

Beskrivning till bergkvalitetskartan del av Sala och Heby kommuner

Malin Sträng, Mehrdad Bastani & Lena Persson



ISSN 1652-8336
ISBN 978-91-7158-795-4

Omslagsbild: Provtagning av en diabas på gränsen mellan Sala och Heby kommuner, sommaren 2004.
Foto: Malin Sträng.

© Sveriges geologiska undersökning, 2007

INLEDNING

Bergkvalitetskartan är en tematisk karta som kompletterar berggrundskartorna i skala 1:50 000 som framställs av SGU. Det huvudsakliga ändamålet med bergkvalitetskartan är att underlätta en utvärdering av det bästa användningsområdet för olika bergarter, såsom t.ex. till ballast för väg, järnväg och betong.

Det undersökta området är en ca 5–7 km bred korridor längs vägarna 67 och 72 i Sala och Heby kommuner. Korridoren omfattar delar av kartområdena 11H Enköping NV, 12H Söderfors SV samt 12H Söderfors NV i Sala och Heby kommuner. Bergkvalitetsprovtagning genomfördes under 2004.

Det undersökta området har en yta på 367 km². Inom området finns tätorterna Heby, Morgongåva, Vittinge, Runhällen och Tärnsjö.

Moderna berggrundskartor finns över hela området: 12H Söderfors SV (Delin och Söderman 2005b), 12H Söderfors NV (Delin och Söderman 2005a). På kartbladet 11H Enköping NV pågår berggrundskartering (Ripa m.fl. 2004). En berginventering av norra Västmanlands län på uppdrag av Länsstyrelsen är genomförd (Terraproject AB 1995).

Bergtäkter finns ca 1,5 km nordväst om Buckarby (fig. 1) och ca 2,5 km VSV om Heby (Horrstatäkten, fig. 2).

Samtliga koordinater är angivna i rikets nät.



Fig. 1. Buckarbytäkten (Tärnsjö Grus AB 2004). I täkten bryts en grå, folierad, medelkornig metagranodiorit till tonalit med inneslutningar av metabasit. Granitoiden är provtagen. Bergkvalitetsklass 2 (väg). MAL010035A (6677637/1566203). Foto: Malin Sträng



Fig. 2. Horrstatäkten (Stingtorpets Grus AB 2004). I täkten bryts en grå, folierad, medelkornig metagranit till granodiorit. Bergkvalitetsklass 1 (väg). MPA040040A (6645875/1556065). Foto: Malin Sträng

METODIK

Bergkvalitetskartan grundar sig på en fältkontroll av de dominerande bergartsenheter enligt de befintliga berggrundskartorna. Närmare undersökningar har gjorts av 23 lokaler och från dessa har ca 50–70 kg bergmaterial provtagits för teknisk analys. Av de provtagna lokalerna ligger tre stycken strax utanför undersökningsområdet (HLD000002A, HLD000158 A samt MPA040039A), men data även från dessa är inräknade i tolkningen och finns redovisade i tabellerna. Mätningar av sprickplanens riktning har gjorts och spricktätheten har bedömts där detta har varit möjligt. Tunnslip har framställts av bergarter från varje provplats och petrografisk analys har utförts. Mätningar med gammaspektrometer har gjorts på huvuddelen av provlokalerna.

På bergkvalitetskartan är mätningarna av foliationer ihopdragna till så kallade formlinjer. Dessa visar bergartens interna struktur längs vilken uppsprickning lätt sker, t.ex. i samband med sprängning. Stereogrammen i kartmarginalen redovisar sprickriktningarna vid flera av provlokalerna. En tolkning av morfologiska lineament (långsträckta sänkor i naturen) har gjorts på ett underlag i skala 1:50 000 från Lantmäteriverkets höjddatabank. Det är viktigt att notera att dessa lineament inte nödvändigtvis motsvarar verkliga sprickor, sprickzoner eller förkastningar parallella med lineamenten. Det är dock sannolikt att de utgör svaghetszoner som består av sprickor i flera riktningar i berggrunden.

Elektromagnetiska VLF-data samt flygmagnetiska data har använts för tolkning av deformationszoner. Från VLF-data framställs kartan över markens ledningsförmåga som utgör ett utmärkt underlag för uppföljning av elektriska ledare, bland annat spröda deformationszoner (vatten- och lerfyllda svaghetszoner) i berggrunden.

Jorddjup (avståndet till berggrundsytan från markytan) har erhållits från SGUs brunnarsarkiv och redovisas i tre klasser, <2, 2–5 och >5 meter. Totalt redovisas 411 brunnar inom undersökningsområdet. I 13 av dessa är jorddjupet ≥ 10 m.

ALLMÄN GEOLOGI

Regionens berggrund tillhör den fennoskandiska skölden ("urberget") och domineras av bergarter som bildades under den svekokarelska orogenesen (bergskedjebildningen) för ca 1960 till 1750 miljoner år sedan. Äldst är svekofenniska ytbergarter (bergarter avsatta på jordytan), som utgörs av vulkaniska och sedimentära avlagringar bildade för ca 1900 miljoner år sedan. Ytbergarterna intruderades av djup- och gångbergarter (intrusivbergarter bildade i jordskorpan) för ca 1900 till 1850 miljoner år sedan. Djupbergarterna kallas tidigorogent svekokarelska. Ovannämnda bergarter omvandlades genom att de fördes ner till stora djup i jordskorpan och där utsattes för höga temperaturer och tryck (metamorfose) under kulminationen av orogenesen. Lokalt var omvandlingen så stark att bergarterna smälte. Dessa smältor (magmor) gav upphov till en ny generation djup- och gångbergarter som kallas senorogent eller syn- till senorogent svekokarelska. Den äldre berggrunden intruderades dessutom efter orogenesen av flera generationer diabasgångar.

Berggrunden i det undersökta området domineras av tidigorogena intrusivbergarter. I intrusivbergarterna finns stråk med svekofenniska vulkaniska bergarter och kristallin karbonatsten (marmor). Enbart ett fåtal lokaler med senorogen granit förekommer. Postorogen diabas finns framför allt som smala gångar i den södra delen av området.

Svekofenniska ytbergarter

Ett ca 5 km mäktigt stråk med felsisk metavulkanit och inlagrad marmor finns vid Runhällen och norrut. Stråket har en ost–västlig utbredning. Dessutom har felsisk metavulkanit påträffats som spridda, små förekomster och som xenoliter i djupbergarter norr om vulkanitstråket.

