, Andersson m.fl. 2006 och referenser däri). Äldst i det aktuella området är svekofenniska ytbergarter (bergarter avsatta på jordytan). Dessa bergarter bildades när stora mängder sedimentmaterial avsattes i det dåtida havet för minst ca 1900 miljoner år sedan, i det så kallade Bottniska bäckenet (även kallat Bottniska bassängen). Ytbergarterna intruderades sedan av djup- och gångbergarter (intrusivbergarter bildade i jordskorpan).

Ovan nämnda bergarter utsattes för veckning och metamorfos (omvandling) när de fördes ner i jordskorpan och utsattes för höga temperaturer eller högt tryck under kulminationen av orogenesen. I vissa områden var omvandlingen så stark att bergarterna helt eller delvis smälte. I områden där bergarterna delvis smälte, och där smältorna stannade kvar i ursprungsbergarten, bildades olika typer av migmatiter.

En del smältor steg uppåt i jordskorpan och ansamlades till större kroppar (magmor) vilket gav upphov till en ny generation djup- och gångbergarter, som kallas senorogent eller syn- till senorogent svekokarelska. Under orogenesen deformerades berggrunden varvid bland annat foliationer, linjärstrukturer och stora veckstrukturer bildades. I vissa zoner, så kallade skjuvzoner, var deformationen särskilt stark. Efter den svekokarelska orogenesen intruderades den äldre berggrunden av granit (ca 1500 miljoner år gammal) samt av diabas (ca 1200–1270 miljoner år gamla) som gångar och flackt liggande skivor. På Alnön strax utanför Sundsvall finns spår av magmakammare och gångar (i form av flera delintrusioner) bestående av alkalina och karbonatitiska bergarter som är unika i Sverige. De bildades under en period av vulkanism för ca 550–600 miljoner år sedan.

Tabell 1. Mineralfördelning (volym-%) och kornstorlek (mm) hos bergarter från kartområdet Sundsvall–Timrå–Härnösand. x = mineral som förekommer i liten mängd (<0,2 %), nv = närvarande, halt okänd. Med bergartsenheterna granit–granodiorit, granodiorit–tonalit, leukokratisk granit och pegmatiter avses syn- till senorogena granitoider. Kv = kvarts, Kf = kalifältspat, Pl = plagioklas, Bt = biotit, Mu = muskovit, Kl = klorit, Ep = epidot, Tt = titanit, K = kalcit, Hbl = hornblände, Ap = apatit, Z = zirkon, Px = pyroxen, Ca = granat, Crd = cordierit, S = sillimanit, Ser = sericit. *Modal composition (volume-%) and grain size (mm) of rocks from the map area Sundsvall–Timrå–Härnösand. x = accessory mineral (<0.2%), nv = present mineral, percentage unknown. The rock units granite–granodiorite, granodiorite–tonalite, leucogranites and pegmatites refer to syn- to late orogenic granitoids. Qtz = quartz, Kfs = K-spar, Plag = plagioclase, Bt = biotite, Ms = muscovite, Chl = chlorite, Ep = epidote, Ttn = titanite, Cal = calcite, Hbl = hornblende, Ap = apatite, Zrn = zircon, Prh = prehnite, Ol = olivine, Px = pyroxene, Grt = garnet, Crd = cordierite, Sil = sillimanite, Ser = sericite.*

Prov id	Bergartsenhet	Kv	Kf	Pl	Bt	Mu	Kl	Ep	Tt	K	Hbl	Ap	Z	Prh	opak	Ol	Px	Ga	Crd	S	Ser	Övrigt
Sample id	Rock unit	Qtz	Kfs	Plag	Bt	Ms	Chl	Ep	Ttn	Cal	Hbl	Ap	Zrn	Prh	opaque	Ol	Px	Grt	Crd	Sil	Ser	Other
ARA070339A	Granit–granodiorit	31,2	26,4	35,4	3,6	1	1,6	0,8	x			x	x	x	x	3	11	16			x	
CMT060008A	Diabas, medelkornig			66,6	1,6		0,6					0,2									x	ca 1 % serpentin, pyroxen=Ti-augit
CMT060012D	Melanokratisk, dia- textitisk migmatit	35,4	11,4	32	18,6	1,2	0,6					0,2	0,2		0,2						0,2	
CMT060018A	Melanokratisk, dia- textitisk migmatit	nv	nv	nv	nv	nv	nv	nv	nv	nv	nv	nv	nv	nv	nv	nv					nv	
CMT060053A	Metagråvacka, välbe- varad	33		41,4	x		18,4	2,2	5			x	x								x	
CMT060069A	Metatonalit	22,2		52,8	12,6		0,4		0,6	10		0,8	x		0,6						x	
CMT070001A	Metagråvacka, meta- textitisk	32,4		36	30,8	0,2						x	x		0,6							
CMT070004A	Leukokratisk granit	32,2	31,4	32,6	0,8	1,6						x		x						1,4	x	
CMT070004A+	Leukokratisk granit	35	30,8	30,6	1,2	0,8						x		x				0,2	1,4		x	Rutil
CMT070041A	Metagråvacka, glim- merik	x	x	x	45,6	21,6	1,2							0,4								Turmalin, Kv, Kf, och Pl utgör tillsammans 31,2 %.
DAN050153A	Melanokratisk, dia- textitisk migmatit	31,4	44,6	15,2	4,6	x	0,4		x			x	x	x					2,2	1,6	x	
GRS050048A	Metagråvacka, meta- textitisk	38,6		36,2	23,4	1,6						x	x		0,2						x	
GRS050048B	Rödöporfyr	nv	nv	nv	nv	nv	nv	nv	nv	nv	nv		nv	nv	nv							kaolin, mikrokin Porfyrisk: 72 % matrix och 28 % fenokristaler
GRS050077A	Melanokratisk, dia- textitisk migmatit	36,6	19,8	19	17,2	x							x		x			0,6	6,8		x	
GRS050149A	Rödöporfyr	nv	nv	nv	nv	nv	nv	nv	nv	nv	nv		nv	nv	nv						nv	Lermineral Porfyrisk: 65 % matrix och 35 % fenokristaler.
IVD050166A	Leukokratisk granit	25,2	33,4	33	3,8	0,2	0,6					x	x	x				3,4		0,4	x	
IVD050174A	Leukokratisk granit	25,8	47,2	18	x	3	1		0,2			x	x	0,2	x			x	4,6		x	
IVD050277A	Melanokratisk, dia- textitisk migmatit	31	5,6	35,4	21,8	6	x		x				x	x	0,2						x	
JGZ070083A	Diabas, medelkornig			73	0,2		x					x	x		1,4	13,2	12,2				x	Serpentin Pyroxen = Ti-augit, klorit- serpentin utgör 6%

Tabell 1. Forts.

Table 1. Cont.

Prov id	Bergartsenhet	Kv	Kf	Pl	Bt	Mu	Kl	Ep	Tit	K	Hbl	Ap	Z	Prh	opak	Ol	Px	Ga	Crd	S	Ser	Övrigt
Sample id	Rock unit	Qtz	Kfs	Plag	Bt	Ms	Chl	Ep	Ttn	Cal	Hbl	Ap	Zrn	Prh	opaque	Ol	Px	Grt	Crd	Sil	Ser	Other
JGZ070083A+	Diabas, medelkornig	0,2		64	0,2		1,2	0,2	x			0,2			2,2	22,2	9,6				x	Serpentin, talk Pyroxen = Ti-augit, klorit- serpentin utgör 6%
JGZ070097A	Metagråvacka, glim- merik	34,6	2,2	28,2	25,6	5,6	x	x	x	x			x		2,4				1,4		x	Okänt mineral – ev. tur- mallin
JGZ070102B	Pegmatitgranit	33	22,4	33	x	10,2	x	x	x	x			x		x			0,2		1,2	x	
JGZ070283A	Metagråvacka, meta- textitisk	33,8	1,6	36,8	27,6	x			x	x			x		0,2						x	Okänt mineral
JGZ080019A	Granit–granodiorit	32,6	23,4	35,8	6,4	1,8	x						x	x	x						x	
JGZ080038	Metagråvacka välbe- varad																					Inget tunnslip finns från lokalen
JGZ080054A	Granit–granodiorit	34,2	20,2	34,8	8,8	1,6	x	0,2	x			0,2	x		x						x	
JGZ080070A	Granodiorit–tonalit	20,4	19,4	38,8	19,6	0,4	0,4	0,2	x			x	x		0,8						x	Rutil
JGZ080099A	Leukokratisk–meso- kratisk, diatexitisk migmatit	35,4		35	24	2	2,6	0,8				0,2	x		x						x	
KAM070175A	Melanokratisk, dia- textitisk migmatit	35,4	14	33,2	7,6	1,2	4,8	2,4				0,4	x	1	x						x	
KAM070269A	Granit–granodiorit	37,2	20,4	23,6	2,2	13,8	1,4	0,2				0,4	x		0,8						x	Rutil
KPN050071A	Granit–granodiorit	31,2	24,4	38,8	4,2	1,2	0,2					x	x								x	
KPN050071B	Pegmatitgranit	27,4	43,2	21,8	0,4	4,4	0,4					x						2,2		0,2	x	
KPN060108A	Diabas, finkornig			59	1		1,6								8	12	17				x	Serpentin, pyroxen = Ti- augit
KPN060113A	Leukokratisk, diatexi- tisk migmatit	30,6	26,8	35	4,2	3						0,2	0,2							x	x	
KPN080116A	Granodiorit–tonalit	22	9,2	50	16,2	0,4	0,8	0,8	x	x		0,4	x	x	0,2						x	
MDE060011A	Leukokratisk–meso- kratisk, diatexitisk migmatit	30,8	18,4	36,8	6,2	6,8		0,2				0,2	0,2		0,4						x	
MDE060152A	Leukokratisk granit	31,4	18	36	8,2	5,6	0,2			x		0,2	0,2		0,2						x	
MDE060176A	Granit–granodiorit	32,2	29,2	26	6,8	4,8	0,2			x		0,2	0,4		0,2						x	
MDE060301A	Leukokratisk granit	24,8	39,6	31	1,4	0,8	x			x		0,4	0,4		0,4			0,4	0,8		x	
MDE070100A	Metagråvacka	43,4	6	26,8	22,8	0,2	0,4	0,2		0,2		x	x		x						x	
MDE070101A	Melanokratisk, dia- textitisk migmatit	38,4	5,6	22,6	21,6	9,6	0,2	x		x		x	x		x				2		x	
MDE070102A	Leukokratisk–meso- kratisk, diatexitisk migmatit	37,6	4,8	32,8	19,8	4,2	0,6	x	x			0,2	x		x						x	

Tabell 1. Forts.

Table 1. Cont.

Prov id	Bergartsenhet	Kv	Kf	Pl	Bt	Mu	Kl	Ep	Tit	K	Hbl	Ap	Z	Prh	opak	Ol	Px	Ga	Crd	S	Ser	Övrigt
Sample id	Rock unit	Qtz	Kfs	Plag	Bt	Ms	Chl	Ep	Ttn	Cal	Hbl	Ap	Zrn	Prh	opaque	Ol	Px	Grt	Crd	Sil	Ser	Other
MEK050001A	Melanokratisk, dia- textisk migmatit	29,2	26	23,4	10,2	0,2	x						x		0,4			x	10,6	x	x	
MEK050053A	Leukokratisk granit	26,2	37,4	26,8	4,2	0,8	x					x	x	x					4,6		x	
MEK050069A	Melanokratisk, dia- textisk migmatit	23,4	29,6	24	5,2	0,4	8,4			7,8			x	0,4	0,2						x	0,6 % av ev. nedbruten cordierit
MEK050100A	Melanokratisk, dia- textisk migmatit	37	3	35,8	23,2	0,4	x			x		x	x	x				0,2	0,4		x	
MEK050102A	Leukokratisk granit	30,4	38,8	23,4	5,4	0,8				x			x		x			x	0,2	1	x	
MEK050106A	Melanokratisk, dia- textisk migmatit	nv	nv	nv	nv	nv	nv		nv	nv			nv	nv	nv			nv	nv	nv	nv	
MEK060320A	Leukokratisk granit	32	30	30,2	5,8	0,8	0,2					0,4	0,2		0,2					0,2	x	
PDN0500041	Leukokratisk granit	33,6	31,8	23	4,6	0,4	x			x		0,2	0,4		0,6			2,4	2,4	0,6	x	Rutil
PDN050041A*	Leukokratisk granit	29,6	46,6	21,6	2,2	x	x						x	x							x	
PDN050117A	Granit–granodiorit	28,2	34,6	29,6	4,2	1,8						0,2	0,6		0,2					0,6	x	Rutil
PDN050117B	Pegmatit	nv	nv	nv	nv	nv	nv							nv	nv					nv	nv	Fe-hydroxid
PDN050183A (alt. ID PD- N050104A)	Granit–granodiorit	25,4	31,2	37,2	5	0,6	x						x	x	x			0,6			x	
PDN060031A	Granit–granodiorit	34	22	28,8	8,8	6,4	x	x				x	x		x						x	
RKN080068A	Granit–granodiorit	25,8	32,2	35	6,4	x	0,2	0,2	x			0,2	x		x						x	
RKN080133A	Granodiorit–tonalit	23,4	33	31,2	9	0,4	1,6	0,4				0,2	x	0,4	0,4						x	Porfyrisk, megakrister inräknade
TOB0500079A	Metagråvacka, meta- textisk	27,2	17,6	27,4	23		x					0,2	0,4		0,6				3,6		x	Fe-oxid? Rutil
TOB0500095A	Amfibolit			30,6			0,8	x		1,2	59,6	0,6		0,2	1,8		5,2				x	
TOB050126A	Leukokratisk granit	30	37,2	20,2	5	1,2	x						x		x			x	5	1,4	x	
TOB050194A	Pegmatit	nv	nv	nv	nv	nv							nv	nv	nv			nv		nv	nv	Fe-hydroxid
TOB050230A	Mesokratisk, diatexi- tisk migmatit	nv	nv	nv	nv	nv	nv						nv	nv	nv			nv	nv	nv	nv	
TOB050243A	Leukokratisk–meso- kratisk, diatexitisk migmatit	32,4	22,8	24,6	6,8	x	0,2						x		x			0,4	12,8	x	x	
TOB0600059A	Melanokratisk, dia- textisk migmatit	nv	nv	nv	nv	nv	nv		nv				nv	nv	nv						nv	
TOB060289A	Metagråvacka, meta- textisk	30,4		34,4	32							0,2	0,6		0,8			1,2		0,4	x	
TOB060289B	Pegmatit	nv	nv	nv	nv	nv	nv						nv	nv	nv					nv	nv	
TOB060292A	Diabas, finkornig		nv	51,8	0,4		6			0,2		0,2		11,4	10,8	19,2					x	Px = Ti-augit, klorit-serpen- tin utgör 6 %.

Tabell 1. Forts.

Table 1. Cont.

Prov id	Bergartsenhet	Kv	Kf	Pl	Bt	Mu	Kl	Ep	Tit	K	Hbl	Ap	Z	Prh	opak	Ol	Px	Ga	Crd	S	Ser	Övrigt
Sample id	Rock unit	Qtz	Kfs	Plag	Bt	Ms	Chl	Ep	Ttn	Cal	Hbl	Ap	Zrn	Prh	opaque Ol	Ol	Px	Grt	Crd	Sil	Ser	Other
TOB070035A	Melanokratisk, diatexitisk migmatit	40	4,6	36,8	16,2	1,8	x	x				x	x	x	0,6						x	
TOB070113A	Leukokratisk-mesokratisk, diatexitisk migmatit	32,4	15,8	28,6	21	1,2	0,6	x		x		x	x		0,4					x	x	Rutil
TOB070230A	Metagråvacka	42,8		31,2	22,8	0,8	1	1				0,2	x	0,2	x						x	
TOB070230A+	Metagråvacka	nv		nv	nv	nv						nv	nv		nv						nv	
TOB070236A	Metagråvacka, glimmerik	x	x	x	31,2	26,6		x				x	x		0,2						x	Turmalin? Kv + Kf utgör 42 %.
TOB070245A	Amfibolit			16	8				2,2	0,4	73,4	x		x	x						x	
TOB070264A	Diabas, medelkornig			53	0,4		1,4			x	0,4	0,2		x	4,8	0,6	38,8					Serpentin utgör 0,4 % Skapolit, Pyroxen = Ti-augit
TOB0800072A	Amfibolit	1,8		29,8			2,6				x	x									x	65,8 % cummingtonit + flogopit Rutil
TOB080154A	Granit-granodiorit	31,8	25,6	27,6	2,6	12	0,4			x					x						x	
TOB080166A	Metagråvacka	15,8		23,8	47	12,6						x	x		x							Turmalin utgör 0,8 %.
TOB080166B	Metagråvacka, glimmerik	nv		nv	nv		nv			nv	nv		nv		nv							
TOB080171A	Metagråvacka, glimmerik	35		30,2	34,8		x					x	x		x						x	
TOB080171B	Metagråvacka, glimmerik	nv		nv	nv	nv						nv	nv		nv					nv	nv	Andalusit, turmalin
TOB080172A	Metagråvacka, meta-texitisk	36	2	36,6	23,2	0,8	0,2	0,2		0,2		x	x		0,8						x	
TOB080173A	Leukokratisk-mesokratisk, diatexitisk migmatit	31,5	6,9	31,7	24,4	0,1							x		0,2			4,3	0,6	0,1	x	0,2 % utgörs av okänt mineral, pinnit

Tabell 2. Bergartsbeskrivning (fältbedömd) och en kortfattad beskrivning av mikrostrukturer och mikrotexturer av bergarter från kartområdet Sundsvall–Timrå–Härnösand. Beskrivningar av mikrostrukturer och texturer baseras på mikroskoping av tunnslip. Med korstorlek avses storleksintervallet för huvuddelen av de enskilda mineralkornen som bygger upp bergarten. Det dominerande korstorleksintervallet anges först. Det totala korstorleksintervallet anges inom parantes.

Bedrock description (based on field observations) and a short summary of observed microstructures and microtextures of rocks from the map area Sundsvall–Timrå–Härnösand. The description of the microstructures and textures are based on microscopic studies of thin-sections. 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. The total size-fraction is shown between brackets.

Prov id	Bergartsenhet	Bergartsbeskrivning (fältbedömning)	Mikrostrukturer och texturer	Korstorlek (mm) grundmassa (totalt) <i>Grain-size (mm) matrix (total)</i>
Sample id	Rock unit	Rock description	Microstructures and textures	
ARA070339A	Granit–granodiorit	Granit, fint medelkornig, ljust grå, svagt folierad.	Oregelbundna korngränser, sericitisering av plagioklaser, låg halt av mörka, mer duktila mineral.	0,5–3,0 (0,05–5,0)
CMT060008A	Diabas, medelkornig	Gabbro/Diabas, massformig, mörkt grön, medel- till grovkornig med pegmatitiska partier.	Plagioklaserna har dominerande raka korngögar, medan olivin och pyroxen har mer ojämna korngögar.	0,5–6,0 (0,02–8,0)
CMT0600012D	Melanokratisk, diatexitisk migmatit	Diatexitisk, granodioritisk, grå, massformig till svagt deformationad, glimmerstrimig, fältspatporfyrisk med restmaterial.	Kvartsen dominerar av oregelbundna korngränser, subkornbildning vanlig, mineralorientering definierad av både kvarts och biotit.	0,2–4,0 (0,03–10)
CMT0600018A	Melanokratisk, diatexitisk migmatit	Diatexitisk, grå, glimmerstrimig, fint medelkornig, ställvis biotitrik och något porfyrisk.	Svag parallellställning av mineral. Viss kompositionell bandning. Moderat halt av mikrosprickor. Sprickomvandlingar definierade av muskovit och kalcit. Oregelbundna, flikiga och pusslade korngögar.	0,1–7,0 (0,01–11)
CMT0600033A	Metagråvacka, välbevarad	Arenit, grå, finkornig, svagt folierad till massformig, ställvis breccierad av kvartsådror.	Dominerande oregelbundna korngögar, svagt parallellorienterad. Subkornbildning i kvarts.	0,1–0,4 (0,01–1,4)
CMT0600069A	Metatonalit	Metatonalit, mörkt grå, massformig, svagt deformationad, enklavförande.	Pusslade till oregelbundna korngögar. Subkornbildning, och viss nykornbildning i kvarts.	0,1–3,0 (0,1–4,0)
CMT0700001A	Metagråvacka, metatexitisk	Metatexitisk migmatitiserad gråvacka. Grå, folierad, porfyroblastisk, glimmerrik.	Stark mineralorientering, raka och runda korngränser.	0,2–1,5 (0,05–3,5)
CMT0700004A	Leukokratisk granit	Leukokratisk granit, cordierit- och sillimanitförande, ljust gråvit, medel- till grovkornig.	Variationer från oregelbundna till raka och runda korngögar. Hög halt av mikrosprickor. Viss mineralorientering. Mycket låg halt av glimmer.	0,5–3,0 (0,05–4,5)
CMT0700004A+	Leukokratisk granit	Se ovan	Se ovan	0,5–3,0 (0,05–4,5)
CMT0700041A	Metagråvacka, glimmerrik	Lerig till siltig metagråvacka. Blandprov med ca 50 % mycket finkornig, grå till svart sekvens och ca 50 % sandig-siltig, grå, finkornig gråvacka.	Stor andel runda och raka korngränser. Mycket hög glimmerhalt. Stark (skiffig) mineralorientering definierad av glimmermineral.	0,01–1
DAN050153A	Melanokratisk, diatexitisk migmatit	Migmatit, diatexitisk, ljust grå, medelkornig, fältspatporfyrisk, bandad, glimmerstrimig.	Oregelbundna korngränser, delvis pusslade och flikiga.	0,1–10 (0,001–10)
GRS0500048A	Metagråvacka, metatexitisk	Metatexitisk migmatitiserad metagråvacka, mörkt grå, gnejsig, veckad, folierad. Ådror av kvarts.	Dominerande oregelbundna korngögar. Subkornbildning i kvarts. Mineralorientering definierad av glimmer och kompositionell bandning.	0,2–2,0 (0,01–4,0)
GRS0500048B	Rödöporfyr	Subvulkanisk bergart, röd till grön, mycket finkornig, massformig, fältspat- och kvartsporfyrisk.	Hög omvandlingsgrad, omkristalliserad grundmassa.	0,01–0,1 (0,01–5,0)
GRS0500077A	Melanokratisk, diatexitisk migmatit	Migmatit, diatexitisk, mörkt grå till grå, massformig, porfyrisk, grovt medelkornig, ojämnkornig, något bandad.	Oregelbundna korngögar, delvis pusslade. Hög halt av mikrosprickor och viss korngögsomvandling.	0,05–5,0
GRS050149A	Rödöporfyr	Subvulkanisk bergart, röd, fältspatporfyrisk, massformig (Rödgång).	Omkristalliserad grundmassa, dominerande granofyrisk textur.	0,05–0,5 (0,05–7,0)

Tabell 2. Forts.
Table 2. Cont.

