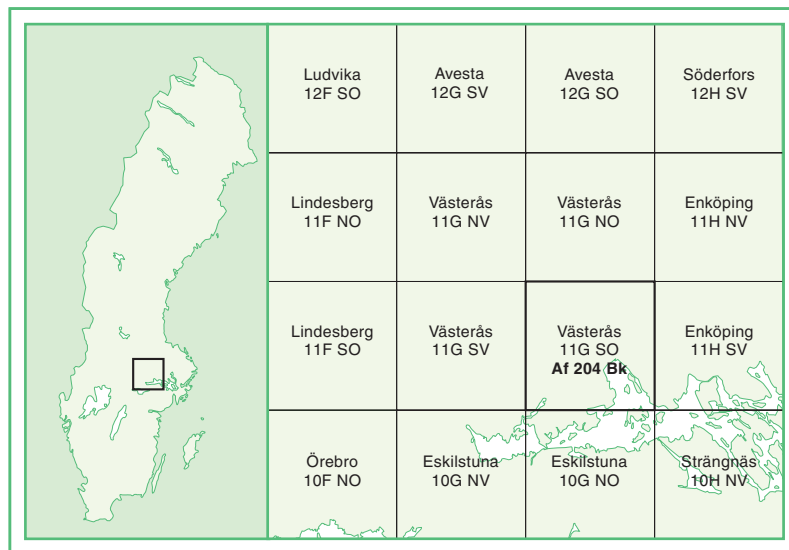


Beskrivning till
Bergkvalitetskartan
11G Västerås SO

Skala 1:50 000



Lars Persson, Mattias Göransson, Sven Lundqvist,
Malin Pannert och Thomas Sträng



Bergkvalitetskartan Västerås SO

INLEDNING OCH METODIK

En ny tematisk karta, bergkvalitetskartan, 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. Preliminärt kommer dessa kartor i en nära framtid att täcka Stockholms- och Göteborgsregionerna, men andra tätbefolkade områden planeras att senare undersökas på ett liknande sätt. Bergkvalitetskartorna Uppsala SV, Enköping SO och SV samt Stockholm NO och NV (Persson 1998a, b, c, Persson m.fl. 1998 a, b) har tidigare utkommit i denna serie.

Kartområdet Västerås SO omfattar samhällen och platser såsom centrala Västerås, Hökåsen, Tillberga, Romfartuna, Skultuna, Lillhärad, Hallstahammar, Säby och Barkarö. En bergtäkt förekommer i yngre granit vid Vändle (1g). Numera övergivna stenbrott ligger vid Råby (1g) samt söder om By-singsberg (1g).

Berggrundskartan i skalan 1:50 000 Västerås SO med kortfattad beskrivning har gjorts av Arnbom (1998). Insamlingen av berggrundsinformation för denna karta har skett under åren 1993–1997 med inriktning på en bergkvalitetsundersökning. Framställandet av bergkvalitetskartan grundar sig på fältkontroll av de huvudsakliga bergartsenheterna. 32 lokaler har närmare undersökts, där provtagning av större kvantiteter berg har varit möjlig. Dessutom har mätningar av sprickor skett samt spricktätheten bedömts. Vid ett flertal av dessa lokaler har ca 70 kg bergmaterial provtagits för teknisk analys. Tunnslip har framställts av bergarter från varje provplats och petrografisk analys har utförts. I de fall berggrunden varit heterogen (flera bergartsled i samma håll), vilket är speciellt vanligt i ådergnejsområden, har två eller flera prover tagits benämnda A, B, C osv. Totalt har 36 prover tagits från 32 lokaler. Strålningsmätning har skett på de flesta av ovannämnda lokaler.

Bergartsstrukturer såsom skiffrihet är redovisade av Arnbom (1998) och ihopdragna till s.k. strukturella formlinjer. Dessa visar bergartens interna struktur efter vilken riktning uppsprickning lätt sker, t.ex. i samband med sprängning. Stereogrammen i kartmarginalen redovisar sprickriktningar vid varje speciellt undersökt lokal. En tolkning av morfologiska lineament (långsträckta sänkor i naturen) har gjorts på underlag i skala 1:50 000 utgående från LMVs höjddatabas. Det är viktigt att notera att dessa lineament inte alltid nödvändigtvis motsvarar verkliga sprickor, sprickzoner eller förkastningar. Det är dock sannolikt att de utgör svaghetszoner i berggrunden som består av sprickor i flera riktningar.

Lineament har också tolkats från magnetiska anomalikartan och elektromagnetiska (VLF-) kartan. VLF-kartan visar bl.a. elektriska ledningsförmågan i berggrunden, då huvudsakligen i brantstående strukturer (och sprickzoner).