De undersökta felsiska metavulkaniska bergarterna inom kartområdet är till stor del mycket finkorniga och täta (s.k. hälleflinta, fig. 3). De är uteslutande kvarts- eller fältspatporfyriska och vanligen ganska starkt deformerade. Skarnrika partier förekommer lokalt.

Mafisk metavulkanit har inte med säkerhet observerats i kartområdet, men ett par kilometer norr om Kerstinbo (6c) finns ett område med finkornig, heterogent bandad och gnejsig amfibolit, som bedöms vara av vulkaniskt ursprung.

Tidigorogena intrusivbergarter

De tidigorogena intrusivbergarterna innefattar mer eller mindre deformerad och omvandlad gabbro, diorit, kvartsdiorit, tonalit, granodiorit och granit. De två sistnämnda bergarterna är vanligast och utgör huvuddelen av områdets berggrund.

Ett stort antal kroppar av metagabbro till metadiorit (fig. 4), upp till flera kilometer i diameter, finns i en zon som sträcker sig i ostnordostlig riktning norr om stråket med felsisk vulkanit. Dessa varierar i kornstorlek från fin- till medelkorniga, och är på många ställen intruderade av gångar av granitoider. Lokalt finns ultramafiska bergarter associerade med metagabbro.

Ett antal områden med metagranodiorit (fig. 5) till tonalit (fig. 6) är i huvudsak koncentrerade till samma stråk som de basiska intrusionerna (se ovan). Söder om vulkanitstråket finns ett större område med rödgrå, medelkornig, ställvis kalifältspatporfyrisk, folierad metagranit till granodiorit (fig. 7 och 8). Röd till gråröd, folierad metagranit finns i större omfattning i t.ex. Tärnsjöområdet.

Mafiska gångar i metagranitoiderna är vanliga och bredden uppgår normalt till några decimeter. De är i allmänhet mörkt gröngrå, amfibolitomvandlade och svagt till måttligt starkt folierade.

Senorogena intrusivbergarter

Enbart i ett fåtal hållar i området har ljus, gråröd, massformig senorogen granit observerats.



Fig. 3. Röd, kalirik, felsisk metavulkanit med pisolittextur nära Runhällen. Bergkvalitetsklass 1 (väg). HLD000079A (6655220/1553250). Foto: Hans Delin



Fig. 4. Metahornbländit till gabbro, ojämnkornig, fint medelkornig. De röda kornen består av plagioklas färgade av järnutfällningar. Dåligt nötningsmotstånd. Bergkvalitetsklass 3 (väg) MEK010451A (6669240/1565980). Foto: Malin Sträng

Postorogena bergarter

I den lågmagnetiska regionen i södra delen av kartområdet finns ett antal smala, långsträckta, positiva magnetiska anomalier med västnordvästlig till nordvästlig riktning som orsakas av diabasgångar. Flera av dessa har även observerats i håll. Diabasen är svart och mycket finkornig (fig. 8) och uppträder främst som svärmar av decimeter- till meterbredda gångar. Längs Örsundaåns dalgång finns en tunn långsträckt anomali, vilket indikerar att det i botten på dalgången finns en nederoderad diabas.

ALLMÄN GEOFYSIK

De geofysiska flygmätningarna omfattar mätning av det jordmagnetiska fältets totalintensitet, markens naturliga gammastrålning och det elektromagnetiska fältet i VLF-området. Mätningarna är utförda från

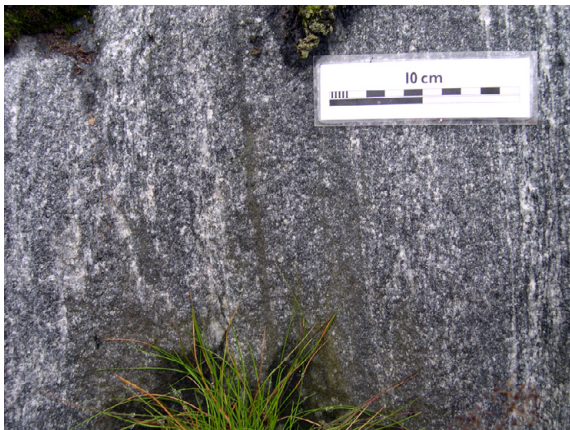


Fig. 5. Metagranodiorit, grå, ojämnkornig, bandad, fint medelkornig, folierad. Bergkvalitetsklass 1 (väg). HLD020742A (6680390/1563840). Foto: Malin Sträng



Fig. 6. Grå, folierad, medelkornig metatonalit från Buckarbytäkten. Bergkvalitetsklass 2 (väg). MAL010035A (6677637/1566203). Foto: Malin Sträng



Fig. 7. Röd, medelkornig, ojämnkornig, kalifältspatporfyrisk, folierad metagranit. Mycket gott nötningsmotstånd (kulkvarnsvärde 6,7). Bergkvalitetsklass 1 (väg). MPA040039A (6642540/1573950). Foto: Malin Sträng



Fig. 8. Gång av svart, finkornig diabas i en rödgrå, medelkornig, folierad metagranit. Diabasen är provtagen (DLA030067B) och har det bästa nötningsmotståndet av de provtagna bergarterna i området (kulkvarnsvärde 5,8). Bergkvalitetsklass 1 (väg). Även graniten tillhör bergkvalitetsklass 1 (väg). (6646874/1555363). Foto: Malin Sträng

flygplan längs linjer med 200 m avstånd. I den norra delen av undersökningsområdet är mätningarna utförda i nord-sydlig riktning, på 60 meters höjd och med ca 16 m mellan mätpunkterna. I den sydligaste delen av undersökningsområdet är mätningarna utförda i öst-västlig riktning, på 30 meters höjd och med ca 40 m mellan mätpunkterna.

Variationerna i magnetfältet beror framför allt på bergarternas varierande innehåll av magnetiska mineral. Den magnetiska anomalikartan kan ge information om vissa bergarters utbredning samt om strukturella drag i berggrunden.

Markmätningar på berghällar visar att metagranitoiden i den sydligaste delen av undersökningsområdet har låg magnetisk susceptibilitet ($10\text{--}30 \times 10^{-5}$ SI-enheter) och framträder på den magnetiska anomalikartan som ett homogent lågmagnetiskt område med liten variation. Längre norrut visar den magnetiska anomalikartan en betydligt större variation. Här är också berggrunden mer varierad med vulkanitstråket vid Runhällen och inslag av mafiska bergarter med hög susceptibilitet.

