

Beskrivning till bergkvalitetskartan Sigtuna kommun

Malin Sträng, Mehrdad Bastani,
Fanny Hartvig och Lena Persson



Omslagsbild: Bergkvalitetsprovtagning av väghäll i Sigtuna kommun sommaren 2003.
Foto: Malin Sträng

Figurerna 2 och 5 är fotograferade av Lars Persson, övriga av Malin Sträng.

© Sveriges geologiska undersökning, 2005

INLEDNING

Bergkvalitetskartan är en tematisk karta som kompletterar berggrundskartorna i skala 1:50 000 som framställs av SGU. Det huvudsakliga ändamålet är att underlätta en utvärdering av det bästa användningsområdet för olika bergarter, såsom t.ex. till ballast för väg, järnväg och betong. Delar av Mälardals- och Göteborgsregionerna är redan utgivna (t.ex. Persson 1998a, b, c, Persson m.fl. 1998a, b, c, Persson m.fl. 2000a, b, Persson m.fl. 2001a, b, c) och andra tätbefolkade områden planeras att bli undersökta på ett liknande sätt.

Undersökningarna i Sigtuna kommun har pågått i tre omgångar. 1995–1998 gjordes undersökningar inom kartbladsområdet 11I Uppsala SV (Persson 1998a), 1996–2001 inom kartbladsområdet 11I Uppsala NV (Persson m.fl. 2001a) samt 2003 då bergkvalitetsprovtagningar genomfördes inom de delar av kartbladsområdena 11I Uppsala NO samt NV som ligger inom Sigtuna kommun.

Undersökningar av bergkvalitet genomförs även i hela Vallentuna och Nykvarns kommuner, samt i delar av kommunerna Sala, Heby, Österåker, Värmdö, Södertälje och Nynäshamn.

Sigtuna kommun har en landareal på 352 km² med en befolkning på ca 36 000 invånare. I kommunen finns förutom tätorten Sigtuna även Märsta, Arlanda, Rosersberg, Odensala, Skepptuna, Lunda samt Vidbo.

Sigtuna kommun ligger inom kartbladsområdena 11I Uppsala samt 11H Enköping SO (enbart vattenområde). Tryckta berggrundskartor finns över 11I Uppsala SV (Stålhös 1972a), 11I Uppsala SO (Stålhös 1972b) samt 11I Uppsala NV (Arnbom & Persson 2001). Inom 11I Uppsala NO pågår berggrundskartering.

Bergtäkter finns vid Långåsen (fig. 1), Seminghundra (fig. 2), Västerbytorp och vid Laggatorp intill Arlanda flygplats. Grustäkt inom kommunen drivs endast i liten skala vid Starrmossen samt när det gäller restmaterial vid Långåsen och Karby.



Fig. 1. Långåsen, Arlanda kross.
MPA030175 (6614425/1621495).



Fig. 2. Seminghundra. Bergtäkt väster om Vidbo.
LEP950007 (6623000/1621340).

METODIK

Bergkvalitetskartan grundar sig på fältkontroll av de dominerande bergartsenheter. 24 lokaler har undersökts närmare och från dessa har ca 70 kg bergmaterial provtagits för teknisk analys. I de fall berggrunden varit heterogen (flera bergartsled i samma håll), vilket är speciellt vanligt i ådergnejsområden, har två prover tagits. Totalt har 25 prover tagits. Dessutom har mätningar av sprickplanens riktning gjorts samt spricktätheten bedömts. Tunnslip har framställts av bergarter från varje provplats och petrografisk analys har utförts. Gammaspекtrometermätningar har genomförts vid de flesta provlokalerna.

På bergkvalitetskartan är mätningar av foliationer ihopdragna till s.k. 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 underlag i skala 1:50 000 utifrån Lantmäteriets höjddatabas. Det är viktigt att notera att dessa lineament inte nödvändigtvis motsvarar verkliga sprickor, sprickzoner eller förkastningar. Det är dock sannolikt att de utgör svaghetszoner som består av sprickor i flera riktningar i berggrunden.

Den magnetiska anomalikartan och resistivitetskartan har använts för tolkning av deformationszoner. Resistivitetskartan, som beräknas från flygelektromagnetiska VLF-data, utgör ett utmärkt underlag för uppföljning av bl.a. spröda deformationszoner (vatten- och lerfyllda svaghetszoner) i berggrunden.

Jorddjup (avståndet till berggrundsytan) har erhållits från SGUs brunnsarkiv och redovisas i tre klasser <2, 2–5 och >5 meter. Totalt redovisas 366 brunnar i databasen. I 38 av dessa är jorddjupet större än eller lika med 10 m.

ALLMÄN GEOLOGI

Berggrunden inom kartområdet utgör en liten del av den vidsträckta, nu kraftigt nedvittrade svekokarelska bergskedjezonen, som omfattar hela östra Sverige och delar av västra Finland (jfr Lundqvist 1979).

Inom kommunen dominerar granitoider av tidigorogen svekokarelsk ålder (1900–1850 miljoner år). Den största andelen av granitoiderna är mer eller mindre fältspatporfyriska och har en granitisk–granodioritisk sammansättning (fig. 3–5). I de norra delarna av kommunen har granitoiderna huvudsakligen en mer tonalitisk sammansättning (fig. 6).

Ytbergarter (metasedimentära och metavulkaniska bergarter) förekommer i ett antal stråk. De metasedimentära bergarterna finns huvudsakligen i två glimmerskifferstråk i nordnordostlig riktning. Det ena sträcker sig från Norrsunda (1–2 d) via Arlanda (3 d–e) till Lunda (3 f) och vidare österut (fig. 7). Det andra glimmerskifferstråket ligger strax norr om det ovan nämnda och går från Odensala (3 c–d) via Husby-Ärlinghundra (3 d) till strax öster om Vidbo (4 e–f). Fältspatrika led ligger inlagrade bland de glimmerrika. Något mer gnejsomvandlade led (ådergnejser) förekommer i de västra delarna av kommunen, i trakten kring Erikssund (2–3 a).

Metavulkaniska bergarter finns vid Vidbo (4 e) samt Sigtuna (2 b) (fig. 8). Dessa bergarter är kraftigt heterogena med variationer i kvarts-, fältspat- och glimmerhalt.

Grönstenar associerade med granitoiderna av tidigorogen svekokarelsk ålder förekommer som ett flertal små kroppar i de västra delarna av kommunen i trakten av Erikssund (2–3 a).

Ett större massiv av jämnkornig, massformig, mestadels grå till gråröd yngre granit, s.k. Stockholmsgranit, finns i kommunens sydöstra delar, t.ex. vid Skånela (1 e) (fig. 9). Stockholmsgraniten är daterad till 1803^{+23}_{-19} miljoner år (Ivarsson och Johansson 1995). Partier av pegmatit förekommer på flera håll inom kommunen. Dessa är vanligen associerade med de yngre graniterna.

Mineralfördelningen i de dominerande bergarterna inom Sigtuna kommun enligt Stålhös (1972c) redovisas i figur 10.