Strålningskartor och berggrundskartan har legat till grund för markstrålningsmätningar.

Jorddjup (avståndet till berggrundsytan) har erhållits från SGUs brunnsarkiv och redovisas i tre klasser, nämligen 1–5, 5–10 och >10 meter.

ALLMÄN GEOLOGI

Kartområdet utgörs till ca en tredjedel av sedimentådergnejsler, dvs. växlande kvarts-fältspatrika och glimmerrika led med gångar, körtlar och ådror av granit och pegmatit. De har sin största utbredning i Västerås stad samt österut. Grafit förekommer. Metabasiter (grönstenar) har stor utbredning på norra delen av Björnö (1j), öster om Gäddeholm (1j), väster om Lundby (1h), norr om Lillhärad (1g), i norra Skultuna (4h) samt norr och nordväst om Säby (0f). De är normalt gråsvarta till grönsvarta och fin- till medelkorniga. Gnejsiga granitoider utgör ca en tredjedel av kartområdet. Tonaliter dominerar i mel-

lersta och norra delen av kartområdet och granodioriter i södra. I kartområdets centrala delar (2h–i) uppträder en ögonförande granit. Ställvis förekommer gångar och sliror av granit och pegmatit i de gnejsiga granitoiderna. Två typer av yngre granit finns, nämligen en rödlätt, grovkornig, strökornsförande granit, s.k. Fellingsbrogranit, och en grå till gråröd, finkornig till fint medelkornig, jämnkornig granit. Den senare kan jämföras med den i Stockholmsområdet förekommande Stockholmsgraniten. I Västeråsområdet bryts den vid Vändle (1g) och kallas för enkelhetens skull fortsättningsvis i detta sammanhang för Vändlegranit. Fellingsbrograniten kan ha upp till 5 cm stora strökorn av fältspat och har ett karakteristiskt innehåll av flusspat (fluormineral). Vändlegraniten för oftast både mörk och ljus glimmer (biotit respektive muskovit). Större områden med pegmatit (grovkornig granitbergart) finns söder om Lillhärad (2g) och vid Fullerö (0i). Pegmatiten kan vara röd eller gråvit. Diabasgångar i håll har observerats väster om Västerås vid Råby (1g) samt i Vändle bergtäkt (1g). Dessa gångar är smalare än 5 m. På grund av ett normalt innehåll av magnetiska mineral, kan förekomsten av diabasgångar spåras på de magnetiska anomalikartorna. Tre stråk med diabaser har observerats: 1. från området 5 km VNV om Skultuna (4g) till området 5 km SV om Västerås-Barkarö (0h), 2. mellan Hallstahammar (2f) och Strömsholm (0f) och 3. från Gäddeholm (0j) mot Romfartuna (4i). Samtliga gångar stryker i NNV-SSO.

Mineralfördelningen i de huvudsakliga bergartstyperna är enligt Arnbom (1998) den följande:

Bergartstyp	Kvarts, %	Kalifältspat, %	Plagioklas, %	Glimmer, %	Hornblände, %
Sedimentåder- gnejser	12–51	0–17	2–39 (sericit 0–42)	0–40 (muskovit 0–39)	0–2
Metabasiter	0–8	0–2	1–22	0–4	43–65
Äldre, gnejsiga granitoider	21–40	0–18	2–46 (sericit 0–40)	0–24	0–4
Yngre graniter	25–34	14–39	21–38 (sericit 0–15)	1–11	0–3

Arnbom (1998) redovisar kemiska analyser på ett antal olika bergartstyper. Analyserna redovisas i tabellform.

RESULTAT

Berggrundens strukturer och sprickor

De interna (plastiska) strukturerna i bergarterna (skiffrihet) är orienterade främst i NV till VNV-liga samt NO-liga riktningar. Det är naturligt att en uppsprickning av bergarterna företrädesvis följer dessa riktningar men i vilken omfattning är oklart. Särskilt ytbergarterna uppvisar varierande strykning i några områden. Den tolkning av lineament och svaghetszoner som är gjord med hjälp av höjddatabasen visar på riktningar i främst NNV, NNO, NV och NO. Ett par långa diabasgångar har NNV-lig strykning.