Gammastrålningskartorna ger en bild av hur de naturliga radioaktiva isotoperna uran, torium och kalium är fördelade i det översta (ca 3 dm) skiktet av markytan. Mätningarna är användbara för att identifiera områden med risk för förhöjda radonvärden, samt i vissa fall för att skilja olika bergartstyper. Gammastrålningen är generellt låg inom hela undersökningsområdet.

BERGGRUNDENS STRUKTURER, DEFORMATIONSZONER OCH SPRICKOR

De deformationer som berggrunden varit utsatt för är av två slag: 1) plastiska, som resulterat i en genomträngande foliation eller gnejsighet i bergarter eller veckning av lagrade eller bandade bergarter och 2) spröda, som gett upphov till sprickor och förkastningar.

Bergartsenheter och huvudfoliationen har en generell ost-västlig strykning i större delen av området. Det är naturligt att en uppsprickning av bergarterna företrädesvis följer dessa riktningar, men i vilken omfattning är oklart. I en äldre, provtagen tonalit (HLD020838B) har främst två sprickriktningar uppmätts, vilka är parallella med respektive vinkelräta mot foliationen i bergarten.

Sprickor längre än 0,5 meter med sprickplan som korsar en 10 meter lång profil har uppmätts på 9 av provlokalerna genom att mäta sprickornas orientering (strykning och stupning). Därefter räknades antalet sprickor, vilket gav spricktätheten i sprickor per meter (spm). Totalt mättes 190 sprickor. Sprickorna redovisas i stereogram i kartmarginalen. Sprickplanen i stereogrammen visar följande huvudsakliga trender (med de dominerande sprickgrupperna först):

NV = vertikalt

NO = vertikalt till brant mot SO

NNO vertikalt till brant mot O

ONO = vertikalt till brant mot N och S

O-V = vertikalt

Större deformationszoner och sprickzoner i berggrunden har tolkats med hjälp av elektromagnetiska VLF-data och magnetfältdata samt lantmäteriverkets höjddatabank.

Från elektromagnetiska VLF-data framställs kartan över markens ledningsförmåga. Vatten- eller lerfyllda sprickzoner i berggrunden framträder på kartan som zoner med god elektrisk ledningsförmåga. På den magnetiska anomalikartan uppträder spröda deformationszoner som lågmagnetiska lineament eller som dislokationer i det magnetiska mönstret.

En deformationszon i västnordvästlig riktning, delvis parallell med väg 72, framträder tydligt på kartan över markens ledningsförmåga. En annan dominerande deformationszon är den djupa sprickdalen längs Örsundaåns dalgång. Dalgången har undersökts geofysiskt med refraktions- och reflexionsseismik samt radarmätning i samband med en grundvattenundersökning inom Heby kommun (Müllern 2002). Detaljerade tyngdkraftsprofiler har också uppmätts över dalgången av SGU i samarbete med Uppsala

universitet (Jönberger 2003). Resultat från dessa mätningar visar att jordtäcket i vissa delar av dalgången uppgår till 70–100 m.

TEKNISKA ANALYSER

Bergartsmaterialet har huvudsakligen tagits i sprängda väghällar. Provtagningen har skett med slägga och spett. Omkring 50–70 kg bergmaterial har tagits vid varje lokal för kulkvarns-, Los Angeles-, micro-Deval- och alkalisilikareaktivitetstester.

Vid provtagningen strävar man efter att täcka in samtliga bergartstyper i området, men lokalerna är även valda efter var det har varit praktiskt möjligt att provta. Vid varje lokal har stor vikt lagts vid att provmaterialet skall vara representativt för området. Totalt har 23 prover tagits. Gammastrålningsmätning har skett vid 22 av dessa lokaler.

Kulkvarnsanalys

Kulkvarnsvärdet är ett mått på bergarternas nötningsmotstånd (dubbdäcksslitage). Analyser har utförts vid MRM AB i Luleå enligt FAS Metod 259-02. Krossning har utförts i en rotationskross med 30 mm utloppsspalt och i en laboratoriekäftkross med en utloppsspalt inställd på 16 mm. Grovsiktning har gjorts i en maskinskak och finsiktning i en skakapparat enligt FAS-metod 221-02. Den analyserade fraktionen är 11,2–16 mm. Harpsiktning har gjorts med spaltvidden 6,3 mm för att avlägsna de flisigaste kornen och erhålla ett flisighetstal (jfr FAS-metod 209-98) som motsvarar storproduktionsdrift, då materialet nöts under längre tid. Analys har delvis gjorts på enkelprov och delvis på dubbelprov. Kulkvarnsvärdena (K_k) presenteras i tabell 1. Medelvärden för de olika bergartsenheter redovisas i tabell 2.

Metagabbroiderna till ultramafiterna ger de högsta (sämsta) kulkvarnsvärdena inom området, mellan 9,2 % och 36,9 %. De bästa värdena (lägsta) kommer från en diabas (5,8 %, fig. 8), felsiska metavulkaniter (7,1–11,6 %) samt metagraniter (6,7–10,2 %).

Los Angelesanalys

Los Angeles-talet (LA-talet) är ett mått på bergarternas motstånd mot fragmentering (sprödhet). Analyser på prover har utförts vid MRM AB i Luleå enligt SS-EN 1097-2 (Svensk standard 1998). Krossning och siktning har skett på samma sätt som för kulkvarnsanalyserna. Detta har gett ett flisighetstal för samtliga bergartsmaterial på 1,30–1,40, vilket gör analysresultaten jämförbara. LA-talet har därefter bestämts på enkelprov med storleksfraktionen 10–14 mm. Resultaten presenteras i tabell 1. Medelvärden för de olika bergartsenheter redovisas i tabell 2.

De lägsta (bästa) värdena erhöles från prov på en diabas (7,3 %). Metagabbroiderna till ultramafiterna uppvisar den största spridningen av LA-talet inom det undersökta området (10,0–30,6 %).

Micro-Devalanalys

Micro-Deval är ett mått på bergarternas nötningsmotstånd. Analyserna har utförts vid MRM AB i Luleå. Krossning och siktning har skett på samma sätt som för kulkvarnsanalyserna. Micro-Devalvärdet har därefter bestämts på enkelprov med storleksfraktionen 10–14 mm enligt SS-EN 1097-1 (Svensk standard 1997a). Provnings har gjorts med tillsats av vatten.