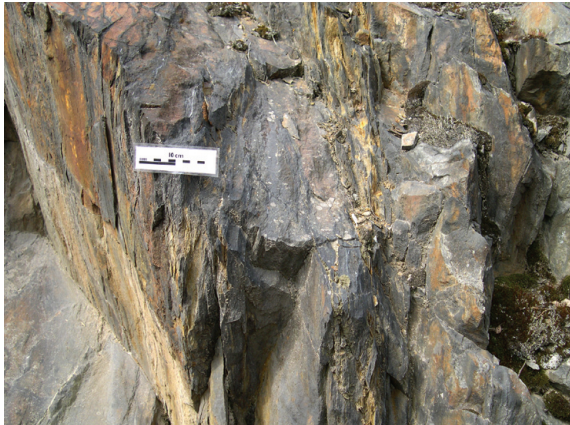


Fig. 3. Parti av glimmerskiffer i granodiorit. Notera rostfärgningen och omvandlingen i den kraftigt uppspruckna glimmerskiffern. Bergarten har låg hållfasthet. LEP950008 (6620100/1616170).



Fig. 4. Granodiorit. Mineralen i bergarten kan vara parallellt eller regellöst orienterade. LEP950008 (6620100/1616170).



Fig. 5. Deformerad äldre granit med svart, basiskt fragment. Bergtäkt väster om Vidbo. LEP950007 (6623000/1621340).



Fig. 6. Tonalit. Medelkornig, deformerad bergart med relativt stort innehåll av mörka mineral. Arlanda kross. MPA030175 (6614425/1621495).

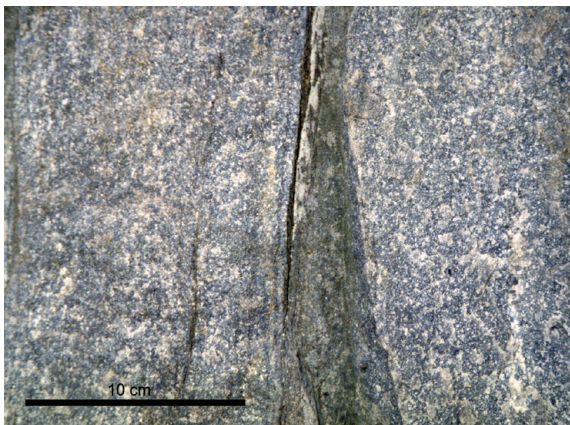


Fig. 7. Sedimentådergnejs. I bergarten finns glimmerhorisonter av växlande tjocklek. Heterogeniteten gör att hållfastheten blir lägre. LEP950004 (6616010/1624700).



Fig. 8. Vulkanit. Bergarten har en tydlig skiktning med glimmerhorisonter. Den kan partvis dock innehålla mycket kvarts och fältspat vilket gör att den har ett gott motstånd mot nötning (kulkvarnsvärden <10 %). LEP950006 (6624180/1624100).



Fig. 9. Finkornig, grå, yngre granit. Mineralkornen är oftast regel-
löst orienterade, dvs. bergarten är massformig. Kornstorleken kan
variera något. LEP950003 (6614870/1624360).

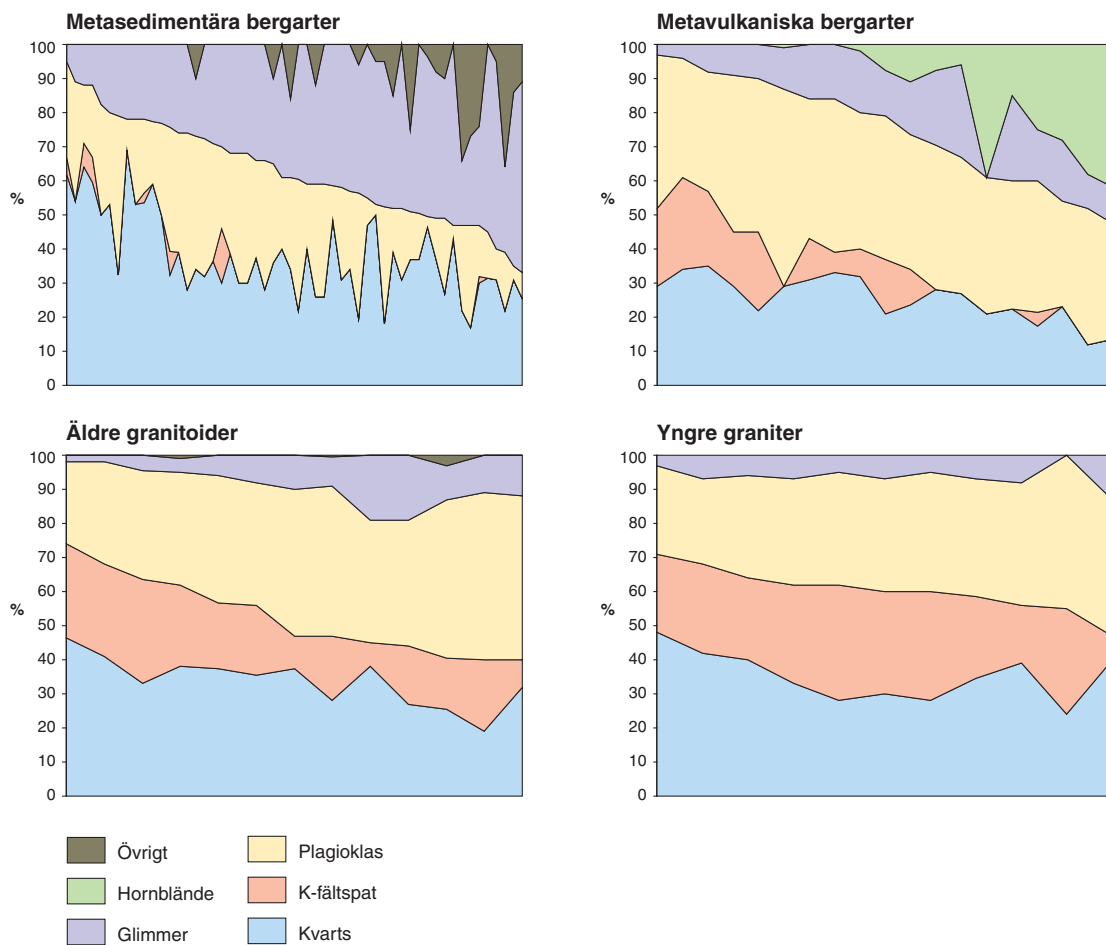


Fig. 10. Mineraldistributionen i de dominerande bergarterna inom Sigtuna kommun enligt Stålhös (1972c).

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 flygplan på ca 30 eller 60 meters höjd, längs linjer med 200 m avstånd och med ca 40 m mellan mätpunkterna.

Hela Sigtuna kommun är täckt med magnetiska, radiometrisk och elektromagnetiska VLF-data. Moderna VLF-data täcker den största delen av kommunen förutom ett litet område i den allra nordligaste delen. Dessa data erhålls genom mätning från två sändare vilket innebär att markens skenbara resistivitet erhålls.