Sprickorna i stereogrammen visar följande huvudsakliga trender:

- O–V = medelbrant S
- ONO = vertikalt, flackt S
- NO = vertikalt, medelbrant SO och NV, flackt SO och NV
- VNV = vertikalt, brant N, och S
- NV = vertikalt, medelbrant SV och NO
- NNV = vertikalt, brant VSV
- N–S = vertikalt, medelbrant V, flackt O

En metod att definiera sprickigheten i fält (Deere 1968) är enligt följande:

Mycket gles, "very wide"	>3 m	"Solid"
Gles, "wide"	1–3 m	"Massive"
Måttlig, "moderately close"	0,3–1 m	"Blocky"
Tät, "close"	50–300 mm	"Fractured"
Mycket tät, "very close"	<50 mm	"Crushed"

Denna indelningsgrund visade sig dock inte vara helt tillfredsställande, eftersom de flesta bergartstyperna föll i intervallet måttlig till tät. Försök har också gjorts att framräkna Q-värdet (jfr Barton m.fl. 1974, Hoek & Brown 1994) i varje blottning, en metod som ej heller visat sig framgångsrik. I denna undersökning anges därför uppskattat antal sprickor per meter.

Tekniska analyser

Bergartsmaterialet har vanligen tagits på platser där tillräckligt med lossprängd sten eller friska blottningar funnits. Provtagning har skett med slägga och spett. Nedkrossning har utförts i en rotationskross Svedala Arbrå R 5026-64, med 30 mm utloppsspalt och i laboratoriekäftkross Morgårdshammar A23, med utloppsspalt inställd på 16 mm. Grovsiktning har skett i en maskinskak Gilson TS-1FX och finsiktning i en Pascall Inclyno enligt FAS-metod 221-95 (Föreningen för asfaltbeläggningar i Sverige). Resultaten presenteras i tabellform.

Kulkvarnsanalys (K_k)

Kulkvarnsanalyserna har utförts vid SGU enligt FAS Metod 259-95 (Föreningen för asfaltbeläggningar i Sverige). 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 209-94, Föreningen för asfaltbeläggningar i Sverige) som motsvarar storproduktionsdrift, då materialet nöts under längre tid. Analys har gjorts på enkelprov. Tidigare analyserades slipvärdet vilket visar tämligen god korrelation med kulkvarnsvärdet. De bästa (lägsta) kulkvarnsvärdena har de finkorniga yngre graniterna (Vändlegranit) med analysvärden från 7,0 till 13,3 % tillsammans med en aplitgång (6,2 %) med mindre omfattning. I det nordvästra hörnet av kartbladet dominerar en strökornsförande variant av den yngre graniten som ger sämre resultat; 9,3–15,4 %. En försämring av kulkvarnsvärdet uppträder då kornstorleken och strökornhalten ökar. De folierade granitoiderna (granit, granodiorit och tonalit) uppvisar en större spridning (9,1–19,8 %) och försämras med ökad halt av biotit och klorit. De heterogena sedimentådergnejserna och metagråvackorna uppvisar den största spridningen (11,9–27,8 %) och de kvarts-fältspatsrika varianterna ger bättre värden än de glimmerrika. En metabasit (9,9 %), en gabbro (17,5 %) och en amfibolit (19,6 %) har också provtagits för att undersöka de mörkmineralrika bergartsleden.

Los Angeles-tal (LA-tal)

Analys av LA-tal utfördes vid Sveriges Provnings- och Forskningsinstitut i Borås (SP). Efter krossning i SGUs Svedala-Arbråkross sändes materialet till SP, där materialet åter krossades i en käftkross av typen Morgårdshammar med påföljande harpsiktning med 6,3 mm spaltvidd. Detta har givit ett flisighetstal (samtliga bergartsmaterial) på 1,30–1,40, vilket gör analysresultaten jämförbara. Los Angeles-talet har därefter bestämts på enkelprov med storleksfraktionen 10–14 mm enligt prEN 1097-2. De yngre graniterna är generellt sett relativt spröda (19,8–34,6 %) och en försämring av Los Angeles-talet erhålls då kornstorleken och strökornhalten ökar. De folierade granitoiderna (14,3–29,6 %) varierar kraftigt i mineralogisk sammansättning, kornstorlek och i metamorfosgrad. Man kan dock konstatera att när halterna av främst amfibol men även biotit, klorit och opaka mineral ökar så sjunker Los Angeles-talet. Det är rimligt att anta att en grov kornstorlek ger sämre kvalitet än en fin som hos de yngre graniterna. De heterogena sedimentådergnejserna har en spridning från 16,7 till 28,9 % och man kan generellt säga att kvarts-

fältspatrika led ger något sämre värden än glimmerrika led. Gabbbron, amfiboliten och metabasiten ger samtliga låga Los Angeles-tal (10,3–14,3 %) främst p.g.a. höga halter av amfibol.

Alkaliselreaktivitet (ASR)

Stenmaterialet har granskats vid SP, där potentiell ASR-risk konstaterats i några prover. Tunnslip av dessa prover har sedan studerats närmare. En fyrgradig indelning har gjorts:

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). Inga prover från Västerås SO har bedömts tillhöra ASR-klass 3 eller 4.