Inom kartområdet har fem prover analyserats med denna metod. De lägsta (bästa) värdena kommer från metagranitoiderna (6–10 %). De högsta (sämsta) värdena kommer från en metahornbländit till metagabbro (18,7 %, MEK010451A, fig. 4). Detta korrelerar väl med kulkvarnsvärdena. Resultaten redovisas i tabell 1.

Analys av alkalisilikareaktivitet

Analys av alkalisilikareaktivitet (ASR) har utförts vid Cement och Betong Institutet (CBI). ASR betyder att alkalimetaller i cementen förenas med reaktiv kvarts i stenmaterialet till en alkalisilikagel. Den senare kan i vissa fall expandera och därmed innebära risk för att betongen spricker. Klassningen är gjord enligt RILEM test method AAR-1 (2000): klass 1 = mycket osannolikt alkalireaktiv, klass 2 = osäker eller potentiell risk, klass 3 = mycket sannolikt reaktiv.

Tabell 1. Tekniska analysvärden och användbarhetsklassificering av prover från undersökningsområdet för betong (B), järnväg (J) och väg (V). K_k = kulkvarnsvärde, LA-tal = Los Angelesstal, Md = Micro Deval, Ra = Radiumindex, Ga = Gammaindex, ASR = Alkalisilikareaktivitet, spm = sprickor per meter.

ID-nr	Bergart	N-S koord	Ö-V koord	Densitet g/cm ³	K_k %	LA-tal %	Md %	Ra	Ga	ASR	spm	Bergkvalitets- klassning		
												B	J	V
AEN010163A	Metatonalit, ljusrosa till rosa	6670385	1564470	2,69	9,4	19,7		0,2	0,6	1	2	1	1	1
AEN010210A	Metagranit, ljusgrå	6674665	1560925	2,68	7,4	16,1		0,2	0,4	1		1	1	1
AEN010222A	Felsisk metavulkanit, svagt folierad, vit	6670975	1561020	2,65	7,1	21,6		0,2	0,5	2		2	1	1
ANL030001A	Metagranodiorit, massformig	6644300	1552910	2,75	9,8	18,0		0,3	0,7	1		2	2	1,5
CMR030099A	Metagranit, massformig, ojämnkornig	6642900	1571980	2,64	10,2	24,4		0,1	0,8	1	2	1	1	1,5
DLA030002A	Metagranodiorit, massformig, jämnkornig	6648983	1554338	2,71	9,0	15,9		0,2	0,8	1	2	1	1	1
DLA030067B	Diabas, svart	6646874	1555363	2,94	5,8	7,3		0,1	0,2	1		1	1	1
HLD000002A	Metagabbro	6663700	1553840	3,03	9,2	10,0		0,1	0,2	1		1	1	1
HLD000079A	Felsisk metavulkanit, gnejsig, delvis kvartsporfyrisk, röd	6655230	1557100	2,66	9,4	12,2		0,3	1,3	3	1	3	1	1
HLD000158A	Metadacit	6659030	1568320	2,72	11,6	15,6	9,0	0,2	0,6	2	3	2	1	2
HLD010328A	Metagranodiorit, gnejsig, folierad	6658470	1559450	2,78	13,5	18,1	9,7	0,2	0,4	1		1	1,5	2
HLD010536A	Metagranodiorit, folierad, ojämnkornig	6668270	1561810	2,67	12,7	23,2		0,2	0,6	1		1	1	2
HLD020738A	Metabasit, bandad, jämnkornig	6682200	1563850	2,97	13,7	16,8		0,1	0,3	1	1	2	1	2
HLD020742A	Metagranodiorit, gnejsig, bandad, ojämnkornig	6680390	1563840	2,79	9,0	16,2		0,1	0,3	1		2	2	2
HLD020837A	Metagranodiorit, folierad, ojämnkornig	6662965	1563022	2,64	8,7	20,8	6,0	0,2	0,6	1		1	1	1
HLD020838B	Metatonalit	6663083	1562836	2,71	13,9	22,5		0,1	0,5	1	3	1,5	2	2
HLD020910A	Metagranodiorit, ögonförande, gnejsig	6684522	1562433	2,70	11,3	21,1				1		1	1	2
HLD020911A	Granit, röd (senorogen)	6685229	1562222	2,65	12,9	25,2		0,2	0,7	1		1	1	2
MAL010035A	Metatonalit, folierad, grå	6677637	1566203	2,81	12,2	19,6		0,2	0,5	1		1	1	2
MAL010088A	Plagioklasförande metahornbländit	6673090	1565740	3,08	36,9	30,6		0,1	0,1	1		2	3	3
MEK010451A	Metahornbländit-gabbro, ojämnkornig	6669240	1565980	2,96	20,3	11,9	18,7	0,1	0,4	1		2	2	3
MPA040039A	Metagranit, ögonförande, ojämnkornig, röd	6642540	1573950	2,63	6,7	16,5		0,2	0,8	2	3	2	1	1
MPA040040A	Metagranit-granodiorit, folierad	6645875	1556065	2,76	9,5	16,0	6,9	0,2	0,4	1	2	1	1,5	1

Tabell 2. Medelvärden av kulkvarnsvärde och Los Angelesstal för de analyserade bergartsenheter i det undersökta området.

Bergartsgrupp	Antal prover	Kulkvarnsvärde %		Los Angelesstal %	
		Spridning	Medelvärde	Spridning	Medelvärde
Felsisk metavulkanit	3	7,1–11,6	9,4	12,2–21,6	16,5
Metabasit	1		13,7		16,8
Metagranit	4	6,7–10,2	8,5	16,0–24,5	18,3
Metagranodiorit	7	8,7–13,5	10,6	15,9–23,2	19,0
Metatonalit	3	9,4–13,9	11,8	19,6–22,5	20,6
Metagabbro till ultramafit	3	9,2–36,9	22,1	10,0–30,6	17,5
Granit (senorogen)	1		12,9		25,2
Diabas	1		5,8		7,3

Tunnslip av alla provtagna bergarter, undantaget de mafiska bergarterna vilka ej är reaktiva, har undersökts. Resultaten redovisas i tabell 1. Av de provtagna bergarterna i kommunen är en felsisk metavulkanit 1,5 km SSO om Runhällen mycket sannolikt reaktiv (HLD000079A, fig. 3).