Variationer i magnetfältet beror framför allt på olika bergarters innehåll av magnetiska mineral. Den magnetiska anomalikartan kan ge information om vissa bergarters utbredning samt om strukturella drag i berggrunden. Den magnetiska anomalikartan över Sigtuna kommun (se insättskarta) visar ett flertal högmagnetiska stråk i nordnordostlig riktning. Dessa stråk sammanfaller med utbredningen av ytbergarter (metasedimentära och metavulkaniska bergarter) inom området. Mätningar på berghällar visar att metavulkaniterna har en magnetisk susceptibilitet på upp till 4000×10^{-5} SI i vissa områden, medan granitoiderna generellt uppvisar en mycket låg magnetisk susceptibilitet (ca $0-20 \times 10^{-5}$ SI).

Gammastrålningskartorna ger en bild av hur de naturliga radioaktiva isotoperna uran, torium och kalium är fördelade i det översta, ca 3 dm tunna skiktet av jordtäcket eller bergytan. Mätningarna är användbara för att identifiera områden med risk för förhöjda radonvärden, samt i vissa fall för att skilja olika bergartstyper.

Resistivitetskartan är beräknad från elektromagnetiska VLF-data och visar den elektriska ledningsförmågan i marken. Resistivitetskartan utgör ett utmärkt underlag för uppföljning av elektriska ledare. Förutom konstgjorda ledningar (elledningar, rörledningar, kablar m.m.) kan elektriskt ledande mineral som t.ex. grafit och magnetkis samt elektriskt ledande strukturer (vatten- och lerfyllda svaghetszoner) detekteras.

BERGGRUNDENS STRUKTURER, DEFORMATIONSZONER OCH SPRICKOR

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

De plastiska strukturerna i bergarterna har främst NV-, VNV-, ONO- till NO-liga strykningsskiktningar. I allmänhet finns en sprickgrupp som är mer eller mindre parallell med foliationen i berggrunden, detta har noterats i ett flertal av de provtagna bergarterna (t.ex. LEP950005, LEP950008 samt LEP950018).

Spricktätheten har bedömts på 20 provlokaler genom att uppskatta antal sprickor per meter (spm i tabell 3). Värdet kan ses som en relativ jämförelse av sprickfrekvensen på provtagningsplatserna inom kommunen. Sprickornas orientering (strykning och stupning) var möjlig att mäta vid 18 lokaler (totalt 471 sprickor). Vid de övriga provtagningslokalerna var bergblottningarna av begränsad storlek vilket gjorde att det ej var möjligt att få en korrekt information om berggrundens spricksystem.

Sprickplanen i stereogrammen visar följande huvudsakliga trender (med de dominerande sprickgrupperna först):

ONO = vertikalt och brant mot N.

NNO = vertikalt och brant mot V.

VNV = vertikalt eller brant mot S till N.

NV = vertikalt till brant mot NO eller SV.

NO = vertikalt till brant mot NV.

O-V = brant mot N.

N-S = brant V.

TEKNISKA ANALYSER

Bergartsmaterialet har vanligen tagits på platser där tillräckligt med sprängsten eller friska blottningar funnits. Provtagning har skett med slägga och spett. Omkring 70 kg bergmaterial har tagits vid varje lokal för kulkvarns-, Los Angeles-, micro-Deval- och alkalisilikareaktivitetstester. Även resultat från tidigare undersökningar i kommunen redovisas (Persson 1998a, Persson m.fl. 2001a). Vid de äldsta undersökningarna beräknades även punktlastindex.

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 24 prover tagits från 23 lokaler. Gammastrålningsmätning har skett vid de flesta av dessa lokaler.

Kulkvarnsanalys

Kulkvarnsvärdet är ett mått på bergets nötningsmotstånd (dubbdäcksslitage). Analyser på prover från 2003 har utförts vid MRM AB i Luleå enligt FAS Metod 259-02. Analyser på äldre prover har gjorts vid SGU enligt samma metod. Krossning har utförts i en rotationskross med 30 mm utloppsspalt och i en laborieteknikkross med utloppsspalt inställd på 16 mm. Grovsiktning har skett i en maskinskak och finsiktning i en skakapparat enligt FAS-metod 221-02. Analyserad fraktion är 11,2–16 mm. Harpsiktning har skett med spaltvidden 6,3 mm för att avlägsna de flisigaste kornen och erhålla ett flisighetstal (jfr FAS-metod 209-98) som motsvarar storproduktionsdrift, då materialet nöts under längre tid. Analys har delvis gjorts på enkelprov och delvis på dubbelprov. Kulkvarnsvärdena (K_k) presenteras i tabell 3. Medelvärden för de olika bergartsenheterna redovisas i tabell 1.

Tabell 1. Medelvärden av kulkvarnsvärde och Los Angeles-tal för de analyserade bergartsenheterna i Sigtuna kommun.

Bergartsgrupp	Kulkvarnsvärde, %			Los Angeles-tal, %		
	Spridning	Medelvärde	Antal prover	Spridning	Medelvärde	Antal prover
Metavulkanit	7,3–10,3	9,2	3		14,2	3
Amfibolit	12,6–21	16,8	2		21,7	1
Sedimentådergnejs / glimmerskiffer	11,1–22,6	14,9	4	18,9–29,4	23,2	4
Granit	8,7–26,7	14,6	6	18,6–27,1	22,2	5
Granodiorit	8,7–18,9	13,3	4	14,1–17,9	15,8	4
Tonalit	10,1–13,5	11,8	2	16,2–20,7	18,4	2
Kvartsmonzonit		9,6	1		26,5	1
Kvartsmonzodiorit		11,5	1		19,4	1
Granit, yngre	10,1–13,4	11,75	2	25,3–27,5	26,4	2

De metasedimentära bergarterna har kulkvarnsvärden mellan 11,1 % och 22,6 %. Ett prov (MGO960003) uppvisar mycket sämre kulkvarnsvärde än övriga, detta prov är mycket finkornigt och innehåller nästan 50 % glimmer. Övriga prov ligger omkring 12 %. Metavulkaniterna uppvisar bra (låga) värden (medelvärde 9,2 %). Finkorniga metabasiter visar kulkvarnsvärden mellan 12,6 % och 21 %. Folierade granitoider (granit, granodiorit samt tonalit) varierar mellan 8,7 % och 26,7 %, de flesta runt 13 %. Det är prov från bergarter i denna grupp som har gett de bästa kulkvarnsvärdena i kommunen. Två yngre graniter är analyserade, dessa uppvisar kulkvarnsvärden på 10,1 % respektive 13,4 %.

Los Angeles-analys

Los Angeles-talet (LA-talet) är ett mått på bergets motstånd mot fragmentering (sprödhet). Analyser på prover från 2003 har utförts vid MRM AB i Luleå enligt SS-EN 1097-2. Analyser på äldre prover har gjorts vid Sveriges Provnings- och Forskningsinstitut i Borås (SP) enligt samma metod. 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 3. Medelvärden för de olika bergartsenheter redovisas i tabell 1.

Spridningen av LA-talen är, liksom för kulkvarnsvärdena, stor inom varje bergartsgrupp. De lägsta (bästa) värdena erhöles från prov på metavulkaniter. Högst (sämst) LA-tal ger yngre graniter samt en glimmerskiffer.

Bestämning av punktlastindex

Punktlastindex (I_{50}) är ett mått på brottlasten.