Provid	Bergartsenhet	Bergartsbeskrivning (fältbedömning)	Mikrostrukturer och texturer	Kornstorlek (mm) grundmassa (totalt) <i>Grain-size (mm) matrix (total)</i>
Sample id	Rock unit	Rock description	Microstructures and textures	
IVD050166A	Leukokratiske granit	Leukokratiske granit. Just vitgrå, medelkornig, svagt folierad, ställvis något pegmatitisk, biotitstrimmig, med fläckar av cordierit.	Moderat till hög halt av mikrosprickor. Sprick- och kornfogsomvandling definierad av glimmer. Oregelbundna kornfogar dominerar, men raka och runda förekommer. Kvarts med undulös utsläckning, måttligt med subkornbildning. Omkristalliserad. Parallellorientering av mineral.	0,1–7,0 (0,1–10)
IVD050174A	Leukokratiske granit	Leukokratiske granit. Just grå, biotitstrimmig, folierad, medelkornig med 0,5–1 cm stora, rundade fältspatfenokrister.	Måttligt till hög halt av mikrosprickor, oregelbundna, flikiga till pusslade kornfogar, mycket metamorft omvandlad (Bt + Cld bryts ner till muskovit), subkornbildning.	0,02–5,0 (0,02–8,0)
IVD050277A	Melanokratiske, diatexitisk migmatit	Migmatit, diatexitisk. Medelkornig, ojämnkornig, fältspatporfyrisk, massformig till gnejsig. Bergarten kan jämföras med TOB060059. Mer massformigt avsnitt av berget provtaget.	Domineras av oregelbundna kornfogar, underordnat finns pussliga och flikiga kornfogar, undulös utsläckning i kvarts, viss subkornbildning. Moderat halt av mikrosprickor. Sprickomvandling definierad av glimmer och kalцит.	0,1–2,0 (0,1–7,0)
JGZ070083A	Diabas, medelkornig	Gabbro, grovt medelkornig, vit till svart, massformig.	Ojämnkornig. Oftast textur. Hög sprickhalt. Något avrundade och raka korngränser.	1,0–4,0 (0,1–7,0)
JGZ070083A+	Diabas, medelkornig	Se ovan	Se ovan	1,0–5,0 (0,1–10)
JGZ070097A	Metagråvacka, glimmerrik	Metagråvacka, finkornig, grå, homogen, något folierad, glimmerrik.	Oregelbundna kornfogar dominerar, men även raka och runda kornfogar är vanliga. Hög glimmerhalt i kombination med planparallellisering av mineral ger svaghetsplan.	0,2–0,5 (0,05–1,4)
JGZ070102B	Pegmatitgranit	Grovkornig till ställvis fint medelkornig, massformig, just röd pegmatitgranit, muskovitförande, Blandprov vad avser kornstorlek.	Oregelbundna till raka och runda kornfogar. Undulös utsläckning av kvarts samt subkornbildning är vanligt. Moderat halt av mikrosprickor.	0,5–4,0 (0,05–7,0)
JGZ070283A	Metagråvacka, metatexitisk	Starkt ådrad och folierad metagråvacka (Metatexitisk migmatit).	Oregelbundna till raka och runda kornfogar. Undulös utsläckning av kvarts samt subkornbildning förekommer. Bergarten har glidytor och sprickplan parallellt med foliationen, vilket försämrar de tekniska egenskaperna. Kornstorleksförgrövnig p.g.a. omkristallisering ger också negativa effekter.	0,1–0,8 (0,02–4,7)
JGZ080019A	Granit-granodiorit	Folierad, fin- till medelkornig granit.	Oregelbundna kornfogar dominerar, även vanligt med pusslade kornfogar. Subkornbildning i kvarts samt nykornbildning är vanligt. Glimmer är jämnt fördelat i slipet. Deformation med resulterande omkristallisation och kornstorleksförminskning har positiv effekt på de tekniska egenskaperna.	1,0–3,0 (0,03–4,3)
JGZ080038A	Metagråvacka, välbevarad	Metagråvacka, finkornig, grå, homogen, uppvisar lagringsstrukturer såsom graderad skiktning.	Ingen uppgift	finkornig
JGZ080054A	Granit-granodiorit	Svagt folierad granit med pegmatitiska partier.	Dominerande oregelbundna kornfogar. Dynamisk omkristallisation längs kornkanter samt kornstorleksförminskning ger positiv effekt på tekniska egenskaper. Väl fördelad glimmer. Närvaro av myrmekitter kan ha armerande effekt. Mineralorientering kan skapa svaghetsytor.	0,5–3,0 (0,03–8,0)
JGZ080070A	Granodiorit-tonalit	Porfyrisk granodiorit. Medelkornig matrix med fenokrister upp till 5 cm långa.	Dominerande oregelbundna kornfogar i grundmassan. Subkornbildning i kvarts är vanlig, nykornbildning förekommer underordnat. De större fenokristerna har raka, enkla kornfogar.	0,5–6,0 (0,03–12)
JGZ080099A	Leukokratiske-mesokratiske, diatexitisk migmatit	Grå, glimmerstrimmig/schlierenförande, gnejsig diatexitisk migmatit (kraftigt migmatitiserad gråvacka).	Dominerande oregelbundna kornfogar, även vanligt med raka och runda kornfogar. Subkornbildning förekommer samt en del undulös utsläckning i kvarts. Parallellorientering av glimmer i schlierenstrukturer kan agera som svaghetsplan.	0,6–3,0 (0,03–5,0)

Tabell 2. Forts.
Table 2. Cont.

Prov id	Bergartsenhet	Bergartsbeskrivning (fältbedömning)	Mikrostrukturer och texturer	Kornstorlek (mm) grundmassa (totalt) <i>Grain-size (mm) matrix (total)</i>
Sample id	Rock unit	Rock description	<i>Microstructures and textures</i>	
KAM070175A	Melanokratisk, diatexitisk migmatit	Diatexitisk migmatit, medelkornig, grå till mörkt grå, massformig, med enstaka restit av metagråvacka.	Dominerande oregelbundna kornfogar, raka och runda kornfogar förekommer. Plagioklaserna är jämnt sericitiserade vilket kan ha förstärkande effekt. Hög glimmerhalt, men jämn fördelning av glimmer. Moderat halt av mikrosprickor.	1,0–4,0 (0,1–10)
KAM070269A	Granit–granodiorit	Ljus, massformig, medel- till grovt medelkornig, porfyrisk granit.	Grundmassan har dominerande oregelbundna och flikiga korngränser. Glimmerhalten är låg men jämnt fördelad i bergarten. Grov grundmassa och raka kornfogar hos de större fenokristerna försämrar de tekniska egenskaperna. Moderat till hög halt av mikrosprickor.	0,5–3,0 (0,1–7,0)
KPN050071A	Granit–granodiorit	Granit, just grå, finkornig, massformig till folierad, ojämnkornig och pegmatitisk.	Dominerande oregelbundna kornfogar, men även raka och runda förekommer. Subkornsbildning i kvarts är vanligt och nykornsbildning förekommer. Låg till moderat halt av mikrosprickor.	0,1–0,5 (0,01–6,0)
KPN050071B	Pegmatitgranit	Pegmatitisk gång eller parti i mer "Härnögranitisk" miljö, just gråvit, grov- till medelkornig, massformig, granat-, muskovit- och sillimanitföroande.	Dominerande oregelbundna kornfogar, raka och runda kornfogar förekommer lokalt. Subkornsbildning i kvarts är vanlig, undulös utsläckning och nykornsbildning förekommer lokalt. Hög halt av mikrosprickor.	0,1–6,0 (0,01–15)
KPN060108A	Diabas, finkornig	Diabas, mörkt grå till svart, finkornig till fint medelkornig, massformig.	Ofitisk textur. Jämnkornig. Låg till moderat halt av mikrosprickor.	0,1–1,0 (0,05–2,0)
KPN060113A	Leukokratisk, diatexitisk migmatit	Leukokratisk, diatexitisk migmatit, glimmerstrimmig, medelkornig.	Glimmermineral ojämnt fördelade och parallellorienterade till svaghetsplan. Dominerande oregelbundna kornfogar men även raka och enkla kornfogar förekommer. Subkornsbildning i kvarts är vanligt. Begränsad nykornsbildning av kvarts. Moderat till hög halt av mikrosprickor.	0,1–3,5 (0,01–4,5)
KPN080116A	Granodiorit-tonalit	Medelkornig, massformig, något porfyrisk granodiorit.	Nykornsbildning av kvarts och plagioklas ger kornstorleksförminskning. Vål fördelad glimmer. Sericitisering av plagioklas kan ge armerande egenskaper. Begränsad mikrosprickbildning. Vissa korngränser är raka och runda (lokalt).	0,5–3,0 (0,01–6,0)
MDE060011A	Leukokratisk-mesokratisk, diatexitisk migmatit	Migmatit, diatexitisk, just grå, medelkornig, något biotitstrimmig, granitisk till granodioritisk.	Dominerande oregelbundna kornfogar, lokalt förekommer runda kornfogar. Oregelbundet utvecklad subkornsbildning och nykornsbildning av kvarts. Moderat till hög halt av mikrosprickor.	0,1–3,5 (0,01–7,0)
MDE060152A	Leukokratisk granit	Leukogranit, just grå, medelkornig, svagt porfyrisk, massformig till svagt folierad.	Raka och enkla korngränser även om de har något oregelbunden karaktär. Obefintlig nykornsbildning av kvarts. Subkornsbildning av kvarts förekommer. Glimmer jämnt fördelad i slipet. Moderat till hög halt av mikrosprickor.	0,1–5,0 (0,03–10)
MDE060176A	Granit–granodiorit	Granit, grå, medelkornig, porfyrisk, massformig. Större strökor av plagioklas och kalifältspat.	Omfattande nykornsbildning och kornstorleksförminskning (kvarts). Oregelbundna kornfogar. Raka och runda kornfogar mellan nybildade korn. Jämn fördelning av glimmermineral. Moderat till hög halt av mikrosprickor fyllda med svaga mineralfaser (glimmer/kalcit).	0,1–3,0 (0,01–5,5)
MDE060301A	Leukokratisk granit	Leukogranit, gråvit, medelkornig, ojämnkornig, biotitstrimmig, granat- och sillimanitföroande.	Glimmermineral ojämnt fördelade. Många raka och runda korngränser. Grov-korniga partier med avsaknad av de mer duktila glimmermineralen. Hög halt av mikrosprickor.	0,3–3,0 (0,01–4,8)
MDE070100A	Metagråvacka	Finkornig, grå, homogen, "sandig" gråvacka med enstaka glimmerhorisonter.	Dominerande oregelbundna korngränser. Raka, runda och pusslade korngränser förekommer. Kvartsen är utsatt för dynamisk omkristallisering. Glimmerrik. Tydlig parallellorientering. Låg halt av mikrosprickor.	0,1–0,7 (0,02–1,5)
MDE070101A	Melanokratisk, diatexitisk migmatit	Migmatit, diatexitisk, granodioritisk, grå, ställvis biotitstrimmig, massformig, något porfyrisk.	Dominerande oregelbundna kornfogar, men även raka och runda kornfogar är vanliga. Subkornsbildning i kvarts är vanlig. Glimmer är ej spridd i slipet utan förekommer stråkvis. Större nytillväxta kvartsporfyroblaster förekommer.	0,7–5,0 (0,2–10)

Tabell 2. Forts.
Table 2. Cont.

Pro vid	Bergartsenhet	Bergartsbeskrivning (fältbedömning)	Mikrostrukturer och texturer		Kornstorlek (mm)
Sample id	Rock unit	Rock description	Microstructures and textures		Grain-size (mm)
					matrix (total)
MDE070102A	Leukokratisk-mesokratisk, diatexitisk migmatit	Migmatit, diatexitisk-metatektisk, granitisk-granodioritisk, något porfyrisk, ljus grå till grå, massformig till svagt folierad.	Raka och avrundade korngogar är vanliga. Även oregelbundna korngogar förekommer. Glimmermineral är spridda i slipet. Parallellorienterad struktur med utdragna mineralaggregat. Nykornsbildning med kornstorleksförminskning. Subkornsbildning i kvarts vanlig. Moderat halt av mikrosprickor.		0,2–4,0 (0,01–11)
MEK050001A	Melanokratisk, diatexitisk migmatit	Migmatit, diatexitisk, grå till mörkt grå, massformig, porfyrisk (fältspater, 1–4 cm), grovt medelkornig till medelkornig, granatförande.	Dominerande oregelbundna korngogar. Pusslade förekommer lokalt. Omkristallisering av kvarts och fältspat. Parallellorientering definierad av utdragna aggregat samt ojämn mineralfördelning. Subkornsbildning och undulös utsläckning i kvarts. Moderat halt av mikrosprickor. Omvandling längs sprickplan vanlig, definierad av glimmer/kvarts.		(0,1–8,0)
MEK0500053A	Leukokratisk granit	Leukogranit, ljus grå, medelkornig, granat- och cordieritförande, ställvis gnejsig.	Raka och runda korngogar dominerar. Oregelbundna korngogar förekommer. Hög halt av mikrosprickor. Parallellorientering av mineral. Ojämn fördelning av glimmermineral i slipet. Undulös utsläckning av kvarts vanlig. Subkornsbildning förekommer.		(0,1–4,0)
MEK0500069A	Melanokratisk, diatexitisk migmatit	Migmatit, diatexitisk, grå, medelkornig till grovt medelkornig, ojämnkornig, fältspatporfyrisk, glimmerstrimmig, granatförande och ställvis metatektiska (bandade) inslag.	Dominerande oregelbundna korngogar. Undulös utsläckning och subkornsbildning i kvarts. Hög omvandlingsgrad med kalcit, klorit, biotit och muskovit. Kalcitomvandling längs sprickplan.		0,1–8,0 (0,01–8,0)
MEK050100A	Melanokratisk, diatexitisk migmatit	Migmatit, diatexitisk, mörkt grå, fint medelkornig till medelkornig, plagioklasporfyrisk, massformig. Ställvis något bandad.	Dominerande oregelbundna korngogar. Undulös utsläckning och subkornsbildning i kvarts vanlig. Låg till moderat förekomst av mikrosprickor.		0,1–2,0 (0,1–4,0)
MEK050102A	Leukokratisk granit	Leukogranit, grå till vit, fint medelkornig, ojämnkornig, biotitstrimmig.	Parallellorientering av mineral och aggregat. Ojämn fördelning av glimmermineral. Hög halt av mikrosprickor. Sprick- och korngogsvanlingar med glimmer. Oregelbundna korngogar dominerar. Undulös utsläckning och subkornsbildning i kvarts.		0,01–3,0 (0,01–5,0)
MEK050106A	Melanokratisk, diatexitisk migmatit	Granodioritisk migmatit, grå till ljus grå, medelkornig, bandad/folierad.	Parallellorientering av mineral och aggregat samt kvartsådror. Låg till moderat halt av mikrosprickor. Viss förekomst av glimmeromvandling längs sprickorna. Subkornsbildning och undulös utsläckning i kvartsen. Dominans av oregelbundna korngogar.		0,1–5,0 (0,1–10)
MEK060320A	Leukokratisk granit	Leukogranit, ljus grå, medel- till grovt medelkornig, ojämnkornig, med ställvis tydlig foliation/glimmerstrimighet, granatförande.	Oregelbundna korngogar dominerar men även raka och enkla korngogar förekommer. Hög halt av mikrosprickor. Ojämn fördelning av glimmer. Porfyroblastar som är 5–10 mm stora. Subkornsbildning i kvarts. Underordnat förekommer undulös utsläckning och nykornsbildning i kvarts.		0,3–4,0 (0,02–10)
PDN0500041A	Leukokratisk granit	Leukogranit, gulvitgrå, medelkornig, granatförande, svagt folierad till ställvis massformig, vit på vitträd yta.	Dominerande oregelbundna korngogar. Subkornsbildning i kvarts. Hög grad av mikrosprickor. Glimmer, Fe-hydroxid samt opaka mineralfaser förekommer som sprick- och korngogsvandringar.		0,1–5,0 (0,1–10)
PDN0500041A*	Leukokratisk granit	Se ovan	Dominerande oregelbundna korngogar. Lokalt runda korngogar. Subkornsbildning i kvarts och viss undulös utsläckning. Moderat till hög halt av mikrosprickor. Glimmer och ev. även kalcit längs sprickplanen. Större porfyroblastar, 4–7 mm stora.		0,1–4,0 (0,01–7,0)
PDN050117A	Granit-granodiorit	Granit, ljus grå, medelkornig, folierad till massformig.	Dominerande oregelbundna korngogar. Lokalt runda och raka korngogar. Subkornsbildning och till en del undulös utsläckning i kvarts. Moderat halt av mikrosprickor.		0,2–3,0 (0,02–5,0)

Tabell 2. Forts.
Table 2. Cont.

Prov id	Bergartsenhet	Bergartsbeskrivning (fältbedömning)	Mikrostrukturer och texturer	Kornstorlek (mm) grundmassa (totalt) <i>Grain-size (mm) matrix (total)</i>
Sample id	Rock unit	Rock description	<i>Microstructures and textures</i>	
PDN050117B	pegmatit	Pegmatitgång, röd, grovkornig till ställvis medelkornig, massformig.	Dominerande oregelbundna kornfogar. Viss subkornbildning och undulös utsläckning i kvarts. Hög halt av mikrosprickor. Sprick- och kornfogsomvandling definierad av Fe-hydroxid, opaka mineralfaser och glimmer.	(0,2–15)
PDN050183A (alt. ID PD- N050104A)	Granit–granodiorit	Ljust grå, fint medelkornig till medelkornig, porfyrisk, massformig till folierad, granatförande granit.	Dominerande oregelbundna kornfogar. Runda kornfogar förekommer. Subkornsbildning i kvartsen. Parallellorientering av mineral. Moderat till hög halt av mikrosprickor. Hög grad av sprick- och kornfogsomvandling definierade av glimmer och opaka mineral.	(0,1–13)
PDN060031A	Granit–granodiorit	Järnkornig, medelkornig, folierad (protomylonitisk) granit.	Parallellisering definierad av mineralorientering och utdragna mineralaggregat. Dynamiskt omkristalliserad med betydande kornstorleksförminskning. Liten till moderat halt av mikrosprickor. Oregelbundna kornfogar dominerar, men raka, runda samt pusslade förekommer lokalt.	0,3–2,5 (0,01–4,5)
RKN080068A	Granit–granodiorit	Ljus, massformig granit med strökorn av Kalifältspat.	Låg till moderat halt av mikrosprickor. Moderat halt av sprick- och kornfogsomvandling (glimmer). Dominerande oregelbundna kornfogar, men även vanligt med raka och runda. Plagioklasens sericitisering kan ha armerande effekt. Glimmer väl fördelat i slipet. Viss nykornsbildning av kvarts längs korngränser. Vanligt med subkornbildning och undulös utsläckning i kvarts.	1,0–3,0 (0,05–7,5)
RKN080133A	Granodiorit–tonalit	Medelkornig granodiorit, folierad, porfyrisk grå. Fenokristler upp till 22 mm långa.	Svagt parallellorienterade fenokristler. Liten till moderat utveckling av mikrosprickor. Dominerande oregelbundna kornfogar. Runda och raka kornfogar förekommer lokalt. Nykornsbildning längs kornkanter. Viss subkornbildning och undulös utsläckning av kvartsen. Sericitisering av plagioklas kan ge armerande effekt.	0,5–2,0 (0,05–22)
RKN080135A	Granit–granodiorit	Massformig till folierad, grå, porfyrisk granit.	Överlag oregelbundna kornfogar. Lokalt finns nykornbildning. Subkornsbildning är vanlig. Muskovit längs plagioklasens spaltningytor. Sericitisering förekommer och kan ge viss armerande effekt. Låg halt av mikrosprickor.	2,0–5,0 (0,1–7,0)
TOB0500079A	Metagråvacka, metatexitisk	Metatexitisk migmatit av gråvackeprotolit, grå, finkornig, folierad, ådrad (sedimentådergnejs).	Parallellorientering av mineral och aggregat. Låg halt av mikrosprickor. Dominerande raka och runda kornfogar. Lokalt oregelbundna kornfogar. Vanligt med undulös utsläckning i kvarts. Lokalt förekommer subkornsbildning och nykornsbildning.	0,1–1,1 (0,01–1,9)
TOB0500095A	Amfibolit	Amfibolit, finkornig, mörkt grå.	Parallellorientering definierad av mineralorientering och kompositionell bandning. Liten till moderat halt av mikrosprickor. Två skjuvplan observerade i slipet.	0,07–0,6 (0,03–1,7)
TOB050126A	Leukokratisk granit	Leukogranit, vitgrå, medelkornig, svagt folierad, mycket ojämnkornig, pegmatitiska partier.	Oregelbunden parallellorientering definierad av mineral- och aggregatorientering. Låg halt av mikrosprickor. Generellt oregelbundna kornfogar. Pinitiserad cordierit. Låg till måttlig grad av undulös utsläckning och subkornbildning i kvarts.	(0,1–8,0)
TOB050194A	Pegmatit	Pegmatitgranit, ljust röd-rosa, medel- till grovkornig, svagt folierad, ojämnkornig.	Dominerande oregelbundna, flikiga och smått pusslade kornfogar. Lokalt raka kornfogar. Intern stress i kvarts varierar och undulös utsläckning, subkornsbildning och nykornsbildning förekommer. Hög halt av mikrosprickor. Moderat till hög halt av sprick- och kornfogsomvandling definierad av Fe-hydroxid och glimmer. Oregelbunden parallellorientering av mineral och aggregat. Sericitomvandlade stråk.	(0,01–15)

Tabell 2. Forts.
Table 2. Cont.