ÖVRIGA ANALYSER

Petrografisk analys

Bergartsprovernans sammansättning och de ingående mineralens mängdförhållanden har bestämts genom punkträkning av ca 500 punkter på en ca 25 × 20 mm stor yta. Resultaten ges i tabell 3. Speciellt kvarts- och glimmerinnehållen är av betydelse för bergarters tekniska egenskaper. En sammanställning av mineralfördelningen i metagranitoider och mafiska bergarter från undersökningsområdet redovisas i figur 9.

Om andelen sulfidmineral är >0,3 % bör bergarten analyseras kemiskt för att bestämma totalhalten av svavel innan den används till betong. Normalt korrelerar svavelhalten i en bergart mot mängden sulfidmineral. Sulfider som kommer i kontakt med vatten och syre vid t.ex. uppkrossning kan oxidera, varvid pH-värdet i vattnet sänks. Vid oxidationen kan även metaller frigöras och gå i lösning i lakvattnet. Lakvatten med lågt pH och höga metallkoncentrationer kan orsaka skador på miljön.

Prov med hög andel opaka mineral bör undersökas med reflektionsmikroskopi så att andelen sulfidmineral kan bestämmas.

Tabell 3. Mineralfördelningen (volymprocent) och kornstorleken hos bergarter från undersökningsområdet. k = kvarts, f = kalifältspat, p = plagioklas, b = biotit, m = muskovit, h = hornblände, px = pyroxen, kl = klorit, e = epidot, pr = prehnit, opak = opaka mineral, övr = övrigt.

Id-nummer	Bergart	Kornstorlek	k	f	p	b	m	h	px	kl	e	pr	Opak	Övr
AEN010163A	Tonalit	Finkornig till fint medelkornig	44,0	0,2	49,8	5,6	0,4			x				x
AEN010210A	Granit	Finkornig till fint medelkornig	41,2	22,4	25,6	5,4	3,6			x	0,8		1,0	x
AEN010222A	Felsisk vulkanit	Mycket finkornig till finkornig	x		x	x	x			x	x		x	x
ANL030001A	Granodiorit	Finkornig till medelkornig	28,0	13,0	30,2	15,8		6,4			6,0		x	0,6
CMR030099A	Granit	Finkornig till grovkornig	44,0	23,8	29,4	2,2	0,4			x	0,2		x	x
DLA030002A	Granodiorit	Finkornig till medelkornig	26,8	19,4	40,0	6,0	x	2,4		x	2,0	3,2	0,2	x
DLA030067B	Diabas	Finkornig			x				x		x		x	x
HLD000002A	Metagabbro	Finkornig till medelkornig			35,0			59,8	0,8	1,4	0,8		2,2	x
HLD000079A	Felsisk vulkanit	Mycket finkornig till finkornig	x				x			x	x		x	x
HLD000158A	Dacit	Finkornig till fint medelkornig	26,4	19,4	32,0		x	x		11,4	9,8		0,2	0,8
HLD010328A	Granodiorit	Finkornig till medelkornig	26,4	5,8	44,0	13,4		8,6		0,2	1,0	x		0,6
HLD010536A	Granodiorit	Finkornig till medelkornig	32,8	6,4	46,0	11,2		1,6			0,8		0,4	0,8
HLD020738A	Basit	Finkornig	0,4		31,8	0,2		63,0				2,6	2,0	x
HLD020742A	Granodiorit	Finkornig till medelkornig	26,6	5,2	42,2	17,4		7,8			0,6	x	x	0,2
HLD020837A	Granodiorit	Finkornig till medelkornig	38,0	16,4	43,4	1,8	x			x	x		0,4	x
HLD020838B	Tonalit	Finkornig till fint medelkornig	39,6	2,6	42,0	14,2		x			0,6	0,2	0,4	0,4
HLD020910A	Granodiorit	Finkornig till medelkornig	30,2	7,4	52,8	6,8	x	0,4		0,6	0,2	0,4	0,6	0,6
HLD020911A	Granit	Finkornig till fint medelkornig	29,2	30,8	35,8		x			2,6	0,6	x	0,4	0,6
MAL010035A	Tonalit	Finkornig till fint medelkornig	24,0	2,6	46,8	11,6	x	13,4		0,4	0,2	0,4	0,2	0,4
MAL010088A	Plagioklasförande hornbländit	Finkornig till fint medelkornig	x		7,6			48,4	42,6		x		0,2	1,2
MEK010451A	Hornbländit-gabbro	Finkornig till fint medelkornig	x		32,0		x	64,6		x	3,2		x	0,2
MPA040039A	Granit	Finkornig till medelkornig	30,8	31,8	33,2	2,4	0,8			0,4	0,6		x	x
MPA040040A	Granit-granodiorit	Finkornig till medelkornig	29,0	18,2	34,0	10,6		7,2			0,6	0,4	x	x

Gammastrålningsmätningar

Gammastrålningsmätningar på berghällar kan användas för att identifiera bergarter med risk för förhöjda radonvärden. Bergkvalitetskartan ger punktvisa uppgifter om berggrundens naturliga gammastrålning i form av radiumindex och gammaindex.

Totalt har ca 230 gammastrålningsmätningar på berghällar utförts på 76 platser inom undersökningsområdet. Härvid har den totala gammastrålningen samt halterna av ^{40}K , ^{238}U och ^{232}Th bestämts. Radiumindex och gammaindex har beräknats för samtliga mätpunkter och lagrats i SGUs databaser. Radiumindex är ett mått på radiuminnehållet i ett material och skall för byggnadsmaterial vara mindre än 1,0 (Åkerblom m.fl. 1990, jfr BFS 1990). Det beräknas genom bestämning av urankoncentrationen i materialet. 16,2 ppm uran motsvarar 200 Bq/kg radium-226, vilket i sin tur motsvarar radiumindex 1,0.

Gammaindex m_γ är beräknat enligt :

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

där, C_K , C_{Ra} och C_{Th} är koncentrationen av ^{40}K , ^{226}Ra respektive ^{232}Th , alla i enheten Bq/kg (The Radiation protection authorities in Denmark, Finland, Iceland, Norway and Sweden 2000). Halterna av kalium, uran och torium kan omräknas till Bq/kg enligt följande:

1 % K = 313 Bq/kg	(^{40}K)
1 ppm U = 12,35 Bq/kg	(^{226}Ra)
1 ppm Th = 4,06 Bq/kg	(^{232}Th)

Enligt rekommendationer från de nordiska ländernas strålskyddsinstitutioner bör gammaindex för byggnadsmaterial vara mindre än 2,0 (The Radiation Protection Authorities in Denmark, Finland, Iceland, Norway and Sweden 2000).