Samtliga värden som redovisas i tabell 3 genomfördes på prover från kartbladet 11I Uppsala SV (Persson 1998a). Borrkärnor med diametern 45 mm utborrades. Dessa kärnor testades därefter i en BEMEK ”rock tester” vid SGU. Korta bitar av borrkärnor belastas radiellt mellan två konspetsar till brott. Testningen sker parallellt och vinkelrätt mot den deformationsstruktur som finns i bergarten. Ungefär tio stycken godtagbara mätningar har om möjligt utförts i vardera riktningen. Redovisade resultat anges som medelvärden (jfr ISRM 1985). Punktlastindex bestämdes enligt Broch & Franklin (1972) och Brook (1993).

CIRIA SP 083 anger de krav på punktlastindexvärden som finns för skyddssten i pirar och kajer (tabell 2).

Tabell 2. Krav för skyddssten i pirar och kajer enligt CIRIA SP 083.

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 högsta (bästa) värdena i kommunen på medelvärdet mellan punktlastindex vinkelrätt mot foliationen och parallellt med foliationen uppvisar en metavulkanit (LEP950006) samt två yngre graniter (LEP950002, LEP950003). De två yngre graniterna är styrkeisotropa. Metvulkaniten är starkt anisotrop och spricker lätt upp längs med glimmerplanen, men har en mycket god hållfasthet vinkelrätt mot dessa.

Micro-Deval-analys

Micro-Deval är ett mått på bergets nötningsmotstånd. Analysen har utförts vid MRM AB i Luleå. Krossning och siktning har skett på samma sätt som för kulkvarnsanalyserna. Detta har givit ett flisighetstal (samtliga bergartsmaterial) på 1,30–1,40, vilket gör analysresultaten jämförbara. Micro-Devalvärdet har därefter bestämts på enkelprov med storleksfraktionen 10–14 mm enligt SS-EN 1097-1. Provningsen har gjorts med tillsats av vatten.

Inom kommunen har enbart ett prov analyserats med micro-Deval – en gnejsgranit (MPA030038) som fick värdet 7,0 %. Detta indikerar ett relativt bra nötningsmotstånd.

Analys av alkalisilikareaktivitet

Analys av alkalisilikareaktivitet (ASR) har utförts vid Sveriges Provnings- och Forskningsinstitut i Borås (SP) på prover tagna före 2003. På prover från 2003 har analyserna genomförts av Cement och Betong Institutet (CBI). ASR betyder att alkalimetaller i cementen förenas med reaktiv kvarts i stenmaterialet till en alkalikiselgel. Den senare kan i vissa fall expandera och därmed innebära risk för att betongen spricker. En fyrgradig indelning har gjorts på proverna som är analyserade vid SP: 1. ingen risk, 2. sannolikt ingen risk (enstaka deformerade kvartskorn), 3. liten risk (tydlig deformation) och 4. klar risk (de flesta kvartskornen är kraftigt deformerade).

På proverna som är analyserade vid Cement och Betong Institutet har risken för ASR bedömts enligt en tvågradig skala, där ja betyder att risk kan föreligga för sprickbildning med sprickvidd $\geq 0,3$ mm i betong inom en rimlig livslängd (ca 75 år) för en fuktbelastad utomhuskonstruktion, och nej betyder att risk inte föreligger för detta. Prover som har fått ett ja bör vidare analyseras innan materialets används till betong.

Tunnslip av i stort sett alla prover har undersökts. Resultaten redovisas i tabell 3.

Av de provtagna bergarterna i kommunen ger en gnejsgranit ca 3 km nordväst om Skepptuna (MPA030176), en tonalit vid Arlanda (MPA030175), samt en sedimentådergnejs ca 4 km öster om Arlanda (LEP950004) potentiell ASR-risk.

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 med transmissionsmikroskopi. Resultaten ges i tabell 4. Speciellt kvarts- och glimmerinnehållet är av betydelse för bergartens egenskaper. Information om kornstorlek och textur redovisas i tabell 4.

Om andelen sulfidmineral är $>0,3$ % bör materialet analyseras kemiskt för att bestämma totalhalten av svavel innan materialet 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 oxideras varvid pH-värdet i vattnet sänks. Vid oxidationen kan även metaller frigöras och gå i lösning i lakvattnet. Lakvattnet med lågt pH och höga metallkoncentrationer kan orsaka skador på miljön.

Endast i en granit (LEP950007) förekommer sulfider i en så hög halt att kemisk analys bör göras innan materialet används till betong.

Gammastrålningsmätningar

Gammastrålningsmätningar på berghällar utförs vid berggrundskartering för att identifiera bergarter med risk för förhöjda radonvärden. Genom sina 15 miljömål har regeringen med delmålet "Säker strålmiljö" gett direktiv om hur människan skall skyddas mot skadlig strålningspåverkan i byggnader och alla övriga slags anläggningar. Strålskyddslagen behandlar strålningsrelaterade frågor i miljön generellt och har givit Statens strålskyddsinstitut (SSI) i uppdrag att utforma ramarna för strålningspåverkan och föreskrifter om strålningskyddade miljöer. Bergkvalitetskartan ger punktvisa uppgifter om berggrundens naturliga gammastrålning i form av radiumindex och gammaindex.

Totalt har 135 gammastrålningsmätningar på berghällar utförts på 42 platser inom kommunen. Härvid har den totala gammastrålningen samt halten 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 (The Radiation Protection Authorities in Denmark, Finland, Iceland, Norway and Sweden, 2000).

Kartan över markens naturliga gammastrålning (se marginalkarta) visar förhöjd gammastrålning i den sydöstra delen av kommunen vid Skånåla. Området sammanfaller med ett massiv av yngre granit, s.k. Stockholmsgranit. Gammastrålningsmätningar på berghällar visar flera punkter med uranhalter som överstiger 16,2 ppm (radiumindex 1,0) samt även en punkt där gammaindex överstiger 2,0. Detta område har markerats på bergkvalitetskartan. Ytterligare områden med något förhöjd gammastrålning framkommer på gammastrålningskartan, t.ex. i mitten av kommunen nordöst om Märsta. Dessa områden är hållfattiga och sammanfaller till stor del med utbredningen av postglaciala och glaciala leror varför förhöjningen sannolikt inte har sin orsak i berggrunden.

Hållmätningarna visar att bergarterna inom Sigtuna kommun har relativt varierande gammastrålningssegenskaper (fig. 11). De yngre graniterna, som tidigare nämnts, har uranhalter som varierar mellan 4 och 23 ppm och toriumhalter som varierar mellan 7 och 37 ppm. De äldre granitoiderna (tidigorogena svekokarelska djupbergarter) uppvisar generellt lägre gammastrålning. Kaliumhalterna varierar mellan 1,5 och 4,6 % vilket återspeglar granitoidernas sammansättning från tonalitisk till granitisk. Uranhaltarna varierar mellan 1,3 och 10 ppm och toriumhalterna mellan 2,7 och 19 ppm. Metasedimentära bergarter har kaliumhalter mellan 0,9 och 3,6 %. Uranhalten varierar mellan 1,6 och 16 ppm och toriumhalten varierar mellan 2,3 och 33 ppm. De metasedimentära bergarterna är i de flesta fall kraftigt migmatitomvandlade, vilket förklarar den stora spridningen i de erhållna strålningsvärdena. Den relativt höga uranhalt som är uppmätt på en metasedimentär bergart i en hållmätning härrör troligtvis från neosomen.