Övriga analyser

Petrografisk analys

Bergarternas mineralsammansättning och de ingående mineralens mängdförhållanden har bestämts. Resultaten ges i tabellform. Speciellt kvarts- och glimmerinnehållet är av betydelse för bergartens egenskaper. Innehållet av sulfider och exempelvis grafit anges också. Om sulfidinnehållet är högt, bör kemisk analys av totalhalten göras, innan materialet används till betong. Spår av sulfider finns i både ytbergarter och äldre graniter. Dock har alltför höga halter inte kunnat konstateras.

Strålningsmätningar

Fyra typer av handburna instrument användes; scintillometrar av typerna SCINTREX BGS-3 och EXPLORANIUM GR110 samt gammadetektorer av typerna EXPLORANIUM GR256 och GR320. Härvid har gammastrålningen samt halten av ⁴⁰K, ²³⁸U och ²³²Th mätts. 16,2 ppm uran motsvarar 200 Bq/kg radium-226, vilket i sin tur motsvarar radiumindex 1,0. 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). Gammaindex beräknades för samtliga mätpunkter. Värdena överstiger normalt ej 1,0, vilket motsvaras av ett material som inomhus ger upphov till en gammastrålning mindre än 50 mR/h. Förhöjd strålning är dock konstaterad vid ett flertal lokaler, t.ex. i sedimentådergnejs, gnejsiga graniter och yngre granit och pegmatit. Högst radiumindex erhålls i pegmatiter och yngre graniter, t.ex. vid Fullerö (0i), vid Långsjön (3f), vid Västjädra (1g), Hægervallen (4g) samt i stenträkten vid Vändle (1g). Erfarenhetsmässigt är höga strålningsvärden vanliga i samband med yngre graniter och pegmatiter samt granit- och pegmatitgångar. Speciell hänsyn bör tas vid eventuell brytning av bergarter där frekvensen av pegmatitgångar, apliter och kvarts-fältspatådror är hög. Riskområden kan snabbt detekteras med handburna instrument. Inom kartområdet har yngre graniter, både jämnkorniga och strö-kornsförande varianter, förhöjd strålning.

KVALITETSKLASSNING AV PROVER

En bedömning har gjorts av användbarheten av analyserade prover till betong, järnväg (spårballast) och väg (jfr Persson och Schouenborg 1995, 1996). Diskussioner har fortlöpande hållits med SP. Erhållna tekniska analyser har även jämförts med det stora antal som redovisats av Stenlid (1996). Några tekniska analyser på bergarter från kartområdet har erhållits från Snäll (1991).

Kvalitetsklassningen för betong är främst erfarenhetsbaserad. Egenskaper som mineralsammansättning (t.ex. glimmerinnehåll), omvandlingsgrad, kornstorlek, strålning, förekomst av alkalireaktivt material och sulfider, struktur, kornfogning och kornstorlek har legat till grund för klassningen (se vidare BBK 94, Concrete Report No. 1 (Durable concrete structures), SS 13 21 25, Svensk Standard). Tre klasser har använts (1–3). Klass 1 omfattar bergarter med normalt goda egenskaper för betong-

beredning, klass 2-bergarter är av tämligen god kvalitet men bör ej användas i betongaggressiv miljö utan förprovning, samt klass 3 bergarter som är av generellt låg kvalitet vilka bör undvikas eller eventuellt förprovas.

Kvalitetsklassningen för användning av stenmaterial som spårballast grundar sig på Statens Järnvägar (SJ 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. Kvartshalten bör ej överstiga 35 %. Sprödhetstalet (11,2–16 mm) får vara högst 50 %. Vattenabsorptionen (SS 13 21 25) får inte överstiga 1 %. Den färdiga produkten bör ha en så kantig, kubisk form som möjligt. LT-index (3) ska vara lägst 90 % (FAS-metod 244-95, Föreningen för asfaltbeläggningar i Sverige). Klass 1 uppfyller alla nämnda krav, medan klass 2 har dåliga tekniska egenskaper eller hög glimmerhalt vilket bl.a. påverkar frostbeständigheten. Det har inte befunnits relevant att ha en tredje klass.