Kartan över markens naturliga gammastrålning visar inget område med risk för förhöjd gammastrålning från berggrunden och ingen lokal i undersökningsområdet har uppmätts där radiumindex överstiger 1,0 eller där gammaindex överstiger 2,0.

Figur 10 visar en sammanställning av kalium- och uranhalter ur berghällar inom (och i nära anslutning till) undersökningsområdet. De uppmätta kaliumhalterna för felsiska metavulkaniter uppvisar en stor spridning, från 0,6 till 7,9 %. Den stora spridningen beror sannolikt på att vulkaniterna är hydrotermalt omvandlade och då antingen anrikade eller utarmade på kalium. Metagranitoiderna har kaliumhalter som varierar mellan 1,0 och 4,9 %, vilket återspeglar bergartens sammansättning från tonalitisk till granitisk. Uranhalterna varierar mellan 0,5 och 9,2 ppm (medelvärde 3,2 ppm) och toriumhalterna varierar mellan 1,1 och 21 ppm (medelvärde 9,4 ppm). De basiska intrusivbergarterna uppvisar låg gammastrålning. Deras kaliumhalter varierar mellan 0,4 och 2,0 % (medelvärde 1,0 %). Medelvärdet på

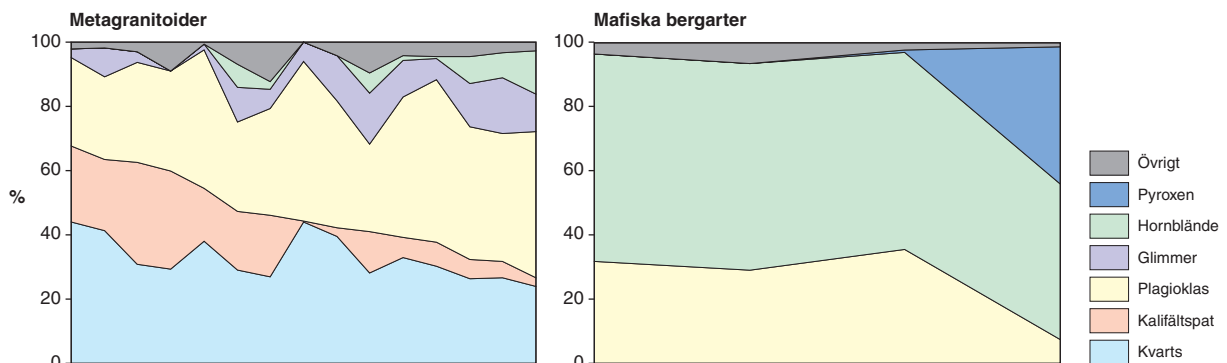


Fig. 9. Mineralfördelningen i metagranitoider och mafiska bergarter inom det undersökta området.

uran- och toriumhalterna är 1,2 respektive 3 ppm. Lägst gammastrålning uppvisar diabaserna i området med kaliumhalter som varierar mellan 0 och 1,1 % samt uran- och toriumhalter med ett medelvärde på 0,6 respektive 1,6 ppm.

KVALITETSKLASSNING AV PROVER

En bedömning har gjorts av användbarheten av analyserade bergarter (tabell 1) till betong, järnväg (spårballast) och väg (jfr Persson och Schouenborg 1995, 1996).

Användningsområde betongballast

Kvalitetsklassningen för betong är främst erfarenhetsbaserad. Egenskaper som gammastrålning, mineralsammansättning (t.ex. glimmerinnehåll), omvandlingsgrad, kornstorlek, förekomst av alkalisilikareaktivt material och sulfider, struktur, kornfogning och kornstorlek har legat till grund för klassningen, se vidare BBK 04 (Boverket 2004), SS-EN 1097-6 (Svensk Standard 1997b) och SS 13 70 03 (Svensk Standard 2004). Tre klasser har använts (1–3). Klass 1 omfattar bergarter med normalt goda egenskaper för betongberedning, klass 2-bergarter har tämligen goda egenskaper men bör ej användas i betongaggressiv miljö utan förprovning och klass 3-bergarter har generellt dåliga egenskaper och bör undvikas eller eventuellt förprovas. Bergarter för högt trafikerade betongvägar, dvs. med en materialkvalitet motsvarande den hos kvartsit eller porfyr, bedöms ej finnas i det undersökta området. Följande generella indelning har använts som utgångspunkt vid klassindelningen för betongballast:

Klass 1	Bergmaterialet bedöms vara lämpligt som betongballast. Det bedöms klara alla Boverkets föreskrivna krav för Betongballast (BBK 04): låg till moderat glimmerhalt, låg halt av vittringsbenägna och skadliga mineral (sulfider, salter, svällare, alkalisilikareaktiva mineral (RILEM Recommended test method AAR-1 2000)), låg porositet, vattenabsorption <1,0. Ballasten ska dessutom ej överstiga 1,0 i radiumindex eller 2,0 i gammaindex.
Klass 1,5	Gränsfall mellan klass 1 och 2.
Klass 2	Bergmaterialet bedöms kunna användas som betongballast. Radiumindex 0,5–1,0 eller gammaindex 1,0–2,0. Heterogena partier med lokalt förhöjd glimmerhalt (15–30 %). Svårt att uppfylla övriga krav enligt klass 1.
Klass 2,5	Gränsfall mellan klass 1 och 2.
Klass 3	Bergarten bedöms inte vara lämpligt som betongballast. Den bedöms inte klara Boverkets föreskrivna krav för Betongballast (BBK 04).