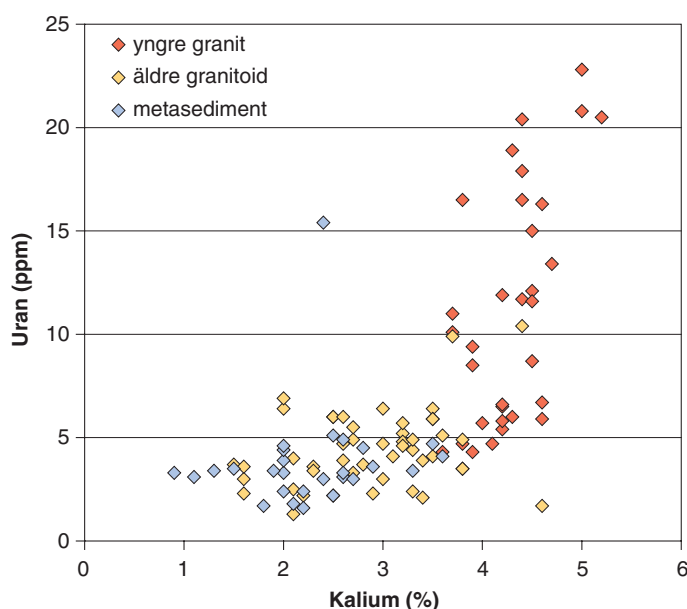


Fig. 11. Resultat från gammastrålningsmätningar på berghällar inom Sigtuna kommun. De yngre graniterna uppvisar generellt högre uranhalter i jämförelse med andra bergarter i området. Den relativt höga uranhalt som är uppmätt på en metasedimentär bergart i en hållmätning härrör troligtvis från neosomen.

KVALITETSKLASSNING AV PROVER

En bedömning har gjorts av användbarheten av analyserade prover (tabell 3) till betong, järnväg (spårballast) och väg (jfr Persson och Schouenborg 1995, 1996).

Användningsområde betongballast

Kvalitetsklassningen för betong är främst erfarenhetsbaserad. Egenskaper som 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 94, Concrete Report No. 1 (Swedish Concrete Association 1991), SS 13 21 25 (Svensk Standard 1983)). Bergarter för högpresterande betong, dvs. med materialkvalitet motsvarande kvartsit eller porfyr, har ej påträffats i kommunen. Klassningen av proverna (tabell 3) är gjorda enligt följande:

- Klass 1 Berget bedöms vara lämpligt som betongballast. Berget bedöms klara alla av Boverkets föreskrivna krav för Betongballast (BBK 94): låg–moderat glimmerhalt, låg halt av vitteringsbenägna och skadliga mineral (sulfider, salter, svällare, alkalisilikareaktiva mineral (se RILEM AAR-1)), låg porositet, vattenabsorption <1,0. Ballasten ska dessutom ej överstiga 1,0 i radiumindex.
- Klass 1,5 Gränsfall mellan klass 1 och 2.
- Klass 2 Berget bedöms kunna användas som betong ballast. RA-index 0,5–1,0. Heterogena partier med lokalt förhöjd glimmerhalt (15–30 %). Svårt att uppfylla övriga krav enligt klass 1.
- Klass 2,5 Gränsfall mellan klass 2 och 3.
- Klass 3 Berget bedöms inte kunna användas som betongballast. Berget bedöms inte klara Boverkets föreskrivna krav för Betongballast (BBK 94).

Användningsområde spårballast

Kvalitetsklassningen för användning av stenmaterial som spårballast grundar sig på krav uppställda av Statens Järnvägar (1988) och Banverket (1996). Glimmerhalten bör vara låg, då denna ofta sänker hållfastheten, minskar bergartens förmåga att motstå vittring samt ger olämplig kornform vid alltför höga koncentrationer. Kvartsrika bergarter ska undvikas på grund av arbetsmiljöskäl. Den färdiga produkten bör ha en så kantig, kubisk form som möjligt. LT-index (3) ska vara lägst 90 % (FAS-metod 244-99). Klassningen av proverna (tabell 3) är gjorda enligt följande:

- Klass 1 Berget bedöms vara lämpligt som järnvägs makadam. Det klarar alla av Banverket (1996) föreskrivna krav för järnvägs makadam (BVF 585.52): sprödhetsal <50 % alt. LA-tal <30 %, glimmerhalt <10 % (10–25 % vid godkännande av beställare), flisighetsal = $1,35 \pm 0,05$, ej kvartsit, vattenabsorption <1 %.
- Klass 1,5 Gränsfall mellan klass 1 och 2.
- Klass 2 Berget bedöms kunna användas som järnvägs makadam. Heterogena partier med lokalt förhöjd glimmerhalt (15–30 %). Svårt att uppfylla övriga krav enligt klass 1.
- Klass 2,5 Gränsfall mellan klass 2 och 3.
- Klass 3 Berget bedöms inte kunna användas som järnvägs makadam. Berget bedöms inte klara Banverkets (1996) föreskrivna krav (BVF 585.52).

Användningsområde vägballast

Kvalitetsklassningen för användning av stenmaterial i väg grundar sig på av Vägverket (2003) fastställda krav i ATB VÄG 2003.

En tämligen god korrelation finns mellan sprödhetstal (FAS-metod 210-01) och LA-tal (10–14 mm) av vilken anledning sprödhetstalet kan uppskattas med hjälp av det senare. Flisighetstalet ingår inte i klassningsgrunden. Ett uniformt flisighetstal fås genom krossning i flera steg. Klassningen av proverna (tabell 3) är gjorda enligt följande:

- | | |
|-----------|--|
| Klass 1 | Berget bedöms kunna användas både som slitlager, massabeläggningar, bärlager och förstärkningslager. Kulkvarnsvärden <10 % och Los Angelesvärde <30 %. Ej till slitlayerskikt för vägar med höga ÅDT-tal (motorvägar etc.). Då krävs kulkvarnsvärde <6 %. Se vidare krav i ATB VÄG 2003. |
| Klass 1,5 | Gränsfall mellan klass 1 och 2. |
| Klass 2 | Färre beläggningstyper för slitlager än klass 1, massabeläggningar, bärlager och förstärkningslager. Kulkvarnsvärden <18 % och Los Angelesvärde <30 %. Se vidare krav i ATB VÄG 2003. |
| Klass 2,5 | Gränsfall mellan klass 2 och 3. |
| Klass 3 | Produktion som slitlager och massabeläggningar är starkt begränsad till obefintlig. Bärlager och förstärkningslager är fortfarande möjligt. Kulkvarnsvärden >18 % eller Los Angelesvärde >30 %. Se vidare krav i ATB VÄG 2003. |

Användningsområde skyddssten (i pirar och kajer)

De krav som finns för skyddssten (i pirar och kajer) redovisas i tabell 2 (CIRIA SP 83, jfr CUR 1995).