Kvalitetsklassningen för användning av stenmaterial i väg grundar sig på av Vägverket (1994) fastställda krav i VÄG 94. Följande generella indelning har använts som utgångspunkt för klassindelningen:

Klass	Sprödhet, %	Kulkvarnsvärde, %
1	<50	<10
2	50–60	10–18
3	>60	>18

En tämligen god korrelation finns mellan sprödhetstal (FAS-metod 210-89, Föreningen för asfaltbeläggningar i Sverige) och LA-tal (10–14mm) av vilken anledning sprödhetstalet kan uppskattas med hjälp av det senare. Flisighetstalet ingår inte i klassningsgrunden. Det har mer fungerat som en styrparameter för att få jämförbara analysprov. Ett uniformt flisighetstal fås genom krossning i flera steg. De krav som finns för skyddssten (i pirar och kajer) redovisas i tabellen nedan (CIRIA SP 83, jfr CUR 1995).

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

Punktlasttester (jfr Broch & Franklin 1972, Broch 1993) har inte utförts på bergarter inom detta kartområde.

DEN YTMÄSSIGA TOLKNINGEN AV BERGKVALITETEN

Med utgångspunkt från de analyser som gjorts på olika platser och som ansetts väl representera bergmassan har försök utförts att göra en ytmässig tolkning av bergkvaliteten. Med tanke på berggrundens heterogenitet är detta självklart svårt, men tolkningen kan ändå anses vara en värdefull riktlinje för användaren. Områden med tre kvalitetsklasser har urskiljts, nämligen 1. god, 2. mindre god och 3. dålig kvalitet. Denna tolkning baseras främst på kulkvarnsvärdena i relation till de krav som ställs i VÄG 94 (Vägverket 1994). En bedömning har parallellt gjorts av övriga analysresultat (jfr Persson & Schouenborg 1995) såsom Los Angeles-värden samt geofysisk information. Det är dock 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 redovisade resultat överensstämmer följaktligen inte helt med de som erhålles i producerat material.

Många bergartsled är lokalt heterogena med avseende på mineralogi, kornstorlek, påverkan av de-

formation m.m. varför inslag av närliggande kvalitetsklasser kan förekomma, särskilt i fallet med sedimentådergnejserna.

De finkorniga yngre graniterna i sydväst har bedömts tillhöra kvalitetsklass 1 material mycket tack vare sina låga kulkvarnsvärden och inte alltför höga Los Angeles-tal. Den massformiga strukturen i dessa bergartsled bidrar till erhållandet av en gynnsam kornform (låga flisighetstal och höga LT-index). Den dominanta kvalitetsklassen på kartbladet är 2 och utgörs av; folierade graniter, granodioriter, tonaliter, gabbro och delar av sedimentådergnejserna. Kvalitetsklass 3 utgörs av de grovkristallina yngre graniterna, pegmatiter och glimmerrika sedimentådergnejsler. Kulkvarnsvärdena för dessa bergarter är moderata till höga och Los Angeles-talen för de grovkristallina yngre graniterna och pegmatiterna är höga.

Arbetet påbörjades sommaren 1993 och har utförts under ledning av Lars Persson och Jan-Olof Arnbom. Arbetet på att utgiva denna bergkvalitetskartan påbörjades under 1998 och har letts av Lars Persson. I arbetet har deltagit: Ildikó Antal, Britt-Marie Ek, Åse Sandkvist och Thomas Sträng (geofysik), Mattias Göransson (provtagning och tester), Sven Lundqvist (provtagning och tester) och Malin Pannert (digitala sammanställningar). Samtliga foton är tagna av Lars Persson. Marjo Savukoski och Björn Schouenborg, Sveriges Provnings- och Forskningsinstitut, SP, Borås har utfört testningen med Los Angeles-trumma samt bedömt ASR-risker. Kartan är sammanställd av Lars Persson, Mattias Göransson, Malin Pannert och Thomas Sträng.

REFERENSER

- Arnbom, J-O, (1998): Beskrivning till berggrundskartan Västerås SO. *Sveriges geologiska undersökning Af204*. Banverket, 1996: BVF 585.52, Makadamballast för järnväg, Janne Malmtorp, 1996-03-01.
- Barton, N., Lien, R. & Lunde, J., 1974: Engineering classification of rock masses for the design of tunnel support. *Rock Mechanics, Vol. 6, No. 4*, 189–236.
- 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. *Int. J. Rock Mech. Min. Sci. 9*, 669–697.
- Brook, N., 1993: The measurement and estimation of basic rock strength. In J. Hudson (ed.): *Comprehensive rock engineering, principles, practice & projects*. Vol. 3, Rock testing and site characterization, 41–81. Pergmon Press.
- 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.
- Deere, O.U., 1968: Geological considerations. In Stagg, K.G. and Zienkiewicz, O.C. (eds.): *Rock mechanics in engineering practice*, 1–20. John Wiley & Sons.
- Durable concrete structures. Concrete Report No. 1. Swedish Concrete Association.
- FAS-metod 209-94: Bestämning av flisighetstal. Föreningen för asfaltbeläggningar i Sverige. FAS-metod 210-89: Bestämning av sprödhetstal. Föreningen för asfaltbeläggningar i Sverige.
- FAS-metod 221-95: Bestämning av kornstorleksfördelning genom siktningsanalys. Föreningen för asfaltbeläggningar i Sverige.
- FAS-metod 244-95: Bestämning av LT-index. Föreningen för asfaltbeläggningar i Sverige.