Pro vid	Bergartsenhet	Bergartsbeskrivning (fältbedömning)	Mikrostrukturer och texturer	Kornstorlek (mm) grundmassa (totalt) <i>Grain-size (mm) matrix (total)</i>
Sample id	Rock unit	Rock description	Microstructures and textures	
TOB050230A	Mesokratisk, diatexitisk migmatit	Migmatit, diatexitisk, mörkgrå till grå, medel- till grovt medelkornig, massformig till ställvis bandad, ställvis mer porfyrisk.	Parallellorientering definierad av mineral- och aggregatorientering. Moderat till hög halt av mikrosprickor. Hög grad av sprick- och kornfogsomvandling definierad av muskovit och kalcit. Oregelbundna kornfogar dominerar. Flikiga kornfogar förekommer. Subkornbildning i kvarts förekommer, underordnat även undulös utsläckning och nykornsbildning.	(0,1–18)
TOB050243A	Leukokratisk–mesokratisk, diatexitisk migmatit	Grå, gnejsig, granodioritisk diatexitisk migmatit	Svag parallellisering definierad av mineral- och aggregatorientering. Moderat till hög halt av mikrosprickor. Generellt oregelbundna kornfogar. Subkornbildning i kvarts vanlig. Resorberade granater, pinitiserad cordierit.	0,1–5,0 (0,1–7,0)
TOB060059A	Melanokratisk, diatexitisk migmatit	Diatexitisk migmatit, grå, fint medelkornig, något porfyrisk, ställvis biotitrik.	Parallellorientering definierad av orienterade mineral, utdragna aggregat och glidytor. Låg halt av mikrosprickor. Subkornbildning samt undulös utsläckning i kvarts.	0,5–10 (0,1–22)
TOB060289A	Metagråvacka, metatexitisk	Metatexitisk migmatit med gråvacka som protolit (sedimentådergnejs), grå, folierad och veckad, finkornig, ådrad.	Parallellisering definierad av utdragna aggregat och mineralorientering. Låg halt av mikrosprickor. Kvartsläkta sprickor i slipet. Dominerande oregelbundna kornfogar. Lokalt runda och raka kornfogar. Subkornbildning i kvarts är vanlig. Nykornsbildning förekommer men är oregelbundet utvecklad. Undulös utsläckning i kvarts förekommer lokalt.	0,08–0,7 (0,01–1,0)
TOB060289B	Pegmatit	Pegmatit, ljust rödgrå, fin- till grovkornig, massformig till svagt deformerad.	Parallellorientering definierad av orienterade mineral, utdragna aggregat, glidytor och deformationstråk. Hög halt av mikrosprickor. Sprick- och kornfogsutsläckning definierad av kalcit. Dominans av oregelbundna kornfogar. Även flikiga kornfogar förekommer. Subkornbildning i kvarts.	0,05–10 (0,01–18)
TOB060292A	Diabas, finkornig	Diabas, mörkt grå till svart, finkornig till fint medelkornig, svagt pelarförklyftad, stenbrott.	Ofärdig textur. Obefintlig omkristallisering. Moderat till hög halt av mikrosprickor. Moderat sprick- och kornfogsomvandling definierad av glimmer och kalcit.	0,1–4,0 (0,04–7,7)
TOB070035A	Melanokratisk, diatexitisk migmatit	Diatexitisk migmatit, medelkornig, porfyrisk till ojämnkornig, granodioritisk till tonalitisk, massformig.	Dominerande oregelbundna kornfogar, men även vanligt med raka. Lokalt förekommer flikiga kornfogar. Mycket vanligt med subkornbildningar i kvarts. Nykornsbildning och undulös utsläckning i kvarts förekommer. Moderat till hög halt av mikrosprickor. Hög grad av sprick- och kornfogsomvandlingar definierade av glimmer. Det finns större porfyroblaster av fältspat med raka kornfogar.	1,0–4,0 (0,05–8,0)
TOB070113A	Leukokratisk–mesokratisk, diatexitisk migmatit	Migmatit, granitisk, diatexitisk–metatexitisk, med stark neosombildning. Medelkornig, ljus grå till vitgrå, rik på glimmerstrimmor/schlieren.	Varierad grad av parallellorientering av mineral och aggregat. Mörka, duktila mineral är ojämnt fördelade i slipet. Moderat till hög halt av mikrosprickor och sprick- och kornfogsomvandlingar. Omvandling definierad av glimmer. Dominerande oregelbundna kornfogar men även vanligt med raka och runda kornfogar. Subkornsbildning i kvarts är vanlig.	0,5–4,0 (0,01–7,0)
TOB070230A	Metagråvacka	Gråvacka (meta), finkornig, grå, folierad, ställvis med inlagringar/band, något kvartsådrad.	Parallellorientering definierad av orienterade mineral och aggregat. Låg till moderat halt av mikrosprickor. Låg grad av sprick- och kornfogsomvandlingar (ev. definierad av glimmer). Genomgående läkta sprickor förekommer. Raka och runda kornfogar dominerar även om oregelbundna kornfogar också är vanliga. Subkornsbildning i kvarts är vanlig.	0,1–0,8 (0,02–1,6)
TOB070230A+	Metagråvacka	Se ovan	Parallellorientering definierad av orientering av mineral och utdragna aggregat. Moderat till hög halt av spröda mikrosprickor. Sprick- och kornfogsomvandlingar definierade av muskovit och kalcit. Dominans av oregelbundna kornfogar. Flikiga kornfogar förekommer. Subkornsbildning och undulös utsläckning i kvarts relativt vanligt. Nykornsbildning förekommer lokalt.	0,1–0,5 (0,01–1,5)

Tabell 2. Forts.
Table 2. Cont.

Prov id	Bergartsenhet	Bergartsbeskrivning (fältbedömning)	Mikrostrukturer och texturer	Kornstorlek (mm) grundmassa (totalt) <i>Grain-size (mm) matrix (total)</i>
Sample id	Rock unit	Rock description	Microstructures and textures	
TOB070236A	Metagråvacka, glimmerrik	Kvartsbreccierad, finkornig, grå, folierad metagråvacka.	Parallellorientering definierad av orientering av mineral och utdragna aggregat. Låg halt av mikrosprickor. Genomgående, kvartslika sprickor. Dominerande raka och runda kornfogar, men även vanligt med oregelbundna kornfogar. Vanligt med undulös utsläckning i kvarts och viss subkornbildning i kvarts förekommer.	0,3–1,5 (0,02–2,2)
TOB070245A	Amfibolit	Amfibolit, medelkornig, massformig, grön-svart.	Låg halt av mikrosprickor och mycket begränsad sprick- och kornfogsomvandling (glimmer, ev. kalcit). Fältspater har omkristalliserats, vilket lett till kornstorleksförminskning och troligen en förbättring av de tekniska egenskaperna. Dock dominerar raka och runda kornfogar i slipet.	0,1–1,0 (0,02–1,7)
TOB070264A	Diabas, medelkornig	Gabbro, medelkornig till grovt medelkornig, vit–svart, något ojämnkornig, massformig.	Hög halt av mikrosprickor. Moderat grad av sprick- och kornfogsomvandlingar definierade av glimmer, kalcit (?), serpentin (i olivin). Oftisk textur (armerande effekt). Många raka och avrundade korngränser.	1,0–4,0 (0,1–15)
TOB080072A	Amfibolit	Noritisk, medelkornig, massformig, amfibolit.	Oftisk textur. Låg halt av mikrosprickor och låg grad av sprick- och kornfogsomvandlingar (ev. kalcit). Det finns både oregelbundna och raka korngränser. Tvillingbildningen i cummingtonit kan ge sämre tekniska egenskaper.	0,5–1,5 (0,05–2,3)
TOB080154A	Granit–granodiorit	Massformig, medelkornig, granit.	Låg halt av mikrosprickor och begränsad sprick- och kornfogsomvandling definierad av glimmer. Dominerande oregelbundna och flikiga kornfogar. Endast lokalt förekommer raka och runda kornfogar. Det finns nykornsbildning och kornstorleksförminskningar längs kornkanter. Sericitisering av plagioklasen kan ge armerande effekter. Ojämnkornig. Muskovit har växt till längs spaltningssytor på plagioklasen.	0,5–2,5 (0,03–5,3)
TOB080166A	Metagråvacka	Massiv, arenitisk metagråvacka. Dock stänglig.	Parallellorientering definierad av orientering av mineral samt svagt utvecklad kompositionell bandning. Det finns turmalinkrystaller jämnt fördelade i slipet. Raka och runda kornfogar dominerar. Undulös utsläckning i kvarts är vanlig. Subkornbildning i kvarts är begränsad. Kvartsådror kan försämma tekniska egenskaper. Låg halt av mikrosprickor.	0,1–0,3 (0,01–0,5)
TOB080166B	Metagråvacka, glimmerrik	Hornbländeförande, amfibolitiserat, pelitiskt parti i metagråvacka.	Parallellorienterade mineral samt kompositionell bandning. Låg halt av mikrosprickor. Hög grad av sprick- och kornfogsomvandling (kalcit, hornblände). Dominerande raka och runda kornfogar, även vanligt med oregelbundna kornfogar. Undulös utsläckning i kvarts är vanlig. Marginell förekomst av subkornbildning.	mycket finkornig till finkornig
TOB080171A	Metagråvacka, glimmerrik	Lagrad huvudsakligen arenitisk metagråvacka med uppvissad graderad skiktning.	Viss parallellorientering av mineral. Låg halt av mikrosprickor. Dominerande runda och raka kornfogar. Vanligt med undulös utsläckning i kvarts samt viss subkornbildning.	0,1–0,5 (0,01–1,4)
TOB080171B	Metagråvacka, glimmerrik	Pelitisk metagråvacka.	Parallellorienterade mineral och aggregat. Låg halt av mikrosprickor. Porfyroblaster av andalusit. Dominerande raka kornfogar, även vanligt med runda kornfogar.	(0,01–6,2)

Tabell 2. Forts.
Table 2. Cont.

Prov id	Bergartsenhet	Bergartsbeskrivning (fältbedömning)	Mikrostrukturer och texturer	Kornstorlek (mm) grundmassa (totalt)
Sample id	Rock unit	Rock description	Microstructures and textures	Grain-size (mm) matrix (total)
TOB080172A	Metagråvacka, metatexititisk	Metatexititisk, migmatitiserad metagråvacka (sedimentådergnejs).	Hög grad av parallellorientering av mineral samt kompositionell bandning. Moderat halt av mikrosprickor med hög grad av sprick- och kornfogomvandlingar (glimmer, kalcit). Genomgående sprickor läkta av opaka mineral, kalcit och epidot. Oregelbundna kornfogor dominerar, även vanligt med raka och runda kornfogor. Subkornbildning samt undulös utsläckning i kvarts är vanligt förekommande. Statisk omkristallisering med kornstorleksförstoring kan ge negativa effekter på tekniska egenskaper.	(0.05–2,0)
TOB080173A	Leukokratisk–mesokratisk, diatexititisk migmatit	Granitisk, diatexititisk migmatit. Granat-, sillimanit- och cordieritförande.	Svag parallellisering definierad av mineral- och aggregatorientering. Låg till moderat halt av mikrosprickor. Vanligt med sprick- och kornfogomvandling (glimmer). Porfyroblastisk. Dominerande raka och runda kornfogor, även pusslade och oregelbundna kornfogor förekommer. Vanligt med subkornbildningar och undulös utsläckning i kvarts. Hög granathalt med upp till 5 mm stora korn. Pinitiserad cordierit.	1,0–5,0 (0.05–10)

Tabell 3. Tekniska analysvärden och användbarhetsklassificering av prover från Sundsvall–Timrå–Härnösand för väg, järnväg och betong (se text). ρ_s = korndensitet, A_N = kulkvarnsvärde, LA = Los Angelesvärde, M_{DE} = micro-Devalvärde, RA = radiumindex, m_γ = aktivitetsindex, och ASR = alkaliskareaktivitet. Med bergartsenhetera granit–granodiorit, granodiorit–tonalit, leukokratisk granit och pegmatiter avses syn- till senorogena granitoider.

Technical analyses and classification of samples from the map area of Sundsvall–Timrå–Härnösand for pavement constructions (mainly wearing courses), as railway trackbed ballast, and as concrete ballast. ρ_s = particle density, A_N = studded tyre test value, LA = Los Angeles value, M_{DE} = micro-Deval value, RA = radium index, m_γ = activity index, and ASR = alkali silica reactivity. The rock units granite-granodiorite, granodiorite-tonalite, leucogranites and pegmatites refer to syn- to late orogenic granitoids.

Prov id	Bergartsenhet	N–S koordinat		ρ_s (g/cm ³)	A_N %	LA %	M_{DE} %	RA	m_γ	ASR	Bergkvalitetsklassning		
		O–V koordinat	E–W koordinat								Väg	Järnväg	Betong
Sample id	Rock units	N–S coordinate		ρ_s (g/cm ³)	A_N %	LA %	M_{DE} %	RA	m_γ	ASR	Rock quality classification		
											Road	Railway	Concrete
ARA070339A	Granit–granodiorit	6942017	1596411	2,63	9,9	26,9	6,1	0,3	1,0	I	1	1	1
CMT060008A	Diabas, medelkornig	6940275	1597973	2,98	13,5	22,0	9,9	0,0	0,1		2	1	3
CMT060012A	Melanokratisk, diatexitisk migmatit	6932789	1578766	2,69	15,7	29,6	10,1	0,4	0,8	II	2	2,5	2
CMT060018A	Mesokratisk, diatexitisk migmatit	6930879	1577086	2,66	13,1	23,4	7,9	0,4	0,9		2	2	
CMT060033A	Metagråvacka	6934722	1582999	2,68	8,1	12,0	5,6	0,4	1,1	II	1	2	2
CMT060069A	Metatonalit	6935317	1574953	2,79	14,6	21,2	9,7	0,3	0,5	I	2	2	1
CMT070001A	Metagråvacka, metatexitisk	6919232	1571031	2,75	15,0	20,9	11,0	0,3	0,8	I	2,5	3	3
CMT070004A	Leukokratisk granit	6918303	1571905	2,63	16,5	33,5	11,4	0,5	0,9	I	3	3	1
CMT070041A	Metagråvacka, glimmerrik	6951416	1607700	2,75	19,7	22,6	15,9	0,3	0,8	III	3	3	3
DAN050153A	Mesokratisk, diatexitisk migmatit	6917151	1563421	2,69	15,3	25,5	9,4	0,3	0,7	III	2	2	3
GRS050048A	Metagråvacka, metatexitisk	6918834	1579166	2,72	20,8	26,8	14,5	0,2	0,6	I	3	2,5	2
GRS050048B	Rödöporfyr	6918829	1579188	2,61	5,5	15,7	3,5	0,4	1,2	III	1	1	3
GRS050077A	Melanokratisk, diatexitisk migmatit	6919489	1551053	2,71	23,3	39,0	15,6	0,5	0,9	I	3	3	2
GRS050149A	Rödöporfyr	6922230	1579761	2,60	6,3	18,9	3,6	0,5	1,4	I	1	1	1
IVD050166A	Leukokratisk granit	6906988	1580315	2,60	12,5	29,6	7,7	0,8	1,3	II	2,5	2,5	2
IVD050174A	Leukokratisk granit	6906115	1581402	2,63	9,4	28,8	5,4	0,7	1,2	II	1,5	2	2
IVD050277A	Melanokratisk, diatexitisk migmatit	6911070	1581926	2,68	16,5	29,8	11,3	0,5	1,0	I	2,5	2,5	2
JGZ070083A	Diabas, medelkornig	6924027	1598353	2,99	13,0	20,5	8,5	0,0	0,1	I	2	1	2
JGZ070097A	Metagråvacka, glimmerrik	6937124	1587135	2,75	14,6	14,3	10,5	0,2	0,6	I	2,5	3	3
JGZ070102A	Metagråvacka, glimmerrik	6937128	1587612	2,70	16,5			0,2	0,7		2		
JGZ070102B	pegmatitgranit	6937105	1587662	2,64	10,5	25,2	6,8	0,8	1,0	I	1,5	1	1
JGZ070283A	Metagråvacka, metatexitisk	6948353	1610993	2,73	19,3	27,5	15,8	0,3	0,7	I	3	3	3
JGZ080019A	Granit–granodiorit	6945530	1605669	2,65	9,3	24,2	5,8	0,2	1,4	II	1	1	1,5
JGZ080038A	Metagråvacka	6948405	1607494	2,70	7,5	11,5	5,0	0,1	0,6		1	1	
JGZ080054A	Granit–granodiorit	6940003	1593137	2,66	9,7	24,2	6,6	0,1	1,2	II	1	1	1
JGZ080070A	granodiorit–tonalit	6956446	1603773	2,71	13,2	23,7	8,2	0,3	0,9	I	2	2	2
JGZ080099A	Leukokratisk–mesokratisk, diatexitisk migmatit	6945112	1609909	2,69	14,8	27,3	9,5	0,2	0,7	I	2,5	3	3
KAM070175A	Melanokratisk, diatexitisk migmatit	6937736	1604168	2,71	11,6	19,8	7,4	0,3	0,7	I	2	1	1
KAM070269A	Granit–granodiorit	6954314	1610811	2,63	13,4	30,5	7,5	0,8	1,1	II	2,5	2,5	2

Tabell 3. Forts.
Table 3. Cont.

Prov id	Bergartsenhet	N–S-koordinat	O–V-koordinat	ρ_s (g/cm ³)	A _N %	LA %	M _{DE} %	RA	m _γ	ASR	Bergkvalitetsklassning		
Sample id	Rock units	N–S coordinate	E–W coordinate	ρ_s (g/cm ³)	A _N %	LA %	M _{DE} %	RA	m _γ	ASR	Väg	Järnväg	Betong
											Rock quality classification		
											Road	Railway	Concrete
KPN050071A	Granit–granodiorit	6920089	1566545	2,63	11,0	33,7	6,7	0,4	1,0	I	3	3	1
KPN050071B	Pegmatitgranit	6920013	1566508	2,62	20,0	42,2	9,3	0,2	0,4	II	3	3	2
KPN060108A	Diabas, finkornig	6923265	1537402	3,00	9,3	12,5	7,0	0,2	0,4	I	1	1	3
KPN060113A	Leukokratisk granit	6923347	1537088	2,68	16,6	31,9	11,7	0,6	0,9	I	3	3	1
KPN080116A	Granodiorit–tonalit	6959271	1606010	2,72	11,3	19,9	7,4	0,2	0,8	II	2	2	2
MDE060011A	Leukokratisk–mesokratisk, diatexitisk migmatit	6927315	1574082	2,68	16,6	29,8	11,5	0,8	1,0		2,5	2,5	1
MDE060152A	Leukokratisk granit	6932017	1571479	2,66	17,4	35,3	10,8	0,4	0,8	II	3	3	1
MDE060176A	Granit–granodiorit	6931977	1571990	2,61	10,1	28,4	5,2	0,7	1,6	II	1,5	3	2
MDE060301A	Leukokratisk granit	6907169	1576023	2,62	14,5	41,4	7,5	0,6	1,1	I	3	3	1
MDE070100A	Metagråvacka	6945565	1604692	2,70	11,8	17,9	9,0	0,1	0,6	III	2	2	3
MDE070101A	Melanokratisk, diatexitisk migmatit	6940559	1583138	2,71	17,4	32,3	11,0	0,3	0,8	I	3	3	3
MDE070102A	Leukokratisk–mesokratisk, diatexitisk migmatit	6940707	1580065	2,72	18,5	31,5	12,4	0,5	0,7	II	3	3	3
MEK050001A	Melanokratisk, diatexitisk migmatit	6907735	1572476	2,68	17,1	30,8	11,4	0,3	0,9	I	3	3	1
MEK050053A	Leukokratisk granit	6914150	1574133	2,64	13,4	31,4	8,2	0,5	1,1	I	3	3	1
MEK050069A	Melanokratisk, diatexitisk migmatit	6911847	1570608	2,68	17,8	30,4	11,6	0,3	0,9	II	3	3	2
MEK050100A	Melanokratisk, diatexitisk migmatit	6917456	1574658	2,67	14,2	24,2	8,9	0,2	0,7	I	2	2	2
MEK050102A	Leukokratisk granit	6917459	1573605	2,63	18,4	43,0	11,4	0,6	1,0	II	3	3	2
MEK050106A	Melanokratisk, diatexitisk migmatit	6915240	1573946	2,68	18,1	31,4	12,1	i.u.	i.u.		3	3	
MEK060320A	Leukokratisk granit	6921651	1547623	2,64	22,4	46,3	13,7	0,6	0,9	I	3	3	1
PDN050041A	Leukokratisk granit	6904516	1584935	2,64	16,3	43,6	11,2	0,3	0,8	I	3	3	2
PDN050104A	Granit–granodiorit	6912457	1577660	2,65	19,9	52,4	11,3	i.u.	i.u.	I	3	3	1
PDN050117A	Granit–granodiorit	6912862	1579809	2,63	13,5	31,8	6,6	0,3	0,9	I	3	3	1
PDN050117B	Pegmatitgång	6912870	1579795	2,62	17,0	33,9	9,2	i.u.	i.u.	I	3	3	1
PDN060031A	Granit–granodiorit	6938800	1593810	2,65	8,5	20,8	5,5	0,5	1,1	III	1	1	3
RKN080068A	Granit–granodiorit	6954442	1601954	2,65	11,6	24,1	7,3	0,3	1,2	I	2	1	1
RKN080133A	Granodiorit–tonalit	6960169	1606697	2,72	11,9	19,6	7,6	0,3	0,7	II	2	1	1
RKN080135A	Granit–granodiorit	6961527	1608248	2,63	9,9	24,5	5,9	0,7	1,6	II	1	1	2
T0B050079A	Metagråvacka, metatexitisk	6901300	1592638	2,73	16,8	20,9	13,0	0,2	0,6	I	2	2	2
T0B050095A	Amfibolit	6900348	1591690	3,02	12,1	13,4	10,2	i.u.	i.u.	I	2	1	3
T0B050126A	Leukokratisk granit	6904608	1589164	2,63	13,8	36,3	8,3	0,7	1,1	I	3	3	1
T0B050194A	Pegmatitgranit	6901281	1575408	2,62	18,0	31,9	10,4	0,5	0,7		3	3	
T0B050230A	Leukokratisk–mesokratisk, diatexitisk migmatit	6904380	1576955	2,66	13,3	25,7	9,3	0,4	0,9		2	2	

Tabell 3. Forts.
Table 3. Cont.