De undersökta bergarternas densitet ligger mellan 2,61 och 2,92 g/cm³ med de högsta värdena för amfiboliterna (tabell 3). Punktlasttester (jfr Broch & Franklin 1972, Brook 1993) har utförts på de prover som är tagna före 2003. Samtliga värden på punktlastindex (medelvärde mellan punktlastindex vinkelrätt mot foliationen och parallellt med foliationen) inom kommunen ligger mellan 4,8–10,3 MPa, de flesta runt 7–9 MPa.

Ingen av de provtagna bergarterna inom kommunen har bedömts ha en hög porositet. Detta innebär att vattenabsorption kan förväntas vara under 2 %.

Samtliga provtagna bergarter bedöms ligga inom klasserna god till mycket god.

SAMMANSTÄLLNING AV BERGKVALITETSKARTAN

Med utgångspunkt från de analyser som gjorts på prover från olika platser och som ansetts väl representera berggrunden i Sigtuna kommun har en karta över fördelningen av de olika bergkvalitetsklasserna gjorts. Med tanke på berggrundens heterogenitet blir sammanställningen översiktlig, men den kan ändå vara en värdefull riktlinje för användaren. Indelning har gjorts i tre bergkvalitetsklasser: 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 2003 (Vägverket 2003).

Som framgår av analysdata, figur 12 samt tabellerna 1 och 3, är spridningen inom de olika bergartsgrupperna relativt stor. Ett flertal provpunkter ligger på gränsen mellan klass 1 och 2. I dessa fall har jämförelser gjorts med andra prov från samma bergartstyp. Kvartsmonzoniten (LEP950012B) med ett kulkvarnsvärde på 9,6 är ej den dominerande bergarten i hällen eller området, varför denna ligger i ett klass 2-område, klassat efter huvudbergarten granit (LEP950012A). De två metavulkaniterna som ligger på gränsen mellan klass 1 och 2 (LEP950006 samt MGO980005) tillhör samma bergartstyp. De ligger

båda i ett klass 2-område, eftersom medelvärdet för de båda överstiger 10. Dessa prov är mer glimmerrika än metavulkaniten som ligger inom ett klass 1-område (MGO980006). Gränsdragningen i detta fall är osäker.

Berggrunden i Sigtuna kommun omfattar framför allt klass 2-material. Klass 1-material har en relativt liten utbredning. Det finns dock representerat i några områden som innehåller en glest porfyrisk äldre granitoid med ett kulkvarnsvärde på 10 % eller lägre. De områden som på berggrundskartorna 11I Uppsala NV (Arnbom & Persson 2001) och 11I Uppsala SV (Stålhös 1972a) har markerats med gul färg, dvs. som utgörs av metavulkaniter, är klassade som klass 1 till klass 3. De partier i metavulkaniterna som är mer kvarts-fältspatrika har i allmänhet en högre hållfasthet än de som är mer glimmerrika. Områden med yngre granit, äldre porfyrisk deformerad granit samt granodiorit och tonalit klassas i området i allmänhet som klass 2-material. Klass 3-material utgörs främst av glimmerrika sedimentbergarter, starkt förskiffrade randzoner av granitoider samt pegmatiter.

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

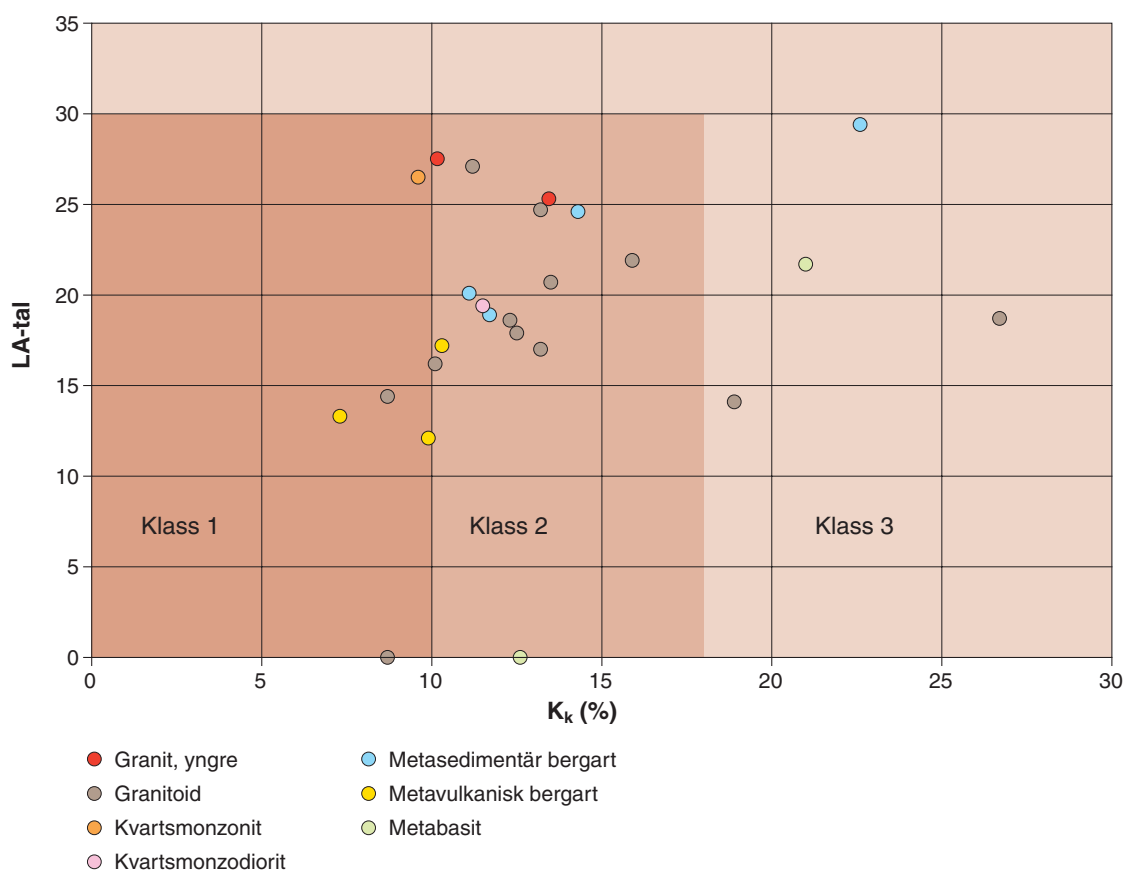


Fig. 12. Samtliga prover från Sigtuna kommun plottade mot kulkvarnsvärdet och Los Angeles-talet. De olika nyanserna i diagrammet visar gränserna för de olika bergkvalitetsklasserna på kartan. De provpunkter som ligger på gränsen mellan klass 1 och 2 har jämförts med andra prov från samma bergartstyp innan en klassning har gjorts. Två prov saknar Los Angeles-analys. Dessa ligger på LA-tal=0 i diagrammet.