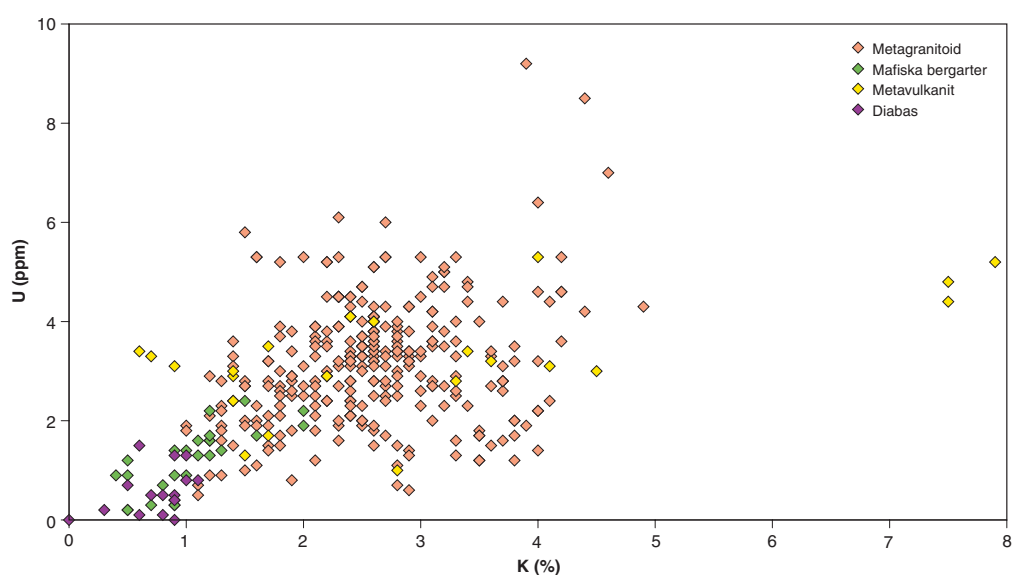


Fig. 10. Sammanställning av uppmätta kalium- och uranhalter för olika bergartsgrupper inom projektområdet.

Användningsområde järnvägs makadam

Kvalitetsklassningen för användning av stenmaterial som spårballast grundar sig på krav uppställda i BVS 585.52 (Banverket 2004). Kraven är en nationell anpassning av produktstandarden för makadamballast för järnvägar SS-EN 13450. Glimmerhalten bör vara låg (<25 %), då den vanligen sänker hållfastheten, minskar bergartens förmåga att motstå vittring samt ger olämpliga kornformer vid alltför höga koncentrationer. Kvartsrika bergarter ska undvikas på grund av arbetsmiljöskäl. Motstånd mot fragmentering skall minst uppfylla kraven för kategori LA_{RB}20 (Los Angelesvärde ≤ 20 viktsprocent), bestämd på fraktion 31,5–50 mm (vilket ungefär motsvarar ett LA-tal på 30 %, bestämd på 10–14 mm). Vattenabsorptionen (enligt SS-EN 1097-6) får inte överstiga 1 %. Den färdiga produkten bör ha en så kantig, kubisk form som möjligt. LT-index ska vara lägst 20 (SS-EN 933-4 Svensk standard 2000). Vidare finns krav på kornlängden införda i BVS 585.52 (Banverket 2004). Klassningen av provena (tabell 1) är gjorda enligt följande:

Klass 1	Bergmaterialet bedöms vara lämpligt som järnvägs makadam. Det klarar alla av Banverket (2004) föreskrivna krav för järnvägs makadam (BVF 585.52): sprödhetstal <50 % alt. LA-tal <30 %, glimmerhalt <15 % (utan olämplig textur som spaltbara glimmerplan), ej kvartsit, vattenabsorption <1 %.
Klass 1,5	Gränsfall mellan klass 1 och 2.
Klass 2	Bergmaterialet bedöms kunna användas som järnvägs makadam. Glimmerhalt >15 % alternativt heterogena partier med lokalt kraftigt förhöjd glimmerhalt. Svårt att uppfylla övriga krav enligt klass 1.
Klass 2,5	Gränsfall mellan klass 1 och 2.
Klass 3	Bergarten bedöms inte vara lämplig som järnvägs makadam. Den bedöms inte klara Banverkets (2004) föreskrivna krav (BVF 585.52).

Användningsområde vägballast

Kvalitetsklassningen för användning av stenmaterial i väg grundar sig på av Vägverket (2004) fastställda krav i ATB VÄG 2004. Klassningen av provena (tabell 1) är gjorda enligt följande:

Klass 1	Bergmaterialet bedöms vara lämpligt både som slitlager, massabeläggningar, bärlager och förstärkningslager. Kulkvarnsvärden <10 % och Los Angelesstal <30 %. Ej till slitlagerskikt för vägar med höga ÅDT-tal (motorvägar etc.). Då krävs kulkvarnsvärde <7 %. Se vidare krav i ATB VÄG 2004.
Klass 1,5	Gränsfall mellan klass 1 och 2.
Klass 2	Bergmaterialet kan användas till färre beläggningstyper för slitlager än klass 1, massa-beläggningar, bärlager och förstärkningslager. Kulkvarnsvärden <18 % och Los Angelesstal <30 %. Se vidare krav i ATB VÄG 2004.
Klass 2,5	Gränsfall mellan klass 1 och 2.
Klass 3	Produktion som slitlager och massabeläggningar är starkt begränsad till obefintlig. Fortfarande möjligt som bärlager och förstärkningslager. Kulkvarnsvärden >18 % eller Los Angelesstal >30 %. Se vidare krav i ATB VÄG 2004.

Användningsområde skyddssten (i pirar och kajer)

De krav som finns för skyddssten (i pirar och kajer) redovisas i tabell 4 (CIRIA SP 83, jfr CUR 1995). (tabell 4).

Tabell 4 Krav på punktlastindexvärden som finns för skyddssten i pirar och kajer enligt CIRIA SP 83.

Test	Mycket god	God	Medel	Dålig
Densitet (g/cm ³)	>2,9	2,6–2,9	2,3–2,6	<2,3
Vattenabsorption, %	<0,5	0,5–2,0	2,0–6,0	>6,0
Punktlastindex, I ₅₀ , Mpa	>8,0	4,0–8,0	1,5–4,0	<1,5

De undersökta bergarternas densitet ligger mellan 2,63 och 3,08 g/cm³ med de högsta värdena för de mafiska bergarterna och de lägsta för metagraniterna (tabell 1). Ingen av de provtagna bergarterna inom kommunen har bedömts ha en hög porositet. Detta innebär att vattenabsorptionen kan förväntas vara under 2 %. Samtliga bergarter inom kommunen bedöms ligga inom klasserna god till mycket god.