Prov id	Bergartsenhet	N–S-koordinat	O–V-koordinat	ρ_s (g/cm ³)	A _N %	LA %	M _{D_E} %	RA	m _{γ}	ASR	Bergkvalitetsklassning		
Sample id	Rock units	N–S coordinate	E–W coordinate	ρ_s (g/cm ³)	A _N %	LA %	M _{D_E} %	RA	m _{γ}	ASR	Väg	Järnväg	Betong
											Road	Railway	Concrete
TOB050243A	Leukokratisk–mesokratisk, diatexitisk migmatit	6904357	1589063	2,70	15,7	29,3	10,6	0,4	0,8		2	2,5	
TOB060059A	Melanokratisk, diatexitisk migmatit	6917242	1583915	2,70	17,4	28,3	10,9	0,4	0,8		2,5	2,5	
TOB060289A	Metagråvacka, metatexitisk	6924329	1577433	2,73	16,5	19,5	10,9	0,4	0,9	II	2,5	3	3
TOB060289B	Pegmatit	6924329	1577433	2,62	8,5	20,7	4,7	0,3	0,7	I	1	1	1
TOB060292A	Diabas, finkornig	6924748	1577588	2,99	10,1	11,7	8,1	i.u.	i.u.	I	1,5	1	3
TOB070035A	Melanokratisk, diatexitisk migmatit	6931124	1592975	2,71	23,1	39,0	13,4	0,3	0,9	I	3	3	2
TOB070113A	Leukokratisk–mesokratisk, diatexitisk migmatit	6937740	1597848	2,68	29,0	47,1	17,8	0,3	0,7	I	3	3	2,5
TOB070230A	Metagråvacka	6943514	1600785	2,70	8,9	14,4	5,8	0,2	0,6	III	1,5	2	3
TOB070236A	Metagråvacka, glimmerrik	6949713	1599339	2,71	11,8	16,3	9,0	0,3	0,8	II	3	3	3
TOB070245A	Amfibolit, medelkornig	6949381	1599698	2,97	11,4	13,2	9,5	0,0	0,1	I	2	1	1
TOB070264A	Diabas, medelkornig	6935235	1599645	3,02	13,1	23,8	8,8	0,0	0,1	I	2	1	3
TOB080072A	Amfibolit	6952529	1611157	2,93	15,5	15,2	12,0	0,1	0,2	I	2,5	3	3
TOB080154A	Granit–granodiorit	6957038	1611548	2,64	8,8	22,9	5,6	0,5	1,0	II	1	1	1
TOB080166	Metagråvacka, glimmerrik	6958152	1610516	2,76	19,7	18,3	14,8	0,2	0,8	II	3	3	3
TOB080171	Metagråvacka, glimmerrik	6957794	1607163	2,73	12,8	16,7	10,1	0,2	0,8	I	3	3	3
TOB080172A	Metagråvacka, metatexitisk	6918275	1577842	2,73	21,4	27,6	15,0	i.u.	i.u.	I	3	2	2,5
TOB080173A	Leukokratisk–mesokratisk, diatexitisk migmatit	6923251	1541731	2,69	22,2	39,8	13,1	0,9	0,8	I	3	3	2,5

Tabell 4. Resultat från opakmikroskopiering av valda bergartsprover (opakmineral $\geq 0,4$ %). Mt = magnetit, He = hematit, Ilm = ilmenit, Py = pyrit, Mks = magnetkis, Kk = kopparkis, "+" anger relativa halter av opakmineral i proven.

Results from opaque microscopy of a selection of samples (opaques ≥ 0.4 %). Mag = magnetite, Hem = hematite, Ilm = ilmenite, Py = pyrite, Po = pyrrhotite, Ccp = chalcopyrite. "+" indicate relative content of opaque minerals in the thin-section.

Prov ID Sample ID	Mt Mag	He Hem	Ilm Ilm	Py Py	Mks Po	Kk Ccp	Opakhalt (%) Percentage opaques	Uppsk. sulf. (%) Percentage sulphides	Klass Class
CMT060008A	+?		+++	+	++	+	3	1,5	3
CMT060069C	+		+	(+)	+++	+	0,6	0,37	1
JGZ070083A	+?		+++	(+)	+	(+)	1,8	0,6	2
JGZ070097A				++	+++	+	2,4	2,4	3
KPN060108A			+++		+	+	8	5,33	3
MDE060011A							0,4	0	1
MDE060301A				+++			0,4	0,4	1
MEK050001A				(+)	+++	(+)	0,4	0,4	1
PDN050041A					+++	+	0,6	0,6	2
TOB050079A				(+)	(+)		0,6	0,6	2
TOB050095A			+++	+	+++	+	1,8	1,125	3
TOB060289A				(+)	+++	(+)	0,8	0,8	2
TOB060292A	+?		+++	+	+	(+)	11,4	4,38	3
TOB070113A				(+)	+++	(+)	0,4	0,4	1
TOB070264A	+?		+++	+	+	+	4,8	2,06	3

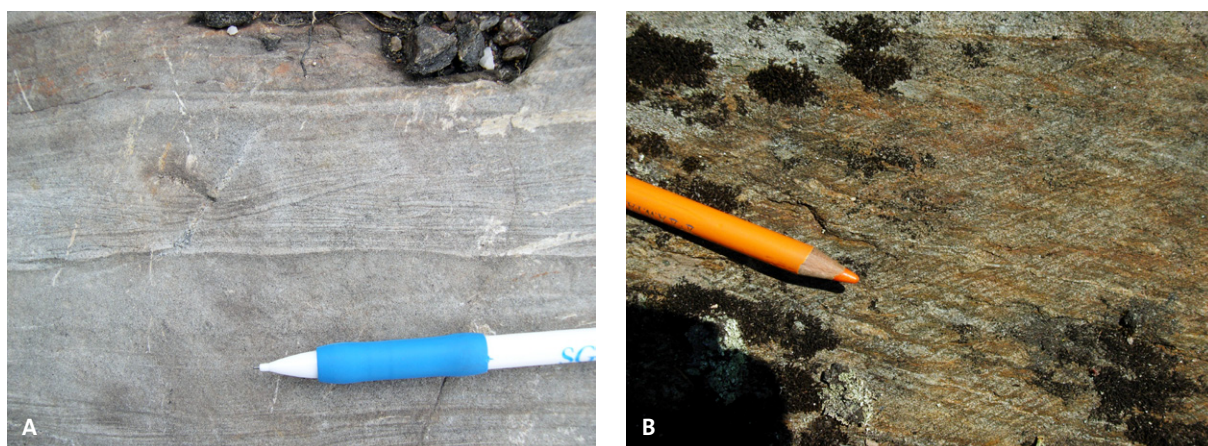


Fig. 3. Metagråvacka. **A.** Korsskiktning i metagråvacka. Tillfällig blottning vid tunnelbygge (Gårdsbergstunneln Södra, Ådalsbanan, 6953022/1606430). Foto: K. Persson Nilsson. **B.** Axialplansförskiffring som klipper och veckar (krenulerar) en tidigare lagringsstruktur eller lagringsparallell struktur. Häll nordväst om Billsta (69514401/1599021). Foto: R. Kumpulainen.

Metagreywacke. A. Cross-bedding in metagreywacke. Occasional exposure during construction of railroad tunnel (Gårdsbergstunneln, Ådalsbanan, 6953022/1606430). B. Axial planar foliation that cross-cuts and crenulates an older layering or layer parallel foliation. Outcrop north-west of Billsta (69514401/1599021).

BERGARTSBESKRIVNING

Nedan följer en generaliserad gruppindelning av bergarterna inom projektområdet. Indelningen används vid jämförelser och tolkningar av de olika analysresultaten samt används dessutom i tabeller med mineralogiska och tekniska analysresultat (tabell 1–3).

Svekofenniska ytbergarter – metagråvacka

En stor del av kartans område utgörs av gråvackor (till slamstenar) i olika grad av omvandling och deformation (fig. 2). Karaktären i gråvackan förändras från att vara starkt metamorfoserad med bland annat åderbildning till att vara relativt välbevarad. I de nordligaste delarna av kartområdet kan en primär lagring observeras och strukturer som korsskiktning (fig. 3 a) och graderad skiktning är frekvent förekommande. Exempelvis väster och nordväst om Härnösand återfinns välbevarade gråvackor. Bergarten där är dock påverkad av en axialplansförskiffring (fig. 3 b), vilket ger upphov till svaghetszoner där förskiffringen är



Fig. 4. Ådrad (stromatisk) metatexitisk migmatit. Protoliten (ursprungsbergarten) är en gråvacka. Förutom lagerparallella ådror finns vid denna lokal (6940557/1609364) ådror som till synes följer axialplansstrukturer. Foto: K. Persson Nilsson.

Stromatic, metatexitic migmatite. Metagreywacke protolith. Besides layer parallel leucosomes at this location (6940557/1609364), there are also discordant veins apparently following axial surface structures of folds.

välutvecklad. Förskiffringen är mest utpräglad i lager med finkornigare fraktioner och mest koncentrerad längs veckskänklar. De sedimentära strukturerna är bäst bevarade i ett antal veckomböjningar som påträffats i området. Skarnlinser förekommer i metagråvackorna och är mer eller mindre orienterade eller utdragna parallellt med skiktningen och foliationen. Delar av gråvackeformationen kan vara av vulkaniskt ursprung (Lundqvist m.fl. 1990).

Bestämningar av $\epsilon_{\text{Nd}(t)}$ -värdet med samarium-neodymmetoden, såväl som jonsondsanalyser av detritiska zirkoner, indikerar att en viss del av sedimentmaterialet i gråvackeformationen kan härröra från arkeisk berggrund, men huvuddelen bör vara av proterozoisk ålder (Miller m.fl. 1986, Claesson 1987, Huhma 1987, Welin 1987, Andersson m.fl. 2004).

En eller flera metamorfa gränser, alternativt en gradient, går från Härnösand och ner mot sydost. Från de bäst bevarade metagråvackorna som beskrivs ovan, via ådriga metagråvackor (fig. 4) benämnda *metatexitiska migmatiter* (Sawyer 2008), till så kallad *diatexitisk migmatit* (se nedan) på Härnön, är avståndet inte mer än ett par kilometer. Samma övergång från relativt välbevarade gråvackor till diatexititer återfinns längst hela E4:an både mot norr och söder (fig. 2). Dessutom finns ett större stråk av delvis uppsmält gråvacka som är karterat som metatexitiska migmatiter från Sundsvall till Njurunda och från Sundsvall längs E14 mot Matfors (fig. 2).

Den välbevarade metagråvackan delas in i två grupper: *metagråvacka* och *metagråvacka, glimmerrik*. Den migmatitiserade och ådrade metagråvackan benämns i tabellerna som *metagråvacka, metatexitisk*.



Fig. 5. Granatförande, medelkornig metatonalit, väster om bergtäkt vid Långmansören (6935305/1574743). Foto: K. Persson Nilsson.
Garnet-bearing, medium-grained metatonalite, west of quarry at Långmansören (6935305/1574743).

Tidigorogena intrusivbergarter

Enstaka större förekomster av metagabbro har påträffats inom projektområdet, exempelvis vid Omsberget nordväst om Kvissleby (17H 2 f), vid Björkö (17H 0 i), Bergeforsen (17H 7 f), Grofäll (17H 9 j) och Vagnön (18I 0 c). På grund av amfibolitomvandling kallas dessa bergarter ofta för amfiboliter. Mindre inneslutningar av metagabbro och metadiorit påträffas i migmatiterna, främst längst kusten där blottningsgraden är god, men inneslutningar förekommer troligen inom hela området.

Ett litet område med metatonalit och hornbländit har observerats strax norr om Bye (i knutpunkten mellan rutorna 17H 7 i–j och 8 i–j). Då metatonaliten även förekommer som små inneslutningar i migmatit tolkas denna bergart tillhöra de tidigorogena intrusivbergarterna. Metatonaliten är medelkornig, grå och relativt massformig (fig. 5).

Diatexitiska migmatiter

De diatexitiska migmatiterna intar en stor del av det karterade området. I dessa migmatiter är ursprungsbergarten (protoliten) nästintill helt uppsmält och smälta är distribuerad i hela bergarten (Sawyer 2008). Det partiellt uppsmälta materialets (neosomens) utseende varierar och avspeglar en vid variation av smältfraktioner. Den varierar från i huvudsak leukokratisk (ljus bergart med mycket liten del mörka mineral) till dominerande mesokratisk (oförändrad färg, egentligen ickesegregerad smälta och fast fraktion) till dominerande melanokratisk (mörk bergart, rik på mörka mineral). Icke partiellt uppsmälta rester av ursprungsbergarten kan förekomma som större och mindre inneslutningar, men kan också vara helt frånvarande (Sawyer 2008). Migmatiterna har till större delen sitt ursprung i metagråvackor, men mer saliska delar av detta område har vid den senaste länskarteringen tolkats som migmatitiserade metagra-

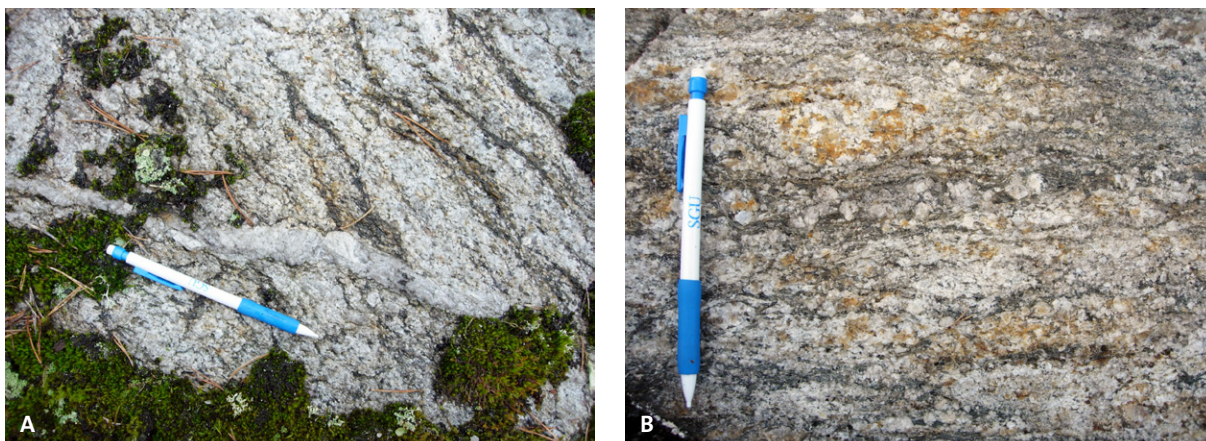


Fig. 6. **A.** Leukokratisk, glimmerstrimmig diatexitisk migmatit. Pålängsberget (6917385/1568977). **B.** Mesokratisk diatexitisk migmatit där glimmerstrimmighet och leukokratiska band mer eller mindre homogeniserats i bergarten. Pålängsberget (6917629/1569836). Foto: K. Persson Nilsson.

A. *Leucocratic, schlieric, diatexite migmatite. Pålängsberget (6917385/1568977).* **B.** *Mesocratic, diatexite migmatite where the schlieren structures and leucosomes more or less have been homogenized in the bedrock. Pålängsberget (6917629/1569836).*

nitoider eller blandsmältor, med både sedimentära och magmatiska komponenter (Lundqvist m.fl. 1990). De diatexitiska migmatiterna har under berggrundskarteringen indelats i två grupper, leukokratiska till mesokratiska diatexitiska migmatiter och melanokratiska diatexitiska migmatiter (fig. 2).

Leukokratiska till mesokratiska diatexitiska migmatiter

Till gruppen leukokratiska till mesokratiska diatexitiska migmatiter har förts relativt ljusa och glimmerstrimmiga (leukokratiska schlierenförande) migmatiter (fig. 6a), gnejsiga ljust gråvita till grå (leukokratiska till mesokratiska) migmatiter och ljust gråvita till grå migmatiter där glimmerstrimor (schlierenstrukturer) och leukokratiska band mer eller mindre homogeniserats i migmatiten (fig. 6b). Inneslutningar av metaarenit, metaargillit och även skarn är vanligt förekommande om än i mindre mängd i de leukokratiska glimmerstrimmiga migmatiterna. Granat förekommer frekvent i områdets södra delar och även cordierit har observerats.

U-Pb-Th-analys (SIMS) av zirkoner från en diatexitisk migmatit provtagen vid Björkvik utfördes i november 2006 och november 2007 (SGU opubl.). Både kärnor (5) och påväxter (12) analyserades. Kärnorna anses vara ärvda zirkoner medan påväxterna tolkas vara relaterade till partiell uppsmältning under migmatitiseringsprocessen. Kärnorna uppvisade en åldersspridning från 2160 till 1920 miljoner år. Påväxterna uppvisade en ålder på ca 1864 ± 6 miljoner år.

Melanokratiska diatexitiska migmatiter

De melanokratiska diatexitiska migmatiterna (fig. 7) är biotitrikare och således mörkare än de leukokratiska till mesokratiska migmatiterna. De har vanligen ett massformigt utseende även om det har visat sig att de ofta är stängliga (uppvisar linjärstruktur). Utseendet speglar troligen bergarternas rumsliga förhållande till den veckning och skjuvning som skett under migmatiteringen. Fältspatmegakrister är vanliga vilket ger bergarten ett något porfyriskt utseende. Granat förekommer frekvent i områdets södra delar och även cordierit har observerats. Inneslutningar av metasedimentära bergarter är vanligt förekommande. Vid vissa lokaler är inneslutningarna orienterade längs lineationsriktningen i bergarten på ett markantare sätt än längs den otydligare glimmerstrimmigheten.

En starkt folierad, diatexitisk migmatit vid Nedansjö (17H 3b) ger vid datering en ålder för migmatitiseringsprocessen på 1861 ± 2 miljoner år (Högdahl m.fl. 2006, 2008). En mer massformig diatexitisk



Fig. 7. Melanokratisk, diatexitisk migmatit med mindre inneslutningar av metasedimentära bergarter och fältspatmegakrister. Putterhålschällan (KPN080031, 694055/1610698). Foto: K. Persson Nilsson.

Melanocratic, diatexite migmatite with small schollen of metasedimentary origin and megacrysts of feldspar.

migmatit på Härnön vid Skärviksklippet (171 8 c) gav ett liknande resultat på 1868 ± 4 miljoner år (Högdahl m.fl. 2008).

Syn- till senorogena granitoider

Leukokratisk granit

De områden som är markerade som leukokratiska graniter på kartan (fig. 2) representerar en i regel ljust grå till ljus grågrön metagranit. I vissa områden förekommer upp till 2–3 cm stora, mörka biotitfläckar (pseudomorfer) av helt eller delvis omvandlad cordierit i graniten (fig. 8). Även granat är vanligt förekommande, i synnerhet i projektområdets södra del. Graniten uppvisar allt från mycket svag till stark foliation. Xenoliter av metagråvacka är vanligt förekommande. Diffus glimmerstrimmighet förekommer ställvis. Graniten är medelkornig och ställvis något småporfyrisk med enstaka, ca 1 cm stora mikroklinögon. Denna typ av granit uppträder främst i södra delen av projektområdet, medan den mot norr är betydligt mer underordnad. I de norra delarna förekommer den leukokratiska graniten vanligen som gångar eller enstaka små områden, där den snarare uppfattas som in situ-bildade smältor i migmatit än som granitkroppar, vilket i sin tur gör det svårt att göra avgränsningar mot migmatiten. I vissa områden har det varit svårt att bedöma vilken bergart som dominerar, leukokratisk granit eller migmatit.

Den leukokratiska graniten har tidigare daterats till 2 030 miljoner år (provtagen strax öster om Njurunda, Welin m.fl. 1993) och räknades då till de tidigorogena granitoiderna. Den åldern speglar troligen åldern på detritiska zirkoner som granitmagman fört med sig från den omgivande metagråvackan under uppsmältningsprocessen. Ett försök att datera ett prov från samma lokal med jonsondsanalys gav en tveksam, inte



Fig. 8. Leukokratisk granit med mörkare fläckar av pinitiserad cordierit och granat. Njurunda (6906090/1581404, IVD050174). Foto: I. von Dalwigk.

Leucocratic granite with darker spots of pinitite, derived from alteration of cordierite, and garnet. Njurunda (6906090/1581404, IVD050174).

statistiskt underbyggd ålder på ca 1845 ± 12 miljoner år (Högdahl m.fl. 2006). Preliminära resultat från nya jonsondsdateringar i SGUs regi (Hellström m.fl. 2010) av en leukokratisk granit strax väster om Björkvik indikerar åldrar runt 1860 och 1845 miljoner år vilket antyder att bildningen av den leukokratiska graniten skulle vara samtida med eller ha bildats strax efter den regionala migmatitiseringen. Den leukokratiska graniten har observerats både som mindre neosomansamlingar med diffus gräns mot migmatiten och som större områden med klart klippande relationer till migmatiten (exempelvis Rotvik öster om Njurunda, 6904470/1584935). Detta tyder på att den är likåldrig med eller något yngre än migmatiterna.