Referenser

- Arnbom, J.-O. & Persson, L., 2001: Berggrundskartan 11 I Uppsala NV. *Sveriges geologiska undersökning Af 210*, 49 s.
- Banverket, 1996: BVF 585.52, *Makadamballast för järnväg*, Janne Malmatorp, 1996-03-01.
- BBK 94, Betongkonstruktioner: *Boverkets handbok om betongkonstruktioner*. Band 2 – Material, utförande, kontroll.
- BFS, 1990: Nybyggnadsregler ändringar. *Boverkets författningssamling. BFS 1990:28, Nr. 2. Stockholm*, ISBN 91-38-12510-2.
- Broch, E. & Franklin, J.A., 1972: The Point Load Strength Test. *International Journal of Rock Mechanics and Mining Sciences* 9, 669–697.
- Brook, N., 1993: The measurement and estimation of basic rock strength. IJ. Hudson (ed.): *Comprehensive rock engineering, principles, practice & projects. Vol. 3, Rock testing and site characterization*, 41–81. Pergamon Press.
- CIRIA SP 083, 1991: Manual on the use of rock in coastal and shoreline engineering. *Construction Industry Research and Information Association*, 603 s.
- 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.
- FAS-metod 209-98: Bestämning av flisighetstal. *Föreningen för asfaltbeläggningar i Sverige*.
- FAS-metod 210-01: Bestämning av sprödhetstal. *Föreningen för asfaltbeläggningar i Sverige*.
- FAS-metod 221-02: Bestämning av kornstorleksfördelning genom siktningsanalys. *Föreningen för asfaltbeläggningar i Sverige*.
- FAS-metod 244-99: Bestämning av LT-index. *Föreningen för asfaltbeläggningar i Sverige*.
- FAS-metod 259-02: Bestämning av kulkvarnsvärde. *Föreningen för asfaltbeläggningar i Sverige*.
- ISRM 1985: Point load test index $I_{S(50)}$. *International Society for Rock Mechanics*.
- Ivarsson, C. & Johansson Å., 1995: U-Pb zircon dating of Stockholm granite at Frescati. *GFF* 117, 67–68.
- Lundqvist, T., 1979: The Precambrian of Sweden. *Sveriges geologiska undersökning C 768*.
- Persson, L., 1998a: Bergkvalitetskartan 11I Uppsala SV. *Sveriges geologiska undersökning Af 105 Bk*.
- Persson, L., 1998b: Bergkvalitetskartan 11H Enköping SO. *Sveriges geologiska undersökning Af 110 Bk*.
- Persson, L., 1998c: Bergkvalitetskartan 11H Enköping SV. *Sveriges geologiska undersökning Af 118 Bk*.
- Persson, L., Antal, I., Göransson, M., Lundqvist, S. & Pamnert, M., 1998a: Bergkvalitetskartan 10I Stockholm NO. *Sveriges geologiska undersökning Af 202 Bk*.
- Persson, L., Antal, I., Göransson, M., Lundqvist, S. & Pamnert, M., 1998b: Bergkvalitetskartan 10I Stockholm NV. *Sveriges geologiska undersökning Af 203 Bk*.
- Persson, L., Göransson, M., Lundqvist, S., Pamnert, M. & Sträng, T., 1998c: Bergkvalitetskartan 11G Västerås SO. *Sveriges geologiska undersökning Af 204 Bk*.
- Persson, L., Antal, I., Göransson, M., Lundqvist, S. & Sträng, M., 2000a: Bergkvalitetskartan 10I Stockholm SO. *Sveriges geologiska undersökning Af 209 Bk*.
- Persson, L., Eliasson, T., Göransson, M., Kero, L., Lundqvist, S. & Sträng, M., 2000b: Bergkvalitetskartan över Göteborgs kommun. *Sveriges geologiska undersökning Ba 59 Bk*.
- Persson, L., Göransson, M., Persson, L. & Sträng, M., 2001a: Bergkvalitetskartan 11I Uppsala NV. *Sveriges geologiska undersökning Af 210 Bk*.
- Persson, L., Sträng, M. & Antal, I., 2001b: Berggrundskartan 10I Stockholm, skala 1:100 000. *Sveriges geologiska undersökning Ba 60*.
- Persson, L., Antal, I., Göransson, M., Lundqvist, S. & Sträng, M., 2001c: Bergkvalitetskartan 10I Stockholm SV, skala 1:50 000. *Sveriges geologiska undersökning Af 218 Bk*.

- Persson, L. & Schouenborg, B., 1995: Kvalitetsklassning av bergarter N Stockholm, del 2. SP, Sveriges Provnings- och Forskningsinstitut, Byggnadsteknik, *SP RAPPORT 1995:49*.
- 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.
- Statens Järnvägar 1988: Tekniska bestämmelser, makadam för spårballast. *PM 1988-04-25 (BBG 88/022), SJ, Banavdelningen*.
- Stenlid, L., 1996: Klassificering av bergarter med Los Angeles-trumma. *Slutrapport SBUF projekt nr 2135*. Skanska Mellansverige AB, Väglaboratoriet Bålsta.
- Stålhös, G., 1972a: Berggrundskartan 11I Uppsala SV. *Sveriges geologiska undersökning Af 105*.
- Stålhös, G., 1972b: Berggrundskartan 11I Uppsala SO. *Sveriges geologiska undersökning Af 106*.
- Stålhös, G., 1972c: Beskrivning till berggrundskartorna Uppsala SV och SO. *Sveriges geologiska undersökning Af 105–106*, 165 s.
- Svensk standard 1983: SS 13 21 25: *Betongprovning – Ballast – Korndensitet (hydrostatisk metod) och vattenabsorption*.
- Svensk standard 1997a: SS-EN 1097-1: *Ballast – Mekaniska och fysikaliska egenskaper – Del 1: Bestämning av nötningsmotstånd (micro-Deval)*.
- Svensk standard 1997b: SS-EN 1097-2: Tests for mechanical and physical properties of aggregates. Part 2: Methods for the determination of the resistance to fragmentation. *European Committee for Standardization*.
- Swedish Concrete Association 1991: Durable concrete structures. *Concrete Report 1*. 55 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
- Vägverket 2003: Allmän teknisk beskrivning för vägkonstruktion. *ATB VÄG 2003 Publ 2003:111*.
- Åkerblom, G., Petterson, B. & Rosén, B., 1990: Markradon. Handbok för undersökning av markradonförhållanden. *Byggforskningsrådets rapport R85:1988, reviderad utgåva 1990*, 160 s.

Tabell 3. Tekniska analysvärden och användbarhetsklassificering av prover från Sigtuna kommun för betong (B), järnväg (J) och väg (V). K_k = kulkvarnsvärde, LA-tal = Los Angeles-tal, Md = Micro Deval, $I_{s(50)}$ = punktlastindex, vinkelrätt mot foliationen, $I_{s(50) //}$ = punktlastindex, parallellt mot foliationen, la = Strykkanisotropi ($I_{s(50)} / I_{s(50) //}$), Ra = Radiumindex, Ga = Gammaindex, ASR = Alkalisilikareaktivitet, spm = sprickor per meter.