SAMMANSTÄLLNING AV BERGKVALITETSKARTAN

Med utgångspunkt från de analyser som gjorts av prover från olika platser och som ansetts väl representera berggrunden inom undersökningsområdet har en karta över fördelningen av de olika bergkvalitetsklasserna gjorts. Med tanke på berggrundens heterogenitet är sammanställningen översiktlig, men den kan ändå vara en värdefull riktlinje för användaren. Indelning har gjorts i tre bergkvalitetsklasser, nämligen 1. god, 2. mindre god och 3. dålig kvalitet. Denna indelning baseras främst på kulkvarnsvärdena i relation till de krav som ställs i ATB VÄG 2004 (Vägverket 2004).

Som framgår av analysdata (se fig. 11 samt tabellerna 1 och 2), varierar spridningen av kvalitetsklassningen inom de olika bergartsgrupperna. Berggrunden i området omfattar framför allt klass 1- och 2-material. De bergarter som uppvisar klass 3-material är främst metagabbroider till ultramafiter, men även marmor och skarnbergarter har tilldelats klass 3. Inga av dessa är dock provtagna inom undersökningsområdet. De mafiska bergarterna varierar mycket i kornstorlek. En finkornig till fint medelkornig metagabbro, provtagen strax utanför undersökningsområdet, uppvisar god motståndskraft mot nötning (kulkvarnsvärde 9,2). Detta innebär att det mycket väl, lokalt bland de mafiska bergarterna, kan finnas klass 1-material.

Den bergart inom området som har uppvisat den bästa hållfastheten mot nötning är en diabas. Denna har ett kulkvarnsvärde på 5,8 %. Andra bergarter som klassas som klass 1-material är felsiska metavulkaniter och samtliga metagranitoider söder om vulkanitstråket vid Runhällen.

Metagranitoiderna norr om vulkanitstråket varierar mellan klass 1 och klass 2 och det är svårt att dra klara gränser mellan dessa klasser inom detta område. Ett par små områden med yngre granit förekommer. I ett av dem är graniten provtagen (HLD020911A) och har ett kulkvarnsvärde på 12,9. Samtliga områden med yngre granit har därför klassats som klass 2. En starkt folierad amfibolit är provtagen (HLD020738A) och klassad till klass 2. Denna uppvisar ett kulkvarnsvärde på 13,7 %.

Det är viktigt att bergkvalitetskartan kompletteras med detaljundersökning vid prospektering och planering för uttag av berg. Provtagningen har omfattat enskilda bergartsled även i täkter. Dessa resultat överensstämmer följaktligen inte helt med de som erhålls i producerat material.

Referenser

- 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.
- Boverket 2004: *BBK 04, Boverkets handbok om betongkonstruktioner*, 271 s.
- CIRIA SP 83: Manual on the use of rock in coastal and shoreline engineering. *Construction Industry Research and Information Association*.
- CUR 1995: Manual on the use of rock in hydraulic engineering. *Centre for Civil Engineering Research and Codes. CUR/RWS Report 169*. Ministry of Transport, Public Works and Water Management, Road and Hydraulic Engineering Division, Directorate-General for Public Works and Water Management. Gouda. A.A. Balkema, Rotterdam.
- Delin, H. & Söderman, J., 2005 a: Berggrundskartan 12H Söderfors NV, skala 1:50 000. *Sveriges geologiska undersökning K 36*.
- Delin, H. & Söderman, J., 2005 b: Berggrundskartan 12H Söderfors SV, skala 1:50 000. *Sveriges geologiska undersökning K 38*.
- FAS-metod 209-98: Bestämning av flisighetstal. *Föreningen för asfaltbeläggningar i Sverige*, 6 s.

- FAS-metod 221-02: Bestämning av kornstorleksfördelning genom siktningsanalys. *Föreningen för asfaltbeläggningar i Sverige*, 7 s.
- FAS-metod 244-99: Bestämning av LT-index. *Föreningen för asfaltbeläggningar i Sverige*, 5 s.
- FAS-metod 259-02: Bestämning av kulkvarnsvärde. *Föreningen för asfaltbeläggningar i Sverige*, 5 s.
- Jönberger, J., 2003: The importance of gravity for integrated geophysical studies of aquifers. *Examensarbete vid Institutionen för Geovetenskaper, Uppsala universitet*, ISSN 1650-6553, nr 66.
- Müllern, C.-F., 2002: Databas över grundvattentillgångar i Heby kommun. *Sveriges geologiska undersökning*.
- Persson, L. & Schouenborg, B., 1995: Kvalitetsklassning av bergarter N Stockholm, del 2. SP, Sveriges Provings- 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.
- RILEM Recommended test method AAR-1: Detection of potential alkali-reactivity of aggregates – Petrographic method. *Materials and structures* 36, 480–496.
- Ripa, M., Bastani, M. & Persson, L., 2004: Projekt Östra Mälardalen. JH. Delin (red.): Regional berggrundsgeologisk undersökning – sammanfattning av pågående verksamhet 2003. *Sveriges geologiska undersökning Rapporter och meddelanden* 116, 10–19.
- Svensk standard, 1997a: *SS-EN 1097-1: Ballast – Mekaniska och fysikaliska egenskaper – Del 1: Bestämning av nötningsmotstånd (micro-Deval)*. Standardiseringen i Sverige, 11 s.
- Svensk standard, 1997b: *SS-EN 1097-6 Ballast – Mekaniska och fysikaliska egenskaper – Del 6: Bestämning av korndensitet och vattenabsorption*. Standardiseringen i Sverige, 3 s.
- Svensk standard, 1998: *SS-EN 1097-2: Ballast – Mekaniska och fysikaliska egenskaper – Del 2: Metoder för bestämning av motstånd mot fragmentering*. Standardiseringen i Sverige, 29 s.
- Svensk standard, 2000: *SS-EN 933-4 Ballast – Geometriska egenskaper – Del 4: Bestämning av kornform – LT-index*. Standardiseringen i Sverige, 11 s.
- Svensk Standard, 2004: *SS 13 70 03: Betong – Användning av EN 206-1 i Sverige*. Standardiseringen i Sverige, 16 s.
- Terraproject AB, 1995: Berginventering norra Västmanlands län. *Länsstyrelsen Västmanlands län Naturvård / miljöskydd nr 1 1995*.
- 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. 80 s.
- Vägverket, 2004: Allmän teknisk beskrivning för vägkonstruktion *ATB VÄG 2004 Publ 2004:111*, 541 s.
- Åkerblom, G., Pettersson, B. & Rosén, B., 1990: Markradon. Handbok för undersökning av markradonförhållanden. *Byggforskningsrådets rapport R85:1988, reviderad utgåva 1990*, 160 s.