Fint medelkornig granit till granodiorit

Fint medelkorniga, ljusgrå graniter till granodioriter förekommer inom hela kartområdet (fig. 2). Dessa bergarter ingick i begreppet Härnögraniter vid den senaste länskarteringen (Lundqvist m.fl. 1990). Termen Härnögranit infördes ursprungligen för att beteckna muskovitförande graniter i centrala Norrland (Magnusson 1949), men kom senare (Lundqvist m.fl. 1990) att även innefatta de biotitdominerade graniter som är nära tidsmässigt och geografiskt associerade med de muskovitdominerade. I ett flertal områden har gränsdragningen mellan de leukokratiska graniterna och de så kallade Härnögraniterna varit svårbedömd. Till skillnad från den leukokratiska graniten är den fint medelkorniga graniten till granodioriten generellt mer homogen och jämnkornig (fig. 9) och saknar den glimmerstrimmighet som på vissa ställen uppträder i den leukokratiska graniten. Ställvis förekommer dock porfyriska varieteter med strökorn av mikroklin (se avsnittet Listporfyrisk granit nedan).

En monazitdatering (TIMS) av fint medelkornig granit från projektområdet i Bottniska bassängens södra del har gett en ålder på 1822 ± 5 miljoner år (Claesson & Lundqvist 1995). Jonsondsdateringar



Fig. 9. Fint medelkornig granit, Degelberget (6921464/1565379). Foto: K. Persson Nilsson.

Fine- to medium-grained granite. Degelberget (6921464/1565379)

(SIMS) utförda i SGUs regi av zirkoner (påväxter) från samma lokal indikerar en ålder på ca 1 870 miljoner år (SGU opubl.). Vid dateringen av zirkonkärnor erhöles åldrar på ca 2 700 och 2 000 miljoner år. Detta resultat tyder på att Bottniska bassängens gråvackor är källmaterialet till Härnögraniten (jfr Claesson m.fl. 1993).

Listporfyrisk granit

I kartområdets södra del förekommer listporfyrisk granit på ön Klampenborg. Där är graniten grovporfyrisk och mikroklinfenokristerna kan bli upp till 3–4 cm långa. Fältspatlisterna är parallellställda och orienteringen tolkas som magmatiska flytstrukturer (Lundqvist m.fl. 1990). I projektområdets norra del förekommer ett flertal listporfyriska granitkroppar. En del av dem är mycket tätt porfyriska. Där är fältspatlisterna vanligen mindre än 5 × 15 mm stora. Orientering av listerna förekommer allmänt och i flertalet fall är orienteringen tolkad som tektonisk eller åtminstone syntektonisk till sin karaktär. I de listporfyriska graniterna är det dominerande glimmermineralet muskovit.

Granodiorit till tonalit

Ett större område med jämnkorniga till listporfyriska granodioriter till tonaliter finns i kartområdets norra del (fig. 2). Bergarterna tolkades i den tidigare länskarteringen (Lundqvist m.fl. 1990) som tidig- orogena granitoider. Datering av en granodiorit vid Oringen gav en ålder på $1\,867 \pm 5$ miljoner år (18I 1b, Welin m.fl. 1993), vilket inte tyder på någon markant ålderskillnad jämfört med på senare tid daterade syn- till senorogena graniter och migmatiter i området (Högdahl m.fl. 2006, 2008 och SGU opubl.).



Fig. 10. Listporfyrisk granodiorit, Skogsdalsberget, söder om Möckelsjön (6960870/1604674). Foto: K. Persson Nilsson.
Porphyritic granodiorite, Skogsdalsberget, south of Möckelsjön (6960870/1604674).

Inte heller fältobservationerna ger några tydliga indikationer som skulle kunna motivera en sådan åldersuppdelning. Istället bedöms dessa granodioriter till tonaliter tillhöra en och samma svit av syn- till senorogena bergarter, från graniter till tonaliter.

De jämnkorniga till listporfyrisk granodioriterna (fig. 10) är medelkorniga och massformiga till folierade. I området som nämns ovan ser bergarten ut att vara folierad längs veckbenen och mer massformig alternativt linjärstrukturerad i anslutning till veckomböjningen. I veckomböjningen finns även listporfyrisk områden, där listerna är orienterade i vad som ser ut att vara en primär, magmatisk foliation.

Pegmatitgranit

Den syn- till senorogena graniten är vanligtvis associerad med pegmatit, vilket tyder på att magmorna varit rika på volatila (lättflyktiga) ämnen. Pegmatiterna förekommer i hela projektområdet men det är oklart om det förekommer större pegmatitgranitiska intrusioner. I de flesta fall ser det mer ut som om pegmatitgraniterna i själva verket är större, flackt liggande gångar som på grund av sin orientering fått en ytmässigt stor utbredning (jfr fig. 2). Pegmatiterna såväl som de associerade graniterna är rika på inneslutningar av äldre bergarter; främst gråvacka men även amfiboliter förekommer. Den dominerande typen av pegmatit består av vit plagioklas, gråvit (rosa) mikroklin, grå kvarts, lokalt rikligt med svart turmalin, små (<5 mm) granater (almandin–spessartin) samt grön apatit.

Rödöintrusionen med associerade gångar

Rödöintrusionen på Rödön öster om Alnön tillhör ett av de mindre rapakivikomplexen (Andersson 1997) och är enligt finsk rapakiviterminologi en Wiborgit. Gångar som är associerade till Rödöintrusionen



Fig. 11. Kvarts- och fältspatsporfyrisk bergart med finkornigt matrix samhörande med Rödögraniten, Södra Stadsberget (6918829/1579188). Teknisk analys från provlokalen (GRS050048B) uppvisar mycket goda tekniska egenskaper, A_N -värde = 5,5 % och LA-värde = 15,7 %. Foto: G. Rauséus.

Quartz- and feldspar-porphyritic rock associated with the Rödö granite, Södra Stadsberget (6918829/1579188). Technical analyses from the sample locality (GRS050048B) show excellent technical properties, A_N value = 5.5% and LA value = 15.7%.

finns blottade bland annat vid Alnös sydöstra udde. Rödögraniten har daterats till 1497 ± 6 miljoner år (Andersson 1997) respektive 1513 ± 5 miljoner år (Welin 1994) och tillhör de så kallade anorogena intrusionerna. Förutom gångar finns bland annat en mindre kropp av en rödgrå, kvarts- och fältspatporfyrisk bergart med finkornig grundmassa samhörande med Rödögraniten söder om Sundsvall (fig. 11, provlokal GRS050048B). En mindre kropp har även påträffats norr om Skönsberg strax norr om Sundsvall (6922284/1579804, provlokal GRS050149A). Båda dessa områden var kända sedan den tidigare länskarteringen (Lundqvist m.fl. 1990).

Diabas

I projektområdets nordöstra del finns ett stort område med diabas (fig. 2). Denna syns väl även på den regionala kartan över området (Lundqvist m.fl. 1990) samt på den magnetiska kartan som en relativt kraftig anomali (fig. 12). Diabasen är i huvudsak medel- till grovkornig och massformig. På vissa ställen är den också kraftigt grusvittrad. Pegmatitiska partier förekommer sparsamt. Enligt fältobservationer och tolkning av geofysiska data ligger diabasen som en relativt flack skiva. Associerad med diabasen finns en medelkornig granitlik bergart som är blottad vid Häggdångers kyrka och där ligger under diabastäcket (17I 7 a). Denna bergart är enligt Lundqvist m.fl. (1990) en granit som bildats genom en uppsmältning av sidoberget i samband med diabasintrusionen.

Diabasgångarna i södra och västra delarna av projektområdet är massformiga, övervägande finkorniga och uppvisar på ett flertal ställen ofitisk textur. Pelarförklyftningsstrukturer som är ca 1 m höga har observerats. Enligt observationer i fält dominerar två strykriktningar, ostnordostlig och nordnordvästlig.

Diabasernas stupning varierar från flackt, näst intill horisontellt stupande, till att vara helt vertikala. Inneslutningar av sidoberget förekommer.

Förutom de ovan nämnda diabaserna påvisar den geofysiska flygmätningen talrika magnetiska anomalier som antyder förekomsten av brantstående gångsvärmar med nordvästlig, ost–västlig och nordostlig riktning. Vissa av gångsvärmarna är antagligen associerade med Alnöintrusionen.

Alnöintrusionen

Alnökomplexet med sina alkalina och karbonatitiska bergarter består av en på Alnön belägen huvudintrusion och fyra mindre satellitintrusioner (Söråker, Sälskär, Långharsholmen och Båräng), varav alla utom en återfinns på land (Kresten 1976, 1990). Gångar associerade med Alnökomplexet finns dessutom i ett stort område kring Sundsvall. Fenitisering förekommer i omgivande värdbergarter (Morogan 1988). Feniter bildas genom att lösningar från de alkalina eller karbonatitiska bergarterna metasomatiskt omvandlar sidoberget. Dateringar av komplexet har gett åldrar i intervallet 545–605 miljoner år (Welin m.fl. 1972, Kresten m.fl. 1977, Brueckner & Rex 1980, Andersen 1996, Meert m.fl. 2007).

Alnöintrusionen tillhör ett av de mest studerade geologiska objekten i Sverige, och redan 1895 beskrev A.G. Högbom Alnöområdet karbonatiter. De mest omfattande beskrivande arbetena utfördes av Harry von Eckermann (1948). Omfattande arbeten gällande Alnöns bergarter och mineral har utförts av Peter

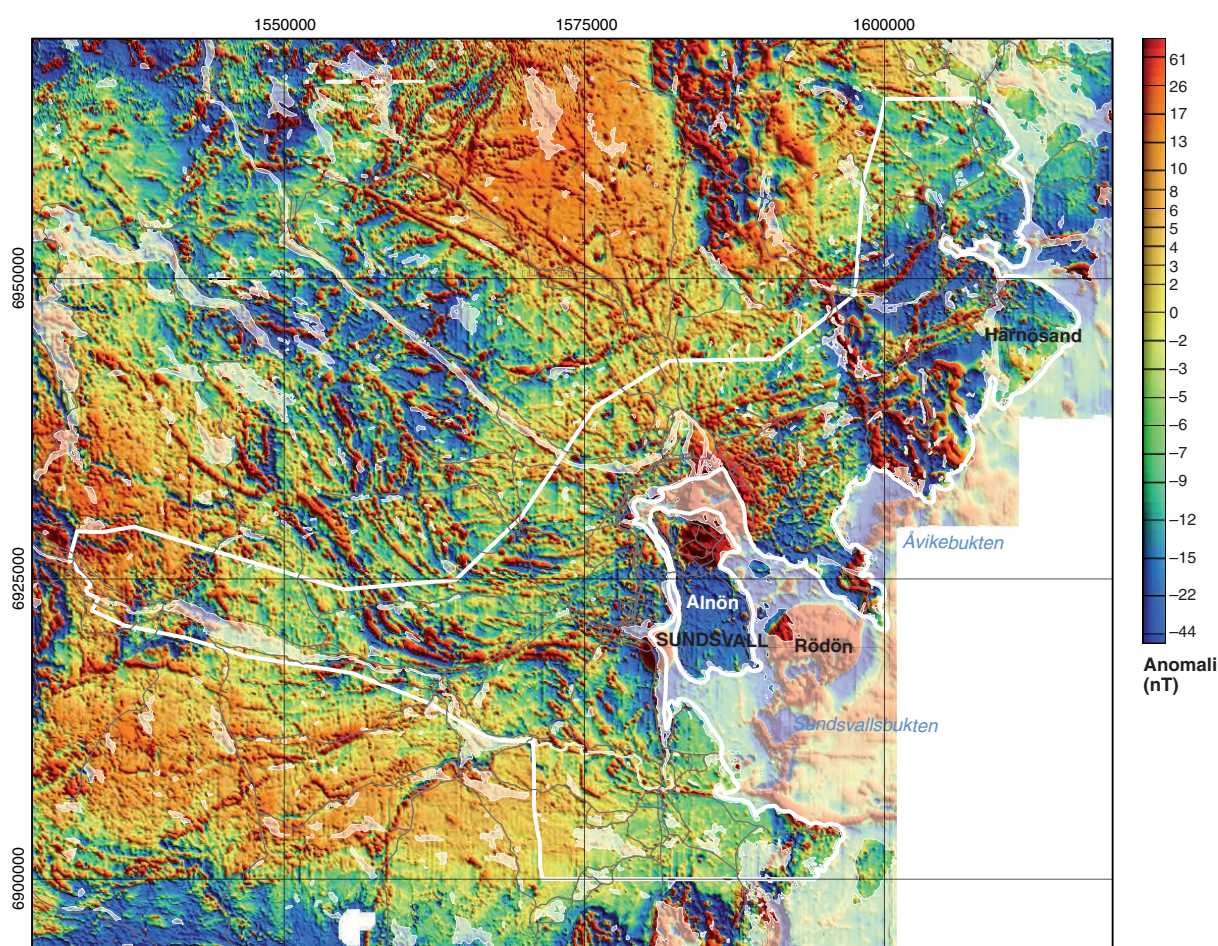


Fig. 12. Magnetisk anomalikarta baserad på SGUs flygburna mätningar, huvudsakligen utförda på ca 60 m flyghöjd, med linjeavstånd 200 m och nord–sydlig flygriktning. Projektområdet har markerats med vit linje.

Magnetic anomaly map based on airborne measurements by SGU, mainly with 60 m ground clearance, 200 m line spacing and flight direction north–south. The project area is indicated by a white line.

Kresten, och en sammanställning av dessa arbeten presenteras i SGUs beskrivning till berggrundskartan över Västernorrlands län (Lundqvist m.fl. 1990). Till den beskrivningen presenterades även en karta över Alnöintrusionen i skala 1:10 000. Till de senare studierna av Alnön hör Morogan & Lindblom (1995) och Hode Vuorinen (2005). I den förra behandlas genesen av de alkalina och kalcitförande bergarterna på Långharsholmen. I den senare presenteras resultat av geokemiska analyser och isotopstudier (Nd-Sr-Pb), med avsikt att utreda den genetiska relationen mellan de olika bergarterna och att uppskatta bidraget av mantelmateriel och krustalt materiel under bildningsprocessen av komplexet.

För närmare beskrivning av Alnöintrusionens bergarter hänvisas till Lundqvist m.fl. 1990. Alnökomplexets gångar är på kartan representerade med en gemensam gångsymbol.

GEOFYSISKA UNDERSÖKNINGAR

Det karterade området täcks av moderna geofysiska flygmätningar som omfattar det jordmagnetiska fältets totalintensitet, markens naturliga gammastrålning och det elektromagnetiska fältet i VLF-området (VLF = Very Low Frequency, dvs. 3–30 kHz). Mätningarna utfördes 1997–1998 med 60 meters flyghöjd, nord-sydlig flygriktning och 200 meters linjeavstånd. Vid mätningen av VLF-fältet har signalen från två sändare registrerats, vilket innebär att data från de bägge sändarna kan kombineras till en riktningsoberoende signal. Väster om koordinat 1500000 är dock mätningarna av något äldre datum (1979). Flygriktningen var även i detta område nord-sydlig men flyghöjden 30 meter och signalen från endast en VLF-sändare registrerades (jfr fig. 12 som visar magnetfältsdata och figur 13 som visar markens beräknade resistivitet i området där signalerna från två VLF-sändare registrerats). Utanför kartområdet, längst i nordväst och söder om koordinat 6900000, förekommer mindre delområden med avvikande mätriktning och flyghöjd.

Förutom ovan nämnda information finns heltäckande topografiska data (höjddata, fig. 14) från Lantmäteriet i form av ett 50 × 50 meters rutnät samt tyngdkraftsdata (SGUs databas). Mätpunktsavståndet för tyngdkraften ligger vanligen i intervallet 1–3 km.

Den magnetiska anomalikartan (fig. 12) ger information om bergarternas utbredning samt om strukturella grunddrag i berggrunden. Anomalierna beror framför allt på bergarternas olika innehåll av magnetiska mineral, främst magnetit och magnetkis.

Anomalikartan uppvisar ett antal anomalier som direkt kan knytas till bergarter som observerats vid berggrundskarteringen. Rödö- och Alnöintrusionerna består till stora delar av magnetiska bergarter och framträder tydligt som positiva anomalikomplex (fig. 12). Längre norrut, sydväst om Härnösand, återfinns tydliga magnetiska anomalier som orsakas av en flackt liggande diabas. Utöver ovan nämnda bergarter indikeras, om än underordnat, magnetiska bergarter såsom amfibolit, diabas och andra gångbergarter.

Fältkontroll av bågformade, positiva magnetiska anomalier väster om Sundsvall visade att de orsakas av magnetkisförande stråk i metagråvackorna. De relativt breda zoner som indikeras av magnetfältsdata från flygmätningarna ger intryck av att bestå av flera smala, subparallella, några meter breda zoner.

Områdets graniter, gråvackor och migmatiter är genomgående lågmagnetiska (paramagnetiska), och det är därför mycket svårt att skilja dessa bergarter från varandra med hjälp av flygmätningen. De små variationer som kan påvisas med hjälp av susceptibilitetsmätningar på hållar korrelerar emellertid relativt väl med den observerade litologiska variationen. Bergarternas låga susceptibilitet medför också att magnetiska data inte kunnat nyttjas för tolkning av sprickzoner på samma sätt som i områden med högre magnetisk relief. Sprickzoner framträder där som lågmagnetiska stråk på den magnetiska kartan.

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

Resistivitetskartan (fig. 13), baserad på VLF-mätningarna, visar låga resistiviteter i dalgångarna till följd av förekomst av vattenförande jordlager eller vattenförande sprickzoner. Det kan dock vara svårt att, utan uppföljande undersökningar eller samtolkning med annan information, avgöra om en sprickzon verkligen är vattenförande eller om den låga resistiviteten orsakas av vattenförande jordlager.

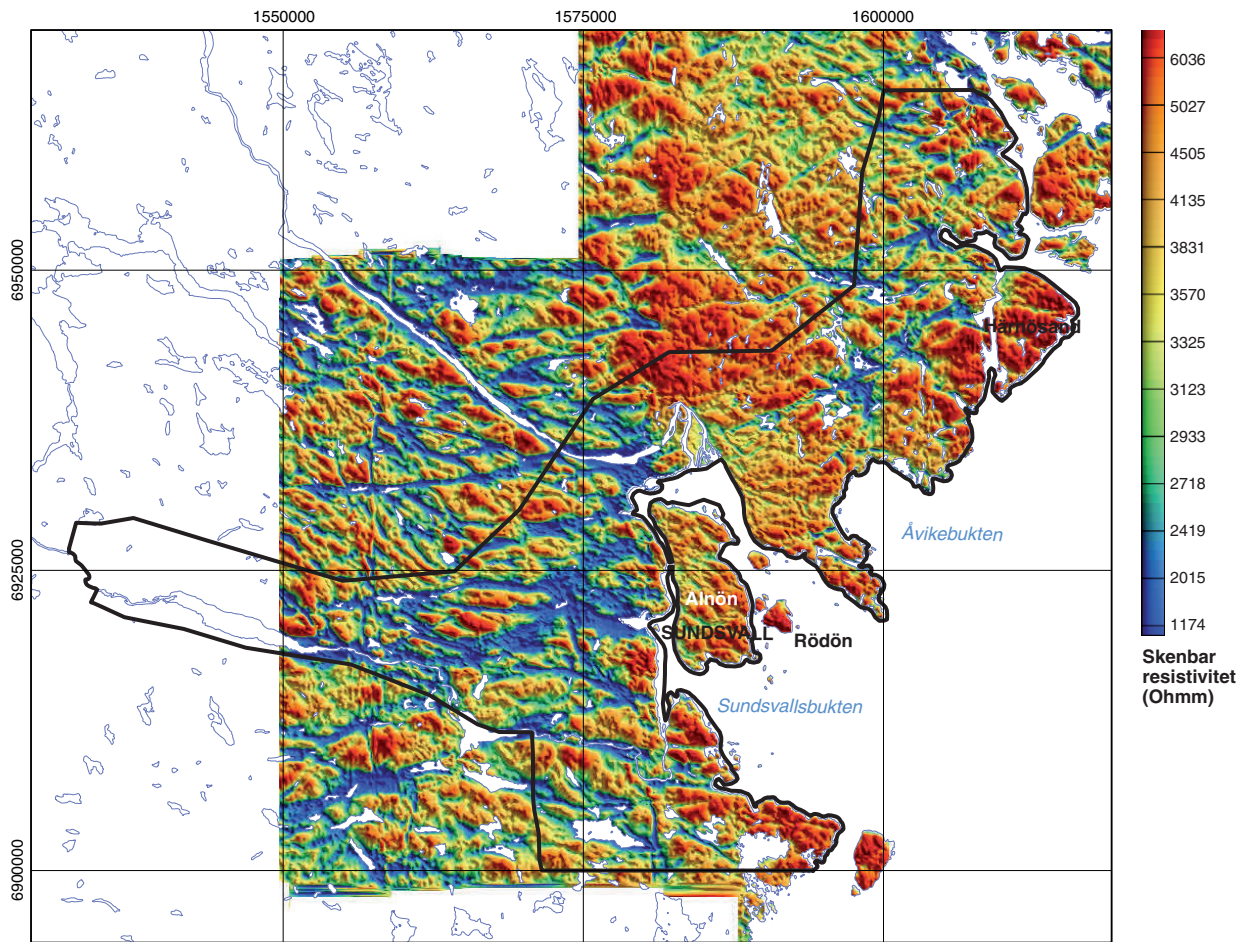


Fig. 13. Markens skenbara resistivitet beräknad utifrån flygburna elektromagnetiska mätningar (signaler från två VLF-sändare). Mätningarna är utförda på ca 60 m flyghöjd med ett linjeavstånd på 200 m och en nord-sydlig flygriktning. Projektområdet har markerats med svart linje.

Apparent ground resistivity map based on airborne electromagnetic measurements (signals from two VLF transmitters) with 60 m ground clearance, 200 m line spacing and flight direction north-south. The project area is indicated by a black line.

De zoner som framträder på den topografiska kartan (fig. 14) är spröda deformationszoner (sprickzoner) som i flera fall kan ha bildats genom reaktivering av äldre, plastiskt deformerade zoner. Många av zonerna är mycket uthålliga (långa) och representerar ett storskaligt system av sprickzoner i området.