- FAS-metod 259-95: Bestämning av kulkvarnsvärde. Föreningen för asfaltbeläggningar i Sverige.
- Hoek, E. & Brown, E.T., 1994: Underground excavations in rock. *Inst. of Mining and Metallurgy*. E & FN Spon.
- International Society for Rock Mechanics 1985: Point load test index $I_{S(50)}$. ISRM.
- 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. & 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*.
- pEN 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.
- Statens Järnvägar 1988: Tekniska bestämmelser, makadam för spårballast. *PM 1988-04-25 (BBG 88/022), SJ, Banavdelningen*.
- Svensk Standard 1983: SS 13 21 25: Betongprovning – Ballast – Korndensitet (hydrostatisk metod) och vattenabsorption.
- Snäll, S., 1991: Krossberginventering inom södra delarna av Västmanlands län. Regionala inventeringar av grus m.m. *Sveriges geologiska undersökning. Rapport 1991:5*. Uppsala.
- Stenlid, L., 1996: Klassificering av bergarter med Los Angeles-trumma. Slutrapport SBUF projekt nr 2135. Skanska Mellansverige AB, Väglaboratoriet Bålsta.
- Vägverket 1994: VÄG 94, Allmän teknisk beskrivning för vägkonstruktioner. Vägverket.
- Åkerblom, G., 1990: Markradonutredning för Nacka kommun. *Sveriges geologiska AB, Division ingenjörsgologi. Rapport IRAP 90017*.
- Åkerblom, G., Petterson, B. & Rosén, B., 1990: Markradon. Handbok för undersökning av markradonförhållanden. *Byggforskningsrådets rapport R85:1988, reviderad utgåva 1990*, pp. 160.

The Bedrock Quality Map Västerås SO

INTRODUCTION

A new series of thematic maps, the bedrock quality maps, is complementary to the regular bedrock maps at the scale of 1:50,000 produced by the Geological Survey of Sweden. The main purpose of the maps is to gneissic granites occur especially in the central part of the map-sheet. Sedimentary veined gneisses exist in the Västerås area and eastwards. The metasedimentary rocks also vary in composition, especially regarding their mica content. Greenstones (amphibolites and gabbros) exist in some small massifs. One massif of younger, megacryst-bearing granite, so-called Fellingsbro granite, occurs in the northwestern corner of the map-sheet. Moreover fine- to medium-grained, most often grey, but also red, younger granite, of so-called Stockholm type, exists. Here, it is called Vändle granite and is used as aggregate. The younger granites are associated with pegmatites. Some narrow (<5 m) dolerite dykes have been observed. Moreover three large dolerite dykes, striking NNW-SSE, have been interpreted from the magnetic anomaly map. Chemical analyses are presented.

RESULTS

The strikes of the main structural trends lie from WNW to NW and NE. The rocks are folded. Lineaments interpreted from the topographical database, indicating weakness zones in bedrock, display NNW, NW, NNE and NE directions. The dolerite dykes have NNW directions.

Technical analyses

With the help of a sledge-hammer rock material was taken from quarries and blasted road-cuts. The material was first crushed in a gyratory crusher with 30 mm exit aperture and then in a laboratory jaw crusher with 16 mm exit aperture.

The Nordic test for studded tyres was performed at the Geological Survey of Sweden. The analysed fraction measured 11.2–16 mm. The younger granites have values ranging from 7.0 to 15.4 %. The fine-grained younger granites have better values than the porphyritic ones. The gneissic granitoids form a heterogeneous group (granites, granodiorites and tonalites) and have values ranging between 9.1 and 19.8 %. The strongly heterogeneous sedimentary veined gneisses show a large distribution from 11.9 to 27.8 % whilst the quartz- feldspar-rich ones have low values and the mica-rich ones high values.

The Los Angeles Test was performed at the Swedish National Testing and Research Institute. The stone material was crushed and screened (using a flake-sorting sieve with 6.3 mm screen) in order to get flakiness indexes (Swedish) of about 1.30 to 1.40. Then the LA-values were determined, using an analysed fraction of 10–14 mm according to the proposed European standard. The LA-values of the younger granites are relative high (19.8–34.6 %). The fine-grained variety received the lowest values in this population. The gneissic granitoids have values ranging from 14.3 to 29.6 % and the even more heterogeneous group of sedimentary veined gneisses have a distribution from 16.7 to 28.9 % (the quartz-feldspar-rich ones have in general higher values than the mica-rich varieties).