ID-nr SGU	N-S koord	Ö-V koord	Bergart	Den- sitet g/cm ³	K_k %	LA-tal %	Md %	$I_{s(50)L}$ MPa	$I_{s(50) //}$ MPa	la	Ra	Ga	ASR	spm	Bergkvalitetsklassn.
															B J V
LEP950002	6609400	1622180	Yngre granit, grå	2,63	10,1	27,5		9,9	8,6	1,2	0,8	1,7	1	2	1 1 1,5
LEP950003	6614870	1624360	Yngre granit, grå, massformig	2,63	13,4	25,3		10,1	8,3	1,2	0,4	1,3	1	3	1 1 2
LEP950004	6616010	1624700	Sedimentådergnejs, folierad	2,7	14,3	24,6		8,3	5,7	1,5	0,2	0,6	4	2	3 1 2
LEP950005	6617980	1622880	Granit, grå	2,65	26,7	18,7		6,6	2,9	2,2	0,3	0,8	2	5	3 3 3
LEP950006	6624180	1624100	Vulkanit, rödsvart, folierad	2,62	9,9	12,1		14,1	6,5	2,2	0,1	0,5	1	6	1,5 3 1
LEP950007	6623000	1621340	Granit, grå, folierad	2,7	12,3	18,6		9,7	7,3	1,3	0,5	1,0	1	2	1,5 2 2
LEP950008	6620100	1616170	Granodiorit	2,73	13,2	17		8,4	6,2	1,4	0,8	0,6	2	2	3 3 2
LEP950009	6619148	1614109	Amfibolit, gråsvart	2,89	21	21,7		11,5	5,6	2	0,1	0,3	1	5	1,5 2 3
LEP950010	6615740	1612330	Tonalit, grå, fältspatporfyrisk	2,69	13,5	20,7		7,7	6,8	1,1	0,2	0,7	1	3	1 1 2
LEP950012A	6608550	1616750	Granit, grå	2,66	15,9	21,9		8,2	6,8	1,2			2	5	2 3 2
LEP950012B	6608550	1616750	Kvartsmonzonit, gråvit	2,61	9,6	26,5		7,5	8	0,9			1	5	1 1 1
LEP950013	6613020	1612450	Granit, gråröd	2,63	8,7					0,3	0,8	2	2	2	1 1 1
LEP950014	6613204	1610909	Granodiorit, grå	2,67	18,9	14,1		9,1	6,1	1,5	0,1	0,2	2	7	1 1 3
LEP950018	6614663	1607244	Granodiorit, gråröd	2,74	12,5	17,9			5,1		0,1	0,2	3	4	2 1 2
LEP950019	6615340	1602690	Sedimentådergnejs	2,68	11,7	18,9		9	7,2	1,2	0,2	0,7	1	7	2 2 2
LEP950031	6620000	1604990	Kvartsmonzodiorit	2,73	11,5	19,4		7	8,6	0,8	0,2	0,6	1		1,5 1 2
MGO960003	6616518	1619873	Glimmerskiffer	2,72	22,6	29,4		10,9	6,2	1,8					3 3 3
MGO960004	6618236	1619705	Granodiorit, grå	2,76	8,7	14,4		8,6	9,3	0,9			1		1 1 1
MGO970014	6613450	1608200	Amfibolit	2,92	12,6										2 2 2
MGO980005	6625560	1624540	Vulkanit, röd	2,65	10,3	17,2							1	10	2 1 1,5
MGO980006	6626140	1624560	Vulkanit, röd	2,68	7,3	13,3							2	10	2 1 1
MPA030038A	6622785	1629845	Granit, grå, folierad	2,63	11,2	27,1	7,0			0,3	0,8	NEJ	3	1	1 1 2
MPA030040A	6620870	1629250	Sedimentådergnejs	2,67	11,1	20,1				0,1	0,4	NEJ			1 1 2
MPA030175A	6614425	1621495	Tonalit, grå, folierad	2,70	10,1	16,2				0,3	0,7	JA	3	3	1 1,5
MPA030176A	6625460	1626530	Granit, grå, folierad	2,64	13,2	24,7				0,3	0,8	JA	4	4	1 2

Tabell 4. Mineralfördelningen (volymprocent) och kornstorleken hos bergarter från Sigtuna kommun. Kva = kvarts, k-fsp = kalifältspat, plag = plagioklas, hbl = hornblände, bio = biotit, mus = muskovit, klo = klorit, epi = epidot, kal = kalcit, Ap = apatit, opa = opaka mineral.

Bergart	Kornstorlek	Kva	K-fsp	Plag	Hbl	Bio	Mus	Klo	Epi	Kal	Ap	Zirkon	Opa	Sericit	Granat	Övrigt
LEP950002	Yngre granit, grå	32,6	37,4	21,2		7,2	1,0	0,2	0,4	+						+
LEP950003	Yngre granit, grå, massformig	33,0	36,0	26,0		4,0	0,8	0,2	+							+
LEP950004	Sedimentådergnejs, folierad	58,4	0,2	26,0		15,4	+	+	+	+						+
LEP950005	Granit, grå	35,2	11,8	20,4		13,2	16,4	2,2								0,8
LEP950006	Vulkanit, rödsvart, folierad	27,4	10,2	34,2		12,2		15,4	0,4	+						0,2
LEP950007	Granit, grå, folierad	29,8	24,2	25,6		16,0	4,4		+							+
LEP950008	Granodiorit	19,8	8,4	40,2		27,8	1,8	0,8	0,8	0,2						0,2
LEP950009	Amfibolit, gråsvart	14,6	+	34,4	30,4	17,6		0,2	0,2							2,6
LEP950010	Tonalit, grå, fältspatporfyrisk	20,6	1,0	62,0		9,0	1,2	1,0	2,0	0,2						3,0
LEP950012A	Granit, grå	50,4	12,2	9,0		+	9,4	18,8	0,2							+
LEP950012B	Kvartsmonzonit, gråvit	9,4	43,4	41,8		3,2	0,6	1,4	+	+						0,2
LEP950013	Granit, grå	29,8	22,8	39,4		3,2	0,6	2,8	0,8	0,4						0,2
LEP950014	Granodiorit, grå	23,6	11,2	49,0		3,4	1,0	9,2	1,2							1,4
LEP950018	Granodiorit, grå	17,2	6,0	46,2	11,0	12,4	0,2	2,8	0,8	0,2						3,2
LEP950019	Sedimentådergnejs	52,2	10,8	16,8		16,2	3,0	+	0,2	0,2						0,6
LEP950031	Kvartsmonzodiorit	9,0	18,2	43,6	2,4	12,2	4,8	0,2	6,0	1,4						2,2
MGO960003	Glimmerskiffer	40,8	5,4	5,4		30,0	18,2		+							0,2
MGO960004	Granodiorit, grå	27,2	15,4	32,2	11,2	6,4	0,8	3,0	2,4	0,4						1,0
MGO970014	Amfibolit	9,6	+	34,0	35,6	15,8	1,2	2,0	+	+						1,8
MGO980005	Vulkanit, röd	Rundade och oregelbundna kornfogar. Mkt kraftig omvandling. Stora glimmerflak														
MGO980006	Vulkanit, röd	Rundade och oregelbundna kornfogar. Måttlig omvandling. Mikrospickor.														
MPA030038A	Granit, grå, folierad	36,4	22,8	30,8		1,6	0,6	0,6	1,2						5,6	0,4
MPA030040A	Sedimentådergnejs	61	0,2	26,2		11	0,8	+	+	+					0,8	
MPA030175A	Tonalit, grå, folierad	37,2	2	42,8		12,4	0,2								+	5,4
MPA030176A	Granit, grå, folierad	34	20,6	25,6		6,2	0,2	0,4	+						+	13