En svårighet vid tolkningen, särskilt när det gäller de korta och mer diffusa zonerna, är att skilja topografiska sänkor orsakade av sprickzoner från erosionssänkor som inte nödvändigtvis behöver motsvaras av en sprickzon. I sådana sänkor är blottningar ovanliga vilket ytterligare försvårar tolkningen. De tolkade sprickzonernas uthållighet och samtolkning med annan information har använts för att öka tolkningens tillförlitlighet.

Mätning av gammastrålningen ger 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 vid sammanställningen av berggrundskartan samt för att identifiera bergarter med förhöjd gammastrålning och områden med risk för förhöjda radonhalter. Bergarternas strålningsegenskaper redovisas i avsnittet Berggrundens gammastrålningsegenskaper.

PETROGRAFISK ANALYS

Bergartsprovernas mineralsammansättning och de ingående mineralens mängdförhållanden har bestämts genom punkträkning av tunnslip från stuff med transmissionsmikroskopi. Resultaten visas i

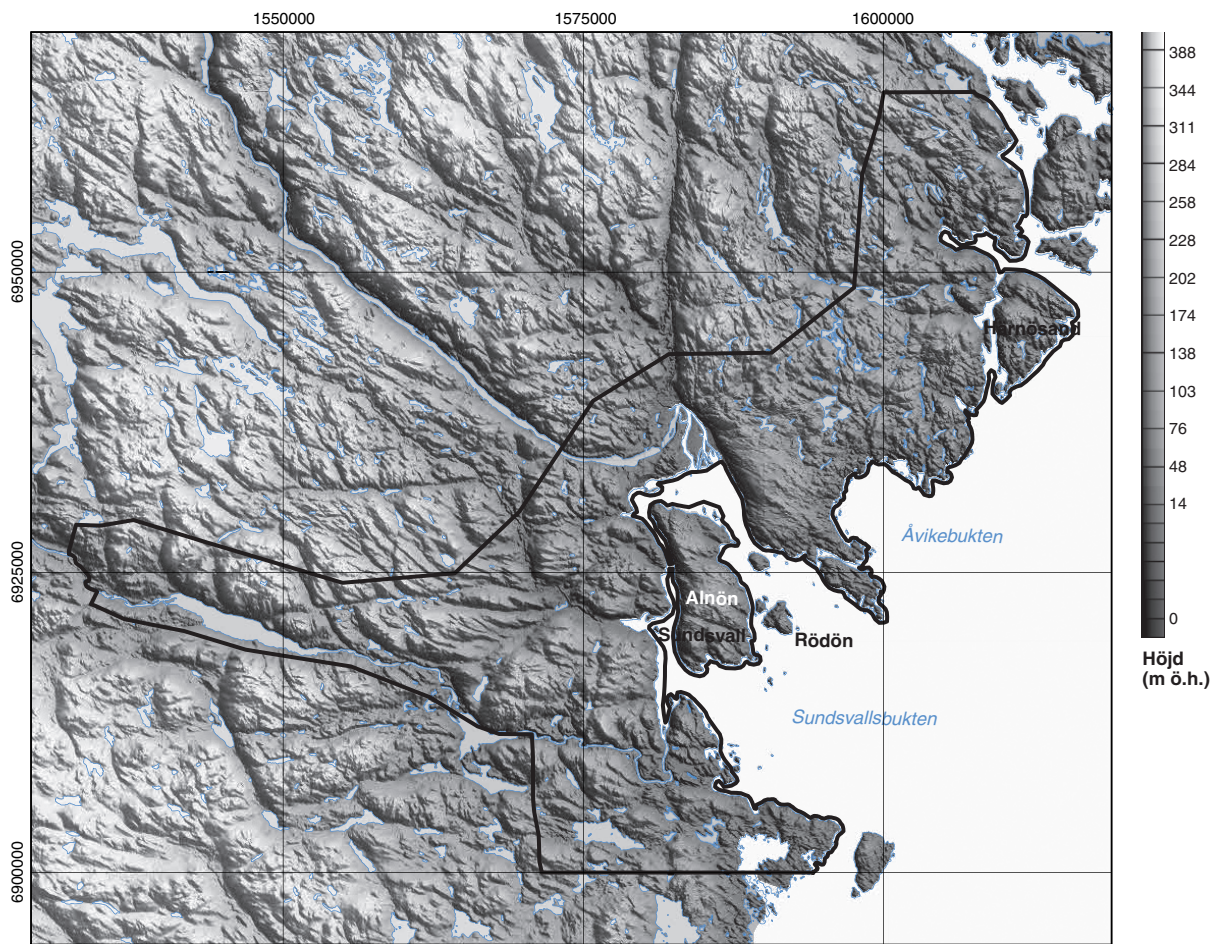


Fig. 14. Höjdreliëfkarta över projektområdet. Kartan baseras på Lantmäteriets digitala höjddatabank (50 m rutnät). Projektområdet har markerats med svart linje.

Topographic relief map of the project area. The map is based upon the digital elevation database (50 m grid) from the National Land Survey of Sweden. The project area is indicated by a black line.

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, så kallade accessorier. Slutligen har en uppskattning av de ingående mineral-kornens storlek och en bedömning av kornfogarnas utseende genomförts (tabell 2).

Bergprover från undersökningsområdet är i varierande grad omkristalliserade och mineralorienterade. De uppvisar varierande mikrostrukturer och texturer med alltifrån raka korngränser till oregelbundna och pusslade korngränser. Ett urval av mikrostrukturer och mikrotexturer redovisas i tabell 2. Generellt uppvisar finkorniga bergarter med oregelbundna (gärna pusslade eller flikiga) korngränser bättre berg-tekniska egenskaper än grövre bergarter med raka eller runda korngränser. En hög frekvens av mikro-sprickor försämrar bergets tekniska egenskaper. Sericitisering av plagioklas kan ge armerande effekter, vilket därmed kan förbättra de tekniska egenskaperna.

Skiktssilikater (glimmer m.m.)

Andelen fri glimmer (bestämd enligt VVMB 613, 2001, för material 0,125–0,25 mm) får inte överstiga 50 % (procent av räknade korn) för obundna vägmateriell. Om andelen är mellan 30 och 50 %, får inte bärlagret trafikeras av tung trafik (Vägverket 2005a). Även omvandlingsmineral som klorit, serpentin

och epidot är intressanta vid bedömningen av bergartens beständighet. Information om mineralsammansättningen redovisas i tabell 1. Partier med glimmerhalter över 30 % förekommer i de välbevarade metagråvackorna såväl som i de metatexitiska, ådrade metagråvackorna. Även de melanokratiska diatexitiska migmatiterna är glimmerrika. De diatexitiska migmatiterna är på grund av sin heterogenitet svåra att provta representativt för punkträkning, varför mycket stora avvikelser i glimmerhalt kan förväntas inom denna bergartsenhet. Enligt fältbedömningen bör dock melanokratiska, diatexitiska migmatiter undvikas för användningsområden där glimmerhalten inte får överstiga 30 %.

Opaka mineral (sulfider m.m.)

Relativt innehåll av sulfider redovisas i tabell 4. Sex av proverna har vid opakmikroskoperingen bedömts ha höga sulfidhalter (>1 %). Ett flertal bergartsenheter finns representerade, såsom två diabaser (CMT060008A, KPN060108A), en amfibolit (TOB070264A), en metagråvacka (JGZ07007A), en leukokratisk granit (TOB050095A) och en melanokratisk, diatexitisk migmatit (TOB060292A).

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. Vid oxidationen kan även metaller frigöras och gå i lösning i lakvattnet. Lakvatten med lågt pH-värde och höga metallkoncentrationer kan orsaka skador på miljön. Vägverket anger att förekomst av ”surt berg”, dvs. bergarter med sulfidmineral, ska studeras inom vägutredningsområden. Normalt korrelerar svavelhalten i ett bergmaterial med mängden sulfidmineral. Vid en svavelhalt högre än 0,3 viktprocent i bergmaterialet, vilket ungefär motsvarar 0,3 volymprocent pyrit, rekommenderas att speciella åtgärder vidtas innan man använder bergmaterialet för betong-, väg- och järnvägsändamål.

Vid t.ex. lagring och användning av ballast med hög sulfidhalt bör tillgången på syresatt vatten minskas genom t.ex. övertäckning eller deponering under grundvattenytan. Hög svavelhalt ska också undvikas om materialet planeras att användas vid betongtillverkning. Om sulfidhalten är hög bör materialet analyseras kemiskt för att bestämma totalhalten av svavel.

DEFORMATIONSZONER, SPRICKOR OCH METAMORFOS

Kartområdets bergarter har under den svekokarelska orogenesen utsatts för veckning och metamorfos under lågtrycks- och högtemperaturförhållanden. Leukosombildning (bildning av ljust granitiskt material på grund av partiell uppsmältning) och förekomst av metamorfa mineral såsom granat, sillimanit och cordierit är mycket vanligt i södra delen av kartområdet. Norr om Sundsvall förekommer granat och cordierit mycket sparsamt. I norra delen av det karterade området förekommer granat endast i pegmatitgångar och i granitiskt leukosom i metagråvackan. Andalusit har påträffats i den välbevarade metagråvackan i trakten av Härnösand.

Längs Ljungans dalgång finns ett större lineament tolkat som en sprickzon. Denna zon utgör ett strukturellt brott med ett nordvästligt strykande strukturmönster norr om zonen och ett nordöstligt söder om zonen. Även observationer i fält tyder på att denna zon ursprungligen varit av plastisk karaktär. Högdahl & Sjöström (2006, 2009) har påvisat tre olika typer av plastisk deformation i trakten kring Stöde. Dessa deformationstyper har även observerats i övriga delar av kartområdet:

- 1) Regional synmagmatisk deformation vilket har gett upphov till planparallell bandning (fig. 15). Intruderande granitgångar i anslutning till denna deformationsfas visar på synmagmatisk skjuvning.
- 2) Skjuvzonsstråk med inroterad äldre foliation (fig. 16a och b). Uppföljning av en sinistral (vänstervriden) skjuvzon nordost om Matfors visar att den deformerar syn- till senorogena leukokratiska graniter och pegmatiter. Zonen har bedömts tillhöra ett till Hasselazonen konjugerande skjuvzonssystem som daterats till 1796 ± 3 miljoner år (Högdahl 2000). Det är oklart om det är samma skjuvzonssystem som fortsätter från Söråker upp till Härnösand, men även denna zon är av samma karaktär.



Fig. 15. Diatexitisk migmatit. Deformation och segregation av smälta i samband med migmatitiseringsprocessen har gett upphov till planparallella strukturer såsom foliation, kompositionell bandning och orientering av metasedimentära inneslutningar. Smitingen (6944679/1614421). Foto: K. Persson Nilsson.

Diatexitic migmatite. Deformation and melt segregation associated with the migmatisation process have resulted in parallel planes of foliation, compositional banding and alignment of metasedimentary restites. Smitingen (6944679/1614421).



Fig. 16. Skjuvzon. Häll öster om Österdälje (6916816/1568556). **A.** Inrotation av äldre foliation samt metasedimentär inneslutning i en sinistral skjuvzon. **B.** Närbild på en sinistral skjuvzon med välutvecklade skjuvband (C'-ytter). Foto: K. Persson Nilsson.

*Shear zone. Outcrop east of Österdälje (6916816/1568556). **A.** Rotation of older foliation and metasedimentary restite into a sinistral shear zone. **B.** Close-up of a sinistral shear zone with well developed (C'-type) shear bands.*

- 3) Ultramyloniter och sprödplastiska skjuvzoner. Zonerna har främst observerats i låglänta områden och längs den välblottade kustremsan. Denna typ av deformation är troligen vanligare än vad som observerats i fält, eftersom den ofta uppträder i jordtäckta dalgångar.

De äldre bergarterna inom projektområdet är storskaligt veckade och har en vanligtvis tydlig foliation eller linjärstruktur. I de välbevarade gråvackorna i trakten av Härnösand finns tydliga, i huvudsak branta lagringsstrukturer och en stundom tydlig axialplansförskiffring (fig. 3, se även Mellqvist m.fl. 2008). Fältobservationer av småskaliga veck såväl som uppåtstrukturer indikerar att de tillhör ett större S-veck med nordostligt strykande veckben. De uppmätta veckaxlarna varierar från branta till relativt flacka i huvudsak västligt eller östligt stupande, även om variationer förekommer. Dessa variationer beror troligen på skillnader i deformationsgrad inom olika bergartsled, där de mindre kompetenta ("mjukare leriga") lagersekvenserna upptar mer deformation med utveckling av en stark axialplansförskiffring och mer sammanpressad veckning. Uppmätta förskiffringsstrukturer varierar från öst–västliga till att vara mer nordostligt strykande, och är dominerande brant, nästintill vertikalt stupande. Veckstrukturer och ett fåtal observerade uppåtstrukturer norr om Härnösand indikerar att detta område möjligen tillhör en större veckomböjning. Veckning indikeras på kartan av de syn- till senorogena granitoidernas form i kartområdets norra del (fig. 2). Lineationer uppmätta i dessa bergarter ser även ut att vara parallella till subparallella med veckaxeln i dessa storskaliga veck.

Den tidigare länskarteringen beskriver två veckfaser efter fältobservationer, bland annat norr om det nu aktuella kartområdet (Lundqvist m.fl. 1990). Enligt denna modell har de ursprungligen horisontellt avlagrade gråvackorna i en första veckfas (F1) pressats samman i öst–västlig riktning med bildning av nord–sydliga, isoklinala veck med flacka axlar och branta axialplan. I en andra veckfas (F2), under nord–sydlig kompression, omställs de tidigare strukturerna till öst–västliga lägen, samtidigt som den branta lagerställningen stjälpas över och bildar flacka, åt öster stupande veckaxlar. Det är oklart om det är den första veckfasen (F1) som brantställer lagringen innan efterföljande veckning sker i de välbevarade gråvackorna vid Härnösand. Brantställningen av lagren kan även förklaras enligt en modell baserad på reflektionsseismiska data, där det har föreslagits att Bottniska bassängen är en allohton, tektoniskt staplad packe med överskjutningar från väster mot öster (Korja & Heikkinen 2005). Dock har två veckfaser observerats i de diatexitiska migmatiterna på Härnön, men det är oklart om veckfaserna tillhör två olika stadier av deformation eller är utvecklade progressivt under en och samma deformationsfas (jfr Högdahl m.fl. 2006).

I det högmetamorfa migmatitområdet i den södra delen av projektområdet, och inom de metatexitiskt migmatitiserade metagråvackorna norr därom, är isoklinala omböjningar av foliation och ådring vanligt förekommande (fig. 17). I den södra delen av kartområdet stupar både veckaxlar och stängligheter i huvudsak 5–50° i varierande strykningsriktning mellan sydsydost och östnordost. Foliationens strykning varierar markant och såväl branta som flacka foliationer har mätts i fält. Dock dominerar öst–västliga foliationsstrykningar i söder och något mer västnordvästliga i sydväst, norr om Ljungan. I området strax väster om Sundsvall bryter foliationsriktningen av något mot östnordost, vilket troligen delvis orsakas av en större deformationszon som också indikeras på den magnetiska anomalikartan.

Brant stupande sprick- och förkastningszoner förekommer inom hela kartområdet. De framträder tydligast på höjdreliëfkartan men övrig information, såsom magnetiska data (dislokationer) och elektromagnetiska data (lågresistiva zoner), har bidragit till tolkningen.

Ett flertal dominerande sprickriktningar framkommer vid lineamenttolkningen. Den mest framträdande har en nordostlig till östnordostlig riktning. Flertalet av dessa spröda zoner har plastiska förlöpare. Vanligt förekommande är också nord–sydliga och öst–västliga lineament. Mindre dominant, men ändå vanligt förekommande är nordnordvästliga samt nordnordöstliga lineament.

Lineamenten på bergkvalitetskartan är tolkade utifrån höjddata och geofysiska data. Deformation av berggrunden kan påverka en bergarts magnetiska egenskaper, framför allt beroende på att innehållet och fördelningen av magnetiska mineral förändras i en bergart under deformationen. Plastiska deformationsstrukturer kan framträda på magnetfältskartan som både positiva och negativa anomalier. Anomaliernas form kan ofta ge information om strukturens kinematik. En sprickzon (spröd deformation) kan synas som en lågmagnetisk zon i mer högmagnetiska värdbergarter, på grund av att magnetit oxideras och omvandlas till hematit som är ett jämförelsevis lågmagnetiskt mineral. Vattenförande sprickzoner har



Fig. 17. Isoklinalt veckad meta-gråvacka. Veckaxeln stupar flackt åt öster. Storbacken, Huljen (6924011/1557799).

Foto: K. Persson Nilsson

Isoclinal folding in metagreywacke. Fold axis gently dipping towards the east. Storbacken, Huljen (6924011/1557799).

bättre elektrisk ledningsförmåga än omgivande sprickfattig berggrund och syns därför i gynnsamma fall i elektromagnetiska data.

Sprickriktning och spricktäthet har bedömts vid 73 provlokaler. Sprickornas orientering (strykning och stupning) anges i ett urval av stereogram där sprickplanen anges som storcirklar (fig. 18). Eftersom ett flertal sprickplan sammanfaller visas de associerade polerna till planen med konturering för att spegla frekvensen av antalet mätningar med samma orientering. Sprickornas orientering varierar i olika delar av det karterade området beroende på berggrundens geologiska och tektoniska utveckling.

Av alla uppmätta sprickor (totalt 2 367) stupar 33 % subvertikalt (80° – 89°), 15 % vertikalt (90°), 33 % brant (60° – 79°) och 9 % moderat (30° – 59°). Endast 10 % av de uppmätta sprickorna har en flackare stupning än 30 grader (horisontella, subhorisontella och flackt stupande). Sprickorna finns representerade i samtliga strykningsintervall men en förhöjning i sprickfrekvens med ostnordostlig riktning är tydlig i det stereogram som visar konturering av poler till sprickplan för samtliga uppmätta sprickor (fig. 18).

BERGGRUNDENS GAMMASTRÅLNINGSEGENSKAPER

Flygmätningarna av gammastrålning, tillsammans med berggrundsinformationen, har legat till grund för planering av mätningar med gammaspektrometer på berghällar. Med hjälp av dessa data har den totala gammastrålningen samt halterna av kalium, uran och torium bestämts. Radiumindex och aktivitetsindex har beräknats för samtliga mätpunkter och lagrats i SGUs databaser.

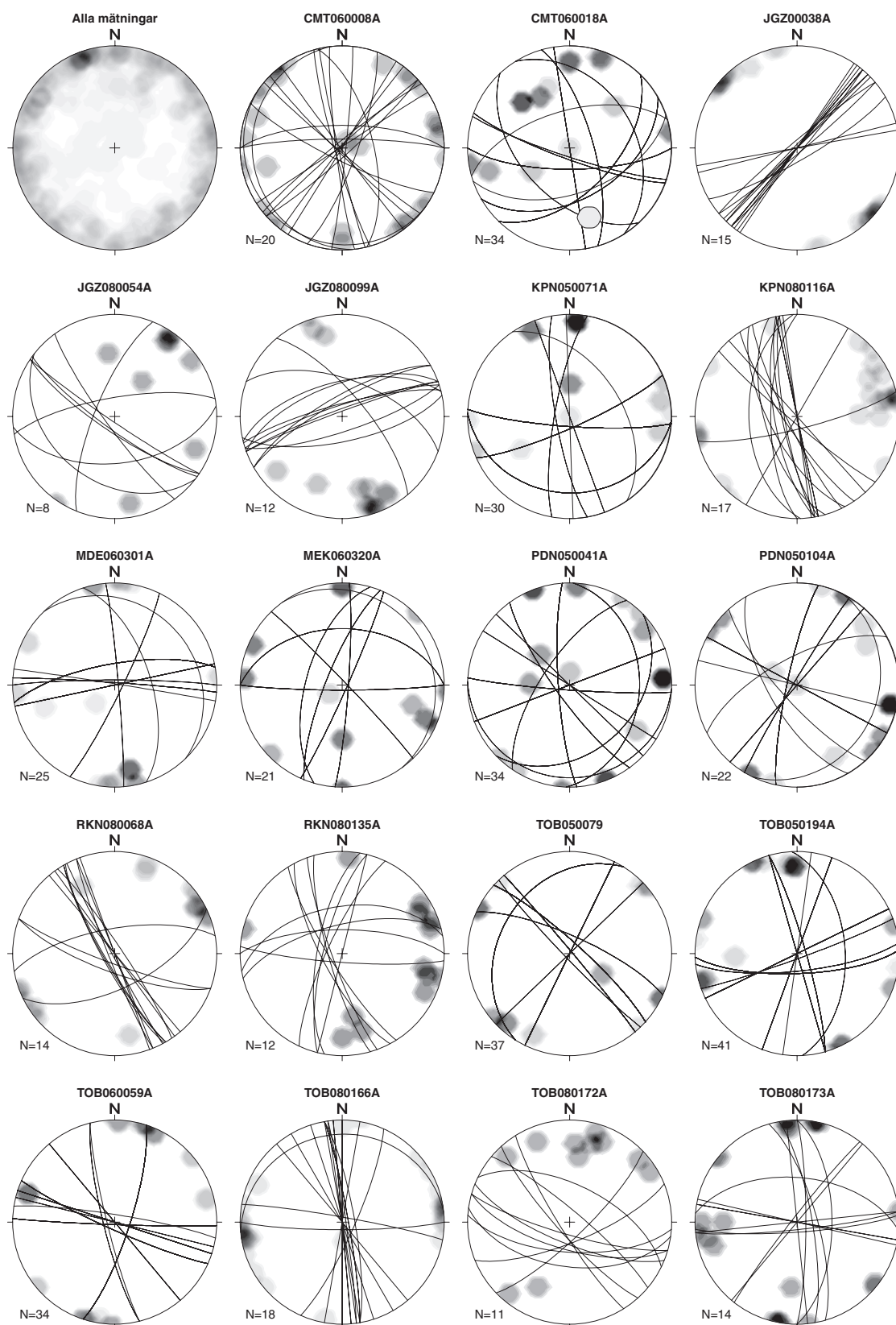


Fig. 18. Stereonät illustrerande orientering (strykning och stupning) av sprickor från ett urval provtagningslokaler. Sprickplanen anges som storcirklar. Eftersom ett flertal sprickplan sammanfaller, visas de associerade polerna till planen med konturering för att spegla frekvensen av antalet mätningar med samma orientering. Samtliga sprickor är plottade på Schmidtnät, undre hemisfären.