Alkali silica reactivity, ASR. Thin sections of all rock types were studied. The following division was made: 1, no risk; 2, probably no risk; 3, little risk and 4, evident risk (most quartz grains are severely deformed). None of the rock specimens from the bedrock quality map of Västerås SO were deemed to belong to class 3 or 4.

Other analyses

Petrographic analysis. Thin sections of all rock types were studied under a polarizing microscope. Mineralogy and modal content were determined. In particular quartz and mica contents, and the existence of sulphides and graphite were noted.

Radiation measurements. The radiation from different rock types was measured. A scintillometer and a spectrometer were used to determine ^{238}U , ^{232}Th and ^{40}K and the total gamma radiation in the outcrops. From this information, the radium index was calculated. This index is recommended not to exceed a value of 1.0. In general, younger granites and pegmatites of this region usually have high U and Th values. Radiation risk occurs within the map-sheet in areas with younger granites, both even-grained and porphyritic varieties.

QUALITY CLASSIFICATION

The rock samples have been classified for three purposes, i.e. pavement construction (mainly wearing courses), railway trackbed construction, and concrete (cf. Persson and Schouenborg 1996). The classification of the rock material for roads (pavements) is based on the requirements of the Swedish National Road Administration. Here the classification in three classes is based mainly on the studded tyre test, petrographic analysis and brittleness (LA-values). The use of aggregate as railway ballast is restricted to two classes, good and poor. Relevant parameters are petrographic composition, mainly the quartz and mica contents, water absorption and the LA-value. The requirements are laid down by the Swedish National Railway Administration. The quality classification for concrete is in three classes and concerns petrographic analysis, mineral composition, grain size, grain boundaries, structure, porosity, radiation, the degree of weathering and the occurrence of sulphides and alkali-reactive material, here mainly highly deformed quartz.

Areas classified as class 1 (good), class 2 (average) and class 3 (less suitable) were distinguished. The classification is based mainly on the results of the studded tyre test in relation to the requirements by the Swedish National Road Administration. The results of the other technical analyses were evaluated and integrated as well as geophysical information. It is important to emphasize that a detailed investigation (prospecting and planning) must be made before excavation of rock material is started. As the sampling has been made of different rock types in an outcrop, the published results do not coincide with those of industrially produced material.

The bedrock is heterogeneous as regards mineralogy, grain size, deformation etc. which means that rocks of class 1 and class 3 can be found in areas marked as class 2 material. The fine-grained younger granites in the southwestern parts belong to quality class 1 material due to their low abrasion values, moderate brittleness and isotropic character, all of which help to produce a material with a favourable grain shape. The greater part of the bedrock on the map-sheet is class 2 material consisting of, gneissic granites, granodiorites, tonalites, gabbro and parts of the sedimentary veined gneisses. The porphyritic younger granites, the pegmatites and the mica-rich sedimentary veined gneisses belong to class 3, due to the moderate to high abrasion values of these rock types and the great brittleness of the first two rock groups.

Provnr	SiO ₂	Al ₂ O ₃	CaO	Fe ₂ O ₃	K ₂ O	MgO	MnO	Na ₂ O	P ₂ O ₅	TiO ₂	Summa	Cr, ppm	Ni, ppm	V, ppm	Sr, ppm
JOA930019	69,6	14,6	1,62	4,69	3,36	0,86	0,08	3,62	0,12	0,42	98,9	12,5	6,24	35,5	202
JOA940142	63,1	0,61	18,4	7,21	2,39	0,61	0,08	1,44	4,11	0,1	98,04	99	58		
JOA940154	69,5	15,0	3,12	4,84	2,45	1,18	0,07	3,29	0,12	0,5	100,1	83,6	31,2	58,6	296
JOA940164	78,8	0,39	10,1	3,13	0,95	0,78	0,04	2,26	2,7	0,13	99,27	55	15		
JOA940274	68,8	0,54	15,5	4,5	1,65	1,58	0,04	0,19	3,87	0,05	96,7	96,6	31,3		
SVL940201	74,7	13,3	0,64	2,07	5,17	0,29	0,04	3,28	0,04	0,17	99,8				
SVL940201	73,9	12,9	0,93	2,03	4,98	0,35	0,04	3,28	0,05	0,18	98,7				
SIK950205	52,0	7,67	13,4	10,1	0,61	13,6	0,2	0,58	0,02	0,53	98,71	969	44,6	388	
SIK950278	79,3	0,39	10,6	3,12	0,99	1,11	0,04	2,67	2,05	0,13	100,4	47	18		
TOW950197	70,7	14,5	1,34	3,53	5,5	0,673	0,06	3,2	0,43	100,1					
TOW950216	67,9	16,2	3,83	4,47	3,41	1,02	0,07	3,16	0,12	0,48	100,6	11,8	5,86	49,4	346
TOW950246	77,8	12,9	0,36	0,61	4,98	0,03	0,01	3,69	0,02	0,02	100,4				
TOW950268	69,1	15,1	2,31	4,66	3,23	1,33	0,06	2,7	0,14	0,64	99,2	42,2	21	59,3	226