Stereonets illustrating the orientation (strike and dip) of fractures from a selection of sample localities. The planes of the fractures are symbolized with great circles. As several of the fracture planes coincide, the associated poles to the planes are shown as contours to reflect the frequency of measurements with the same orientation. All fractures are plotted on a Schmidt net, lower hemisphere.

Enligt rekommendationer från de nordiska ländernas strålskyddsinstitutioner bör aktivitetsindex för byggnadsmaterial vara lägre än 2,0 och radiumindex lägre än 1,0. Undantagsnivån är för aktivitetsindex 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).

Radiumindex beräknas som aktivitetskoncentrationen av radium-226 dividerat med 200, dvs. 200 Bq/kg motsvarar radiumindex 1,0. Vid radiologisk jämvikt motsvarar 200 Bq/kg radium-226 en uranhalt på 16,2 ppm. Aktivitetsindex, m_γ , är beräknas enligt:

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

där C_K , C_{Ra} och C_{Th} är aktivitetskoncentrationen av kalium-40, radium-226 respektive torium-232, alla i enheten Bq/kg (The Radiation protection authorities in Denmark, Finland, Iceland, Norway and Sweden 2000). Halterna av kalium, uran (= radium vid radiologisk jämvikt) 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

De flygburna spektromettermätningarna redovisas i form av en kompositkarta (ternärkarta) över de beräknade och normerade markhalterna av kalium, uran och torium (fig. 19). Mätningarna har gett förhöjda värden över Alnöintrusionen (förhöjda torium- och uranhalter) samt över Rödöintrusionen (förhöjda torium- och kaliumhalter). Bergarterna inom kartområdet uppvisar dock generellt låga strålningsvärden. Vid flygmätningen har radiumindex >1 endast uppmätts över Alnöintrusionen, och inte i någon punkt har aktivitetsindex >2 erhållits.

Vid flygmätningar dämpas strålningen av morän, jord och växtlighet jämfört med mätning direkt på håll, och vid beräkning av markhalterna beaktas inte denna dämpning. Även måttliga förhöjningar (exempelvis radiumindex >0,8) bör därför beaktas. Ett sådant område med radiumindex 0,8–1,0 återfinns i kartområdets nordöstra del (gulfärgat uran-kaliumdominerat område på kompositkartan, fig. 19). Detta område är emellertid mycket välblottat och mätningarna på hållar ger samma strålningsvärden och därmed samma radiumindex.

I samband med den berggrundsgeologiska kartläggningen utfördes på 376 lokaler sammanlagt 1 094 spektromettermätningar direkt på hållar. Utöver en punkt inom Alnöintrusionen erhöles aktivitetsindex >2 bara vid en lokal (6923369/1597596, se även fig. 20). Bergarten är där en migmatit med framför allt förhöjd uranhalt (35–50 ppm). Företeelsen bedöms dock vara mycket lokal och näraliggande mätningar (inom 50 m) visade låga uranhalter (3–5 ppm). Radiumindex över 1 (fig. 21) har uppmätts på 10 lokaler, varav två sammanfaller med de ovan nämnda. Samtliga mätlokaler, samt beräknade radium- och aktivitetsindex, har markerats på bergkvalitetskartan.

TEKNISKA ANALYSER

Vid representativa lokaler har ca 70 kg berg provtagits för bergmaterialtester omfattande kulkvarnsanalys, Los Angelesanalys, micro-Devalanalys och alkalisilikareaktivitet. Berget som provtagits är representativt för provlokalen och inte 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 bergskärningar längs vägar eller vid byggplatser. Provtagning har skett med slägga och spett.

Vid provtagning i bergtäkter har specifika bergprover tagits ut, varför dessa provers egenskaper kan avvika från bulkmateriallets. En jämförelse med bergtäkternas produktionsdata och SGUs provresultat har gjorts i syfte att säkerställa klassificeringen av berget i dessa områden. Totalt har 78 prover tagits inom

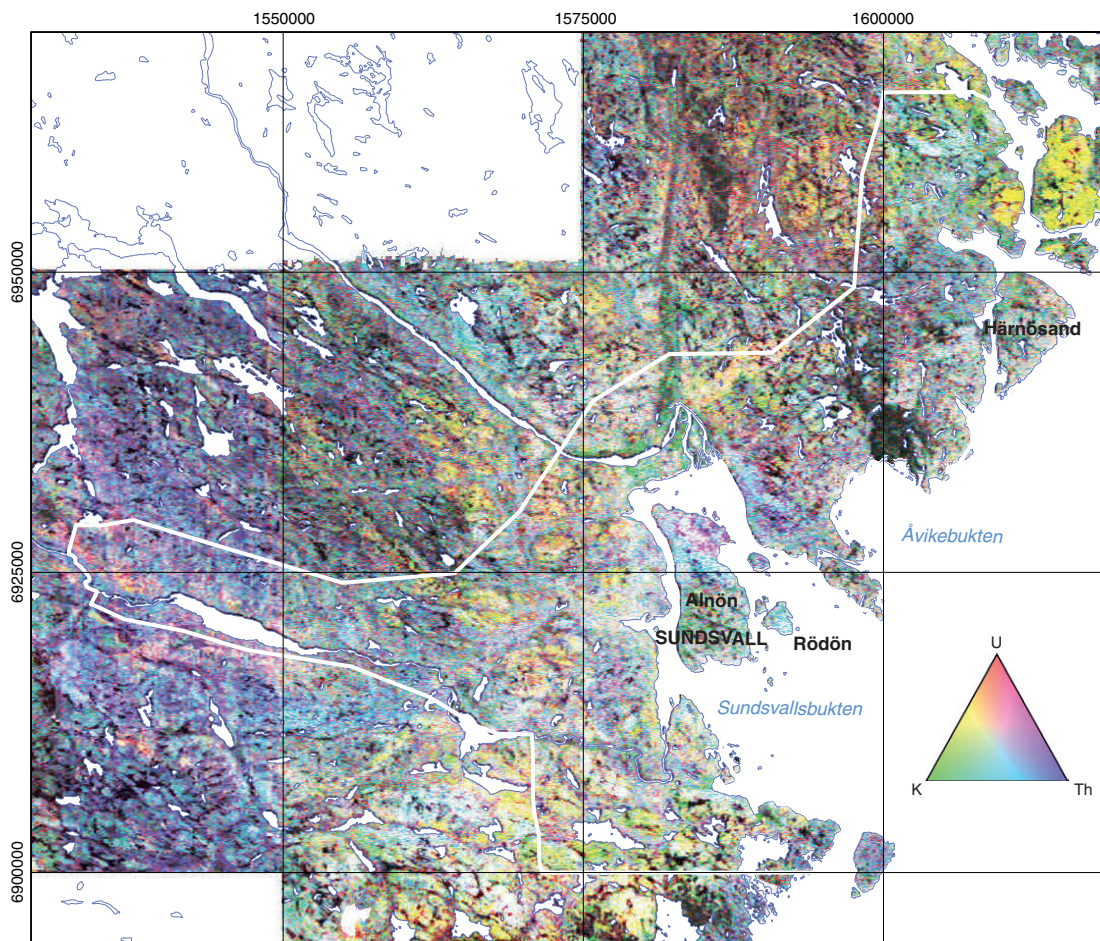


Fig. 19. Kartan visar en ternär färgkomposit (K-U-Th) av de ur flygburna spektrometermätningar framräknade och normerade markhalterna av kalium, uran och torium. Kaliumdominerade områden ger gröna, urandominerade röda och toriumdominerade områden blå färgnyanser. Mätningarna har huvudsakligen utförts på ca 60 m flyghöjd med ett linjeavstånd på 200 m och en nord-sydlig flygriktning. Projektområdet har markerats med vit linje.

The map shows a ternary colour composite (K-U-Th) of the normalized ground content of potassium, uranium and thorium based on airborne surveys. The measurements have predominantly been carried out with 60 m ground clearance, 200 m line spacing and flight direction north-south. The project area is indicated by a white line.

ramen för det aktuella karteringsområdet. Gammastrålningsmätning har skett vid i stort sett alla dessa lokaler, med undantag av ett fåtal där det inte var tekniskt möjligt att mäta.

Utöver de inom projektet provtagna bergarterna har analysresultat från krossberginventering i Sundsvall, Timrå och Härnösands kommuner (Persson 1992) ingått i tolkningsmaterialet.

Kulkvarnsanalys

Kulkvarnsanalyserna har utförts enligt FAS-Metod 259-02 (Föreningen för asfaltsbeläggningar i Sverige 2002, vilket motsvarar, Svensk Standard 2004d, Nordiska kulkvarnsmetoden). Krossning har utförts i en rotationskross med 30 mm utloppsspalt och i en laboratoriekäftkross med utloppsspalt inställd på 16 mm. Grovsiktning har skett i en maskinskak och finsiktning enligt FAS-metod 221-98 (Föreningen för asfaltsbeläggningar i Sverige 1998). Den analyserade fraktionen är 11,2–16 mm.

Harpsiktning har skett med spaltvidden 6,3 mm för att avlägsna de flisigaste kornen och erhålla ett flisighetsindex (jfr Svensk Standard 1997c) som motsvarar storproduktionsdrift, då materialet nöts under längre tid. Analys har i första hand gjorts på enkelprov. Kulkvarnsvärdena (A_N -värdena) presenteras i tabell 3.

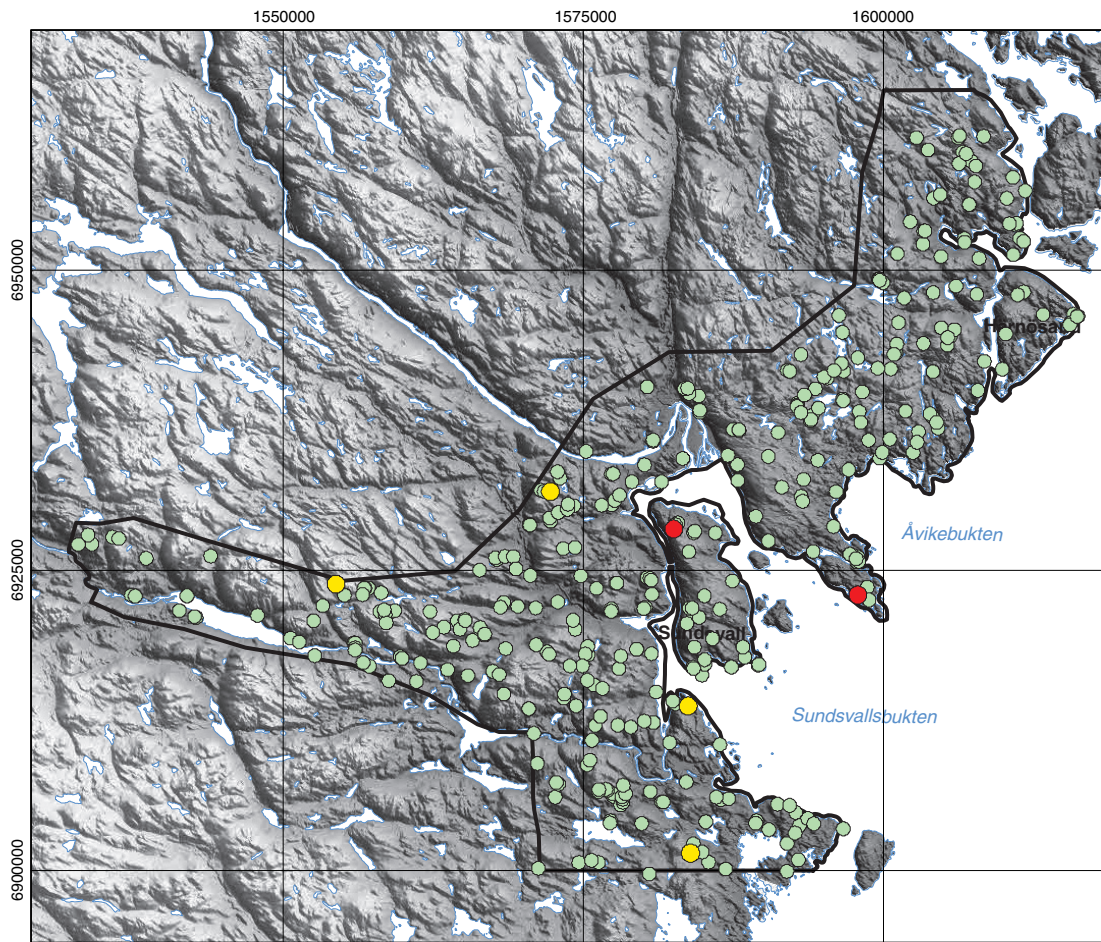


Fig. 20. Karta över beräknade aktivitetsindex (AI) baserade på mätningar på hållar. Med grön färg visas AI < 0,8, med gul färg AI 0,8–1,0 och med röd färg AI > 1,0.

Map showing calculated activity index (AI) based on outcrop measurements. Green colour indicates AI < 1,0, yellow colour AI 1,0–2,0 and red colour AI > 2,0.

Kulkvarnsvärdet är ett mått på bergets nötningsmotstånd. De sämsta (högsta) värdena erhåller fyra diatexitiska migmatiter (TOB070035A 23,1 %, GRS050077A 23,3 %, TOB080173 22,2 % och TOB070113A 29,0 %) samt en leukogranit (MEK060320A 22,4 %). Dock är variationen stor inom de flesta bergartsgrupperna (fig. 22), på grund av varierande grad av nya kornbildningar och kornstorleksförgrövning under migmatitiseringsprocessen (gäller gråvackor och migmatiter), skillnader i mineralogi, typ av kornfogar, samt grad av tektonisk påverkan, vilket påverkar parallellorienteringen av mineral och halten av mikrosprickor.

Bäst kulkvarnsvärden erhåller finkorniga, porfyriska gångar associerade med Rödöintrusionen, så kallade Rödöporfyryr (GRS050048B 5,5 % och GRS050149A 6,3 %).

Los Angelesanalys

Krossning och siktning för Los Angelesanalys har skett på samma sätt som för kulkvarnsanalyserna. Detta ger ett flisighetsindex för samtliga bergartsmaterial som är jämförbart med material erhållet från storproduktionsdrift. Los Angelesvärdet (LA-värdet) har därefter bestämts på enkelprov med storleksfraktionen 10–14 mm enligt SS-EN 1097-2 (Svensk Standard 1997b).

Resultaten från Los Angelesanalyserna presenteras i tabell 3. LA-värdet är ett mått på bergartens sprödhet. Bergarterna inom karteringsområdet uppvisar en stor spridning i LA-värden och även en

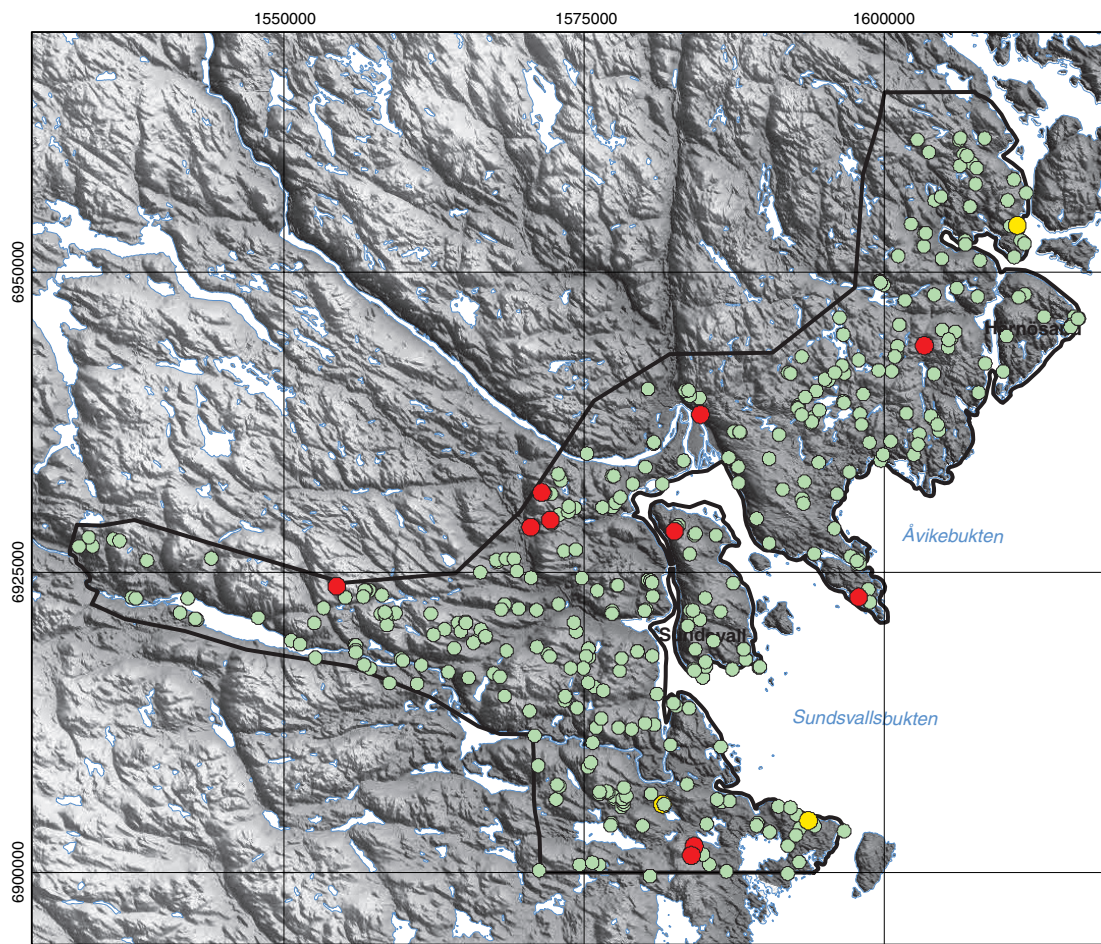


Fig. 21. Karta över beräknade radiumindex (RI) baserade på mätningar på hällar. Med grön färg visas RI < 0,8, med gul färg RI 0,8–1,0 och med röd färg RI > 1,0.

Map showing calculated radium index (RI) based on outcrop measurements. Green colour indicates RI < 0.8, yellow colour RI 0.8–1.0 and red colour RI > 1.0.

stor spridning inom enskilda bergartsgrupper. Leukograniterna i undersökningsområdet är generellt sett spröda med det lägsta erhållna värdet på 28,8 % (IVD050174A) och det högsta värdet på 46,3 % (MEK060320A, fig. 22). Medelvärde för gruppen ligger på 36,5 % (11 prover). Metagråvackor som utsatts för migmatitisering påverkas negativt (ökat LA-värde). De metagråvackor som uppvisar ådring (metatexitiska migmatiter) erhåller värden mellan ca 20 % och 30 % (fig. 22). Ännu större spridning erhåller de diatexitiska migmatiterna, vilka erhåller värden mellan ca 20 % och 50 % (fig. 22). Även de finkorniga till medelkorniga syn- till senorogena graniterna ("Härnögraniterna") erhåller en stor spridning i LA-värde (från 20 % till över 50 %, fig. 22). De lägre värdena (20 % till 30 %) erhålls från prover tagna norr om Timrå inom det karterade området, med undantag för ett prov (KAM070269A 30,5 %), vilket är taget på en grovt medelkornig granit.

Lägst LA-värden erhålls från finkorniga diabaser, amfiboliter och välbevarade gråvackor (fig. 22). Även Rödöporfyren erhåller LA-värden under 20 % (fig. 22).

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 närmaste åren kan denna helt komma att ersätta kulkvarnsmetoden, varför en korrelation mellan de två metoderna anses

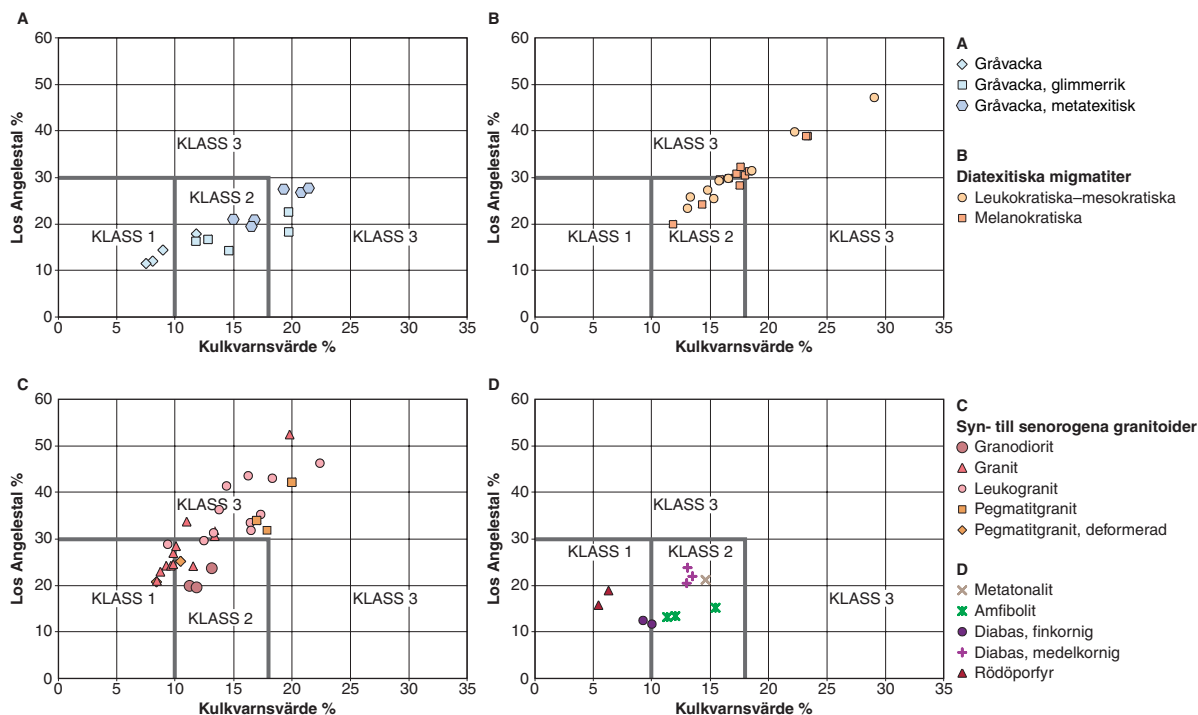


Fig. 22. Diagram som visar de tekniska analysresultaten, kulkvarnsvärde (A_N) och Los Angelesvärde (LA) för de olika bergartsproverna i kartområdet. Klassificeringen (1–3) avser vägmakadam och är endast baserad på de ovanstående två parametrarna, varför vissa avvikelser kan finnas jämfört med de övriga data som redovisas i tabell 2. **A.** Svecofenniska ytbergarter såsom välbevarade metagråvackor och metatexitiskt migmatitiserade metagråvackor. **B.** Diatexitiska migmatiter. **C.** Syn- till senorogena granitoider. **D.** Metatonalit, amfiboliter, diabaser och Rödöporfyr.

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. Classification (1–3) for road-material in the diagram is based only on LA and A_N , and therefore some differences may occur compared to the data in Table 2. **A.** Svecofennian supracrustal rocks, such as metagreywacke and metatexite migmatite with metagreywacke protolith. **B.** Diatexite migmatite. **C.** Syn- to late orogenic granitoids. **D.** Metatonalites, amphibolites, diorites and Rhyolites.

vara nödvändig att göra. 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). Då analysresultaten hamnat i närheten av klassificeringsgränsvärdena (bilaga 1) har dubbelprov utförts. I två fall har trippelprov utförts (prov JGZ070283 och TOB080172).

Resultaten av analyserna från undersökningsområdet presenteras i tabell 3. Micro-Devalvärdena följer kulkvarnsvärdena relativt väl och korrelationen mellan metoderna i detta område är $M_{DE} = 0,66 \times A_N$ ($R^2 = 0,84$). Högsta M_{DE} -värdet ger en leukokratisk till mesokratisk, diatexitisk migmatit (TOB070113A 18,5 %).

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 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 reaktivitets-skala: opal (amorft 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): I) mycket osannolikt alkalireaktiv, II) osäker eller potentiell risk samt III) mycket sannolikt alkalireaktiv.

Sextioåtta tunnslip har undersökts. Resultaten presenteras i tabell 3. Sex av proverna bedöms som mycket sannolikt alkalireaktiva (ASR = III). Tjugo av proverna bedöms ha en potentiell risk (ASR = II), och fyrtiotvå av proverna bedöms som mycket osannolikt alkalireaktiva (ASR = I).

SAMMANSTÄLLNING AV BERGKVALITETSKARTAN

Med utgångspunkt från de analyser som gjorts på olika platser, utvalda för att representera berggrunden inom undersökningsområdet, har en karta över fördelningen av de olika bergkvalitetsklasserna framställts. Med tanke på berggrundens heterogenitet blir sammanställningen översiktlig. Vanligen urskiljs områden med tre kvalitetsklasser, nämligen 1) god, 2) mindre god och 3) dålig kvalitet. Inom denna aktuella studie har ytterligare en kvalitetsklass tillämpats, nämligen 4) direkt olämplig (t.ex. Alnöintrusionen). 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 indelningen på bergkvalitetskartan främst på kulkvarnsvärdena i relation till de krav som ställs i ATB VÄG 2005 (Vägverket 2005 a, b). Parallellt har en bedömning gjorts av övriga analysresultat (jfr Persson & Schouenborg 1995) såsom Los Angelesvärde och potentiell förekomst av alkalisilikareaktivt material samt av radium- och aktivitetsindex. 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, togs från en bergart om inget annat angivits. 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 klassificeringen är baserad på redovisas i tabellerna 3 samt i figur 22. Omkring 2,8 % av berggrunden har klassificerats som klass 1-material, cirka 31 % av berggrunden har bedömts som klass 2-material, 64,6 % som klass 3-material och 1,6 % som klass 4-material (Alnökomplexets bergarter). Den stora dominansen av klass 3-material kan förklaras av att berggrunden i det karterade området har påverkats av metamorfos, deformation och uppsmältning under höga temperaturer med bildning av diatexitiska migmatiter samt leukokratiska graniter som följd. Den omkristallisering av berggrunden som följt har kraftigt försämrat dess samtliga tekniska egenskaper. Bland klass 2-materialen märks framför allt ett flertal stråk av metatexitiska migmatiter, områden där metagråvackorna är måttligt migmatitiserade, men där åderbildning och gnejsighet är vanlig. Amfiboliter, metatonaliter och medelkorniga diabaser faller inom klass 2-materialen. Även ett bälte med syn- till senorogena granodioriter till tonaliter i karteringsområdets norra del (fig. 2) ger värden representativa för klass 2-material.

Mycket goda tekniska egenskaper uppvisar Rödöporfyryrerna, de finkorniga diabaserna samt välbevarade gråvackor med övervägande arenitiska partier (fattiga på "lerrika" lagersekvenser). Dessa bergarter, tillsammans med ett område med finkorniga till medelkorniga syn- till senorogena graniter till granodioriter ("Härnögraniter") norr om Timrå, ger analysvärden inom klass 1. Dock bör nämnas att det finns partier med mer grovt medelkorniga, syn- till senorogena graniter norr om Timrå som ger sämre analysresultat (t.ex. KAM070269A). Även mindre bergartskroppar med tätt porfyrisk granit i kartområdets norra del har klassificerats som klass 3-material. De tätt porfyrisk graniterna har inte provtagits för analys, då de är djupt påverkade av vittring och uppträder mycket sprött med uppsprickning mellan porfyroklasterna (ca 1 × 1,5 cm stora), som vanligen är parallellorienterade och därmed utgör svaghetsplan.

Syn- till senorogena graniter söder om Timrå uppvisar betydligt sämre tekniska egenskaper än deras motsvarigheter norr om Timrå. Förklaringen kan vara att metamorfosgraden varit högre i det södra området, vilket har gett upphov till tekniskt sett sämre mikrotexturer (kornfogar och kornfogsomvandlingar). Dessutom uppvisar de syn- till senorogena graniterna i ett stråk mellan Timrå och Härnösand (fig. 2) en högre grad av plastisk deformation, vilket har gett upphov till bättre tekniska egenskaper bland annat genom kornstorleksförminskningar.

Det bör poängteras att alla bergarter som bedömts som klass 3-material inte utan vidare är lämpliga att använda till obundna väglager på grund av alltför dåliga sprödhetsegenskaper.

Vid användande av bergmaterial som vattenbyggnadssten i samband med erosionsskydd, fundament etc. är det viktigt att de krav (bilaga 1) som föreligger i SS-EN 13383-1 (Svensk Standard 2002) efterföljs. För att kunna använda bergarter med förhöjd vattenabsorption som vattenbyggnadssten rekommenderas att frostbeständigheten bestäms genom frys-tömetoden (SS-EN 1367-1, Svensk Standard 2000). Bergarter som är kraftigt styrkeanisotropa, t.ex. metasedimentära bergarter med noterbara svaghetsplan, eller vittrade bör undvikas som vattenbyggnadssten.

REFERENSER

- Andersen, T., 1996: Sr, Nd and Pb isotopic data of the Alnö carbonatite complex. *Abstract volume, 22nd Nordic Geological Winter Meeting*, 11.
- Andersson, U.B., 1997: Petrogenesis of some Proterozoic granitoid suites and associated basic rocks in Sweden (geochemistry and isotope geology). *Sveriges geologiska undersökning Rapporter och meddelanden 91*, 216 s.
- Andersson, U.B., Högdahl, K., Sjöström, H. & Bergman, S., 2004: Magmatic, detrital, and metamorphic ages in metamorphic rocks from south-central Sweden. *GFF 126*, 16–17.
- Andersson, U.B., Högdahl, K., Sjöström, H. & Bergman, S., 2006: Multistage growth and reworking of the Palaeoproterozoic crust in the Bergslagen area, southern Sweden: evidence from U-Pb geochronology. *Geological Magazine 143*, 679–697.
- Banverket, 2004: *BVS 585.52, Makadamballast för järnväg*. Eva-Lotta Olsson, 2004-09-01, 29 s.
- BFS, 1990: Nybyggnadsregler ändringar. *Boverkets författningssamling. BFS 1990:28, Nr.2*. Stockholm, ISBN 91-38-12510-2, 41 s.
- Boverket 2004: Boverkets handbok om betongkonstruktioner. *BBK 04*, 271 s.
- Brueckner, H.K. & Rex, D.C., 1980: K-A and Rb-Sr geochronology and Sr isotopic study of the Alnö alkaline complex, northeastern Sweden. *Lithos 13*, 111–119.
- Claesson, S., 1987: Nd isotope data on 1.9–1.2 Ga old basic rocks and metasediments from the Bothnian basin, central Sweden. *Precambrian Research 35*, 115–126.
- Claesson, S. & Lundqvist T., 1995: Origins and ages of Proterozoic granitoids in the Bothnian Basin, central Sweden; isotopic and geochemical constraints. *Lithos 36*, 115–40.
- Claesson, S., Huhma, H., Kinny, P.-D. & Williams, I.-S., 1993: Svecofennian detrital zircon ages – implications for the Precambrian evolution of the Baltic Shield. *Precambrian Research 64*, 109–130.
- Eckermann, H. von, 1948: The alkaline district of Alnö Island. *Sveriges geologiska undersökning Ca 36*, 176 s.
- Föreningen för asfaltsbeläggningar i Sverige, 1998: *FAS-metod 221-98: Bestämning av kornstorleksfördelning genom siktningsanalys*. Föreningen för asfaltsbeläggningar i Sverige, 7 s.
- Föreningen för asfaltsbeläggningar i Sverige, 1999: *FAS-metod 244-99: Bestämning av LT-index*. Föreningen för asfaltsbeläggningar i Sverige, 5 s.
- Föreningen för asfaltsbeläggningar i Sverige, 2001: *FAS-metod 210-01: Bestämning av sprödhetsstal*. Föreningen för asfaltsbeläggningar i Sverige, 5 s.
- Föreningen för asfaltsbeläggningar i Sverige, 2002: *FAS-metod 259-02: Bestämning av kulkvarnsvärde*. Föreningen för asfaltsbeläggningar i Sverige, 5 s.
- Hellström, F., Andersson, J., Persson Nilsson, K., Bergman, T. & Andriuš, R., 2010: U-Pb zircon SIMS geochronology of a leucogranite at Björkö in the Sundsvall area, central Sweden. *SGU-rapport 2010:16*, 12 s.
- Hode Vuorinen, J., 2005: The Alnö alkaline and carbonatitic complex, east central Sweden – a petrogenetic study. *Doktorsavhandling. Meddelanden från Stockholms universitets institution för geologi och geokemi nr 324*, 30 s.
- Huhma, H., 1987: Provenance of early Proterozoic and Archaean metasediments in Finland: a Sm-Nd isotopic study. *Precambrian Research 35*, 127–143.
- Högbom, A.G., 1895: Ueber das Nephelinsyenitgebiet auf der Insel Alnö. *Geologiska Föreningens i Stockholm Förhandlingar 17*, 100–160, 214–256.
- Högdahl, K., 2000: Late-orogenic, ductile shear zones and protolith ages in the Svecofennian Domain, central Sweden. *Doktorsavhandling. Meddelanden från Stockholms universitets institution för geologi och geokemi nr 309*, 21 s.

- Högdahl, K. & Sjöström, H., 2006: Relationen mellan smältning-metamorfos och deformation i gränsområdet mellan Ljusdalsbatoliten och Bottniska bassängen. *Lägesrapport externt FoU-projekt 60-1395/2005, Sveriges geologiska undersökning*, 2 s.
- Högdahl, K. & Sjöström, H., 2009: Part 1. Relationship between partial melting, metamorphism and deformation in the area between the Ljusdal Batholith and the Bothnian Basin, central Sweden. *Slutrapport externt FoU-projekt 60-1395/2005. Sveriges geologiska undersökning*, 47 s.
- Högdahl, K., Sjöström, H. & Andersson, U.B., 2006: Tectonic units and correlation problematics in the central Svecofennian domain. *Slutrapport externt FoU-projekt 60-1158/2002, Sveriges geologiska undersökning*, 35 s.
- Högdahl, K., Sjöström, H., Andersson, U.B. & Ahl, M., 2008: Continental margin magmatism and migmatization in the west-central Fennoscandian Shield. *Lithos* 102, 435–459.
- Kresten, P., 1976: A magneticometric survey of the Alnö complex. *Geologiska Föreningens i Stockholm Förhandlingar* 98, 364–365.
- Kresten, P., 1990: Alnöområdet. I T. Lundqvist, D.G. Gee, R. Kumpulainen, L. Karis & P. Kresten: Beskrivning till berggrundskartan över Västernorrlands län. Med tillhörande kartor i skala 1:200 000 och specialkarta över Alnökomplexets berggrund i skala 1:10 000 tryckt 1987. *Sveriges geologiska undersökning Ba 31*, 429 s.
- Kresten, P., Printzlau, I., Rex, D., Vartiainen, H. & Woolley, A., 1977: New ages of carbonatitic and alkaline ultramafic rocks from Sweden and Finland. *Geologiska Föreningens i Stockholm Förhandlingar* 99, 62–65.
- Korja, A. & Heikkinen, P., 2005: The accretionary Svecofennian orogen – insight from the BABEL profiles. *Precambrian Research* 136, 241–268.
- 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, T., Gee, D.G., Kumpulainen, R., Karis, R. & Kresten, P., 1990: Beskrivning till berggrundskartan över Västernorrlands län. Med tillhörande kartor i skala 1:200 000 och specialkarta över Alnökomplexets berggrund i skala 1:10 000 tryckt 1987. *Sveriges geologiska undersökning Ba 31*, 429 s.
- Lundqvist, T., Vaasjoki, M. & Persson, P.-O., 1998: U-Pb ages of plutonic and volcanic rocks in the Svecofennian Bothnian Basin, Central Sweden, and their implications for the Palaeoproterozoic evolution of the Basin. *GFF* 120, 357–363.
- Magnusson, N.H., 1949: Berggrunden. I N.H. Magnusson, E. Granlund & G. Lundqvist: *Sveriges geologi, andra upplagan*. Svenska Bokförlaget Nordstedts, 211 s.
- Meert, J.G., Walderhaug, H.J., Torsvik, T.H. & Hendriks, B.W.H., 2007: Age and paleomagnetic signature of the Alnö carbonatite complex (NE Sweden): Additional controversy for the Neoproterozoic paleoposition of Baltica. *Precambrian Research* 154, 159–174.
- Mellqvist, C., Bergman, T., Johansson, R., Nysten, P. & Persson Nilsson, K., 2008: Sundsvall berg och bergkvalitet. I H. Delin (red.): Berggrundsgeologisk undersökning. Sammanfattning av pågående verksamhet 2006. *Sveriges geologiska undersökning Rapporter och meddelanden 130*, 120–131.
- Miller, R.G., O'Nions, R.K., Hamilton, P.J. & Welin, E., 1986: Crustal residence ages of clastic sediments, orogeny and continental evolution. *Chemical Geology* 57, 87–99.
- Morogan, V., 1988: Fenitization, hallmark of the ijolite-carbonatite magmatic association. *Doktorsavhandling. Meddelande från Stockholms universitets geologiska institution nr 274*, 44 s.
- Morogan, V. & Lindblom, S., 1995: Volatiles associated with the alkaline-carbonatite magmatism at Alnö, Sweden: a study of fluid and solid inclusions in minerals from the Långarsholmen ring complex. *Contributions to mineralogy and petrology* 122, 262–274.
- Persson, L. & Schouenborg, B., 1995: Kvalitetsklassning av bergarter N Stockholm, del 2. *SP, Sveriges Provnings- och Forskningsinstitut, Byggnadsteknik, SP RAPPORT 1995:49*, 42 s.
- Persson, L. & Schouenborg, B., 1996: Quality classification of rock in Sweden. *European Aggregates. Official Journal of UEPG, Union Européenne des Producteurs de Granulats. UEPG*, 2–3/96, 32–37.
- Persson, M., 1992: Inventering av krossberg i Sundsvall, Timrå och Härnösands kommuner. *Länsstyrelsen i Västernorrlands län 1992:I*. 128 s.

- RILEM Recommended test method AAR-1, 2000a: Detection of potential alkali-reactivity of aggregates – Petrographic method. *Materials and structures* 36, 480–496.
- Sawyer, E.W. 2008: Atlas of Migmatites. *The Canadian Mineralogist, Special Publication* 9, 371 s.
- Stenlid, L., 1996: Klassificering av bergarter med Los Angelesstrumma. Skanska Mellansverige AB, Väglaboratoriet Bålsta. *Slutrapport SBUF projekt nr 2135*, 84 s.
- Svensk Standard, 1997a: SS-EN 1097-1: Ballast – Mekaniska och fysikaliska egenskaper – Del 1: Bestämning av nötningsmotstånd (micro-Deval). Swedish Standards Institute, 11 s.
- Svensk Standard, 1997b: SS-EN 1097-2: Ballast – Mekaniska och fysikaliska egenskaper – Del 2: Bestämning av motstånd mot sönderdelning. Swedish Standards Institute, 29 s.
- Svensk Standard, 1997c: SS-EN 933-3: Ballast – Geometriska egenskaper – Del 3: Bestämning av kornform – Flisighetsindex. Swedish Standards Institute, 10 s.
- Svensk Standard, 2000: SS-EN 1367-1: Ballast – Beständighetsegenskaper – Del 1: Bestämning av frostbeständighet genom frys-töprovnings. Swedish Standards Institute, 14 s.
- Svensk Standard, 2002: SS-EN 13383-1: Ballast – Vattenbyggnadssten – Del 1: Krav. Swedish Standards Institute, 40 s.
- Svensk Standard, 2003: SS-EN 13450: Makadamballast för järnväg. Swedish Standards Institute, 35 s.
- Svensk Standard, 2004a: SS 137003: Betong – Användning av EN 206-1 i Sverige. Swedish Standards Institute, 19 s.
- Svensk Standard, 2004b: SS-EN 933-4: Ballast – Geometriska egenskaper – Del 4: Bestämning av kornform – LT-index. Swedish Standards Institute, 11 s.
- Svensk Standard, 2004c: SS-EN 1097-6: Ballast – Mekaniska och fysikaliska egenskaper – Del 6: Bestämning av korndensitet och vattenabsorption. Swedish Standards Institute, 3 s.
- Svensk Standard, 2004d: SS-EN 1097-9: Ballast – Mekaniska och fysikaliska egenskaper – Del 9: Bestämning av motstånd mot nötning av dubbdäck (Nordiska kulkvarnsmetoden). Swedish Standards Institute, 12 s.
- Swedish concrete association, 1991: *Durable concrete structures. Concrete Report No. 1 (E)*. Swedish Concrete Association, 55 s.
- Trädgårdh, J. & Lagerblad, B., 1996: Influence of ASR cracking on the frost resistance of concrete. *Cement och Betong Institutet, CBI rapport 1:96*, 48 s.
- The Radiation Protection Authorities in Denmark, Finland, Iceland, Norway and Sweden, 2000: *Naturally occurring radioactivity in the Nordic countries – recommendations*. ISBN 91-89230-00-0, 81 s.
- VVMB 613, 2001: Bestämning av glimmerhalt i materialets finfraktion, Vägverkets metodbeskrivningar till ATB Väg. *VV Publ. 2001:100*, 8 s.
- Vägverket 2005a: Allmän teknisk beskrivning för vägkonstruktion. Kapitel E. Obundna material. *ATB VÄG 2005 Publ 2005:112*, 105 s.
- Vägverket 2005b: Allmän teknisk beskrivning för vägkonstruktion. Kapitel F. Bitumenbundna material. *ATB VÄG 2005 Publ. 2005:112*, 90 s.
- Welin, E., 1987: The depositional evolution of the Svecofennian supracrustal sequence in Finland and Sweden. *Precambrian Research* 35, 95–113.
- Welin, E., 1994: The U-Pb zircon age of the Rödön rapakivi granite, central Sweden. *GFF* 116, 113–114.
- Welin, E., Lundström, I. & Åberg, G., 1972: Fission Track Studies on Hornblende, Biotite and Phlogopite from Sweden. *Bulletin of the Geological Society of Finland* 44, 35–46.
- Welin, E., Christiansson, C. & Kähr, A.-M., 1993: Isotopic investigations of metasedimentary and igneous rocks in the Paleoproterozoic Bothnian Basin, central Sweden. *Geologiska Föreningens i Stockholm Förhandlingar* 115, 285–296.
- Åkerblom, G., Petterson, B. & Rosén, B., 1990: Markradon. Handbok för undersökning av markradonförhållanden. *Byggforskningsrådets rapport R85:1988, reviderad utgåva 1990*, 160 s.

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 slitlager-skikt för vägar med höga ÅDT-tal (årsdygnstrafik, motorvägar etc.) för vilka det krävs <7 % AN. 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 2005 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 vikt-%), 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, Föreningen för asfaltsbeläggningar i Sverige 1999) 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 bland annat påverkar frostbeständigheten. Klass 3 har dåliga tekniska egenskaper (framför allt hög till mycket hög grad av 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 inte 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 ej 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 och Micro-Devalanalys har i första hand utförts som enkelprov. Då analysresultat hamnat i närheten av klassificeringsgränsvärden har dubbelprov utförts.

Engodkorrelation finns mellan sprödhetstal (s , 8–11 mm, FAS-metod 210-01, Föreningen för asfaltsbeläggningar i Sverige 2001) och Los Angelesvärde (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.

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 bland annat 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 % (WA0,5) 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.