Prov	Bergart	koordinater		ρ_s	K_k g/cm ³	LAV %	RA %	ASR	spm	Bergkvalitetsklassning		
										Betong (B)	Järnväg (J)	Väg (V)
JOA930019	Granit, gråröd, fint medel- grovkornig, folierad, strökorn	153575	660495	2,67	12,7	23,8	0,5	1	4	1	1	2
JOA930217	Granodiorit, grå, fin-medelkornig, folierad	153780	662040	2,72	14,8		0,2	2	3	1	(1)	2
JOA940142A	Sedimentgnejs, gråsvart, mkt. finkornig-medelkornig	154896	661648	2,70	15,7	19,2		1	5	1	1	2
JOA940142B	Sedimentgnejs, svart, mkt. finkornig**	154896	661648	2,76	25,3	16,7		1	5	2	(2)	3
JOA940152	Yngre granit, grå, finkornig	154620	661690	2,69	13,3		0,3	1		1	1	2
JOA940154	Granodiorit, grå, folierad, fin-grovkornig, strökorn	154710	661635	2,70	16,4	22,9		1	2	1	2	2
JOA940164	Sedimentgnejs, grå, mkt. fin-finkornig*	154324	661165	2,66	13,8	19,7	0,3	1		1	1	2
JOA940178	Granodiorit, gråsvart, finkornig- fint medelkornig, folierad	154838	662454	2,75	13,6		0,2	1		1	1	2
JOA940189A	Metagråvacka, grå, mkt. fin-finkornig*	154460	662405	2,66	11,9		0,2	1		(1)	(2)	3
JOA940189B	Metagråvacka, grå, mkt. fin-finkornig**	154460	662405	2,76	27,8		0,2	1		(1)	3	2
JOA940225	Yngre granit, röd, fin-grovkornig, strökorn	153265	662275	2,62	15,4	34,6	1,2	1	3	2	(2)	3
JOA940274	Granit, gråsvart, fin-medelkornig, folierad, omvandlad	153985	661335	2,71	19,2	14,3		2	7	1	(2)	3
JOA951003	Granit, grå, mkt. fin-grovkornig, folierad, tektoniserad, strökorn	153638	662464	2,67	10,5	21,6	0,3	2		1	(1)	2
LEP930140	Granodiorit, grå, finkornig- fint medelkornig, folierad	154455	661785	2,72	19,8		0,3	1		1	(1)	3
LEP980005	Yngre granit, röd, fin-medelkornig, strökorn	152695	662207	2,67	9,3	22,8		1	4	1	(1)	1
LEP980006	Sedimentådergnejs, gråsvart, finkornig	154383	661375	2,69	15,1	28,9		1	5	(1)	2	2
LEP980007	Granodiorit, gråskår, mkt. finkornig- fint medelkornig, folierad, strökorn	152728	660232	2,65	10,8			1	4	(1)	(1)	2
LEP980008	Granit, grå, fin-grovkornig, folierad, strökorn	152729	661095	2,66	11,9			1	5	1	1	2
LEP980009	Granit, grå, mkt. fin-medelkornig, folierad, strökorn	154986	660712	2,63	10,8	27,3		1	4	1	1	2
LEP980010	Metagråvacka, grå, mkt. finkornig- finkornig, folierad	154440	661286	2,69	14,6	26,1		1	4	1	2	2
SIK950205	Grönsten, grå, mkt. finkornig- finkornig (gabbro)	153246	661676	3,09	17,5	10,3	0,0	1	3	1	(1)	2
SIK950208	Tonalit, gråsvart, fin-medelkornig, folierad	153316	661880	2,78	14,5	15,9	0,3	1	4	1	1	2
SIK950278	Sedimentgnejs, grå, finkornig- fint medelkornig	153455	661388	2,68	13,6	20,1	0,2	1	6	1	1	2
SVL940201A	Yngre granit, röd, finkornig- fint medelkornig	153020	660565	2,56	7,0	19,8	1,4	1	5	2	1	1
SVL940201B	Amfibolit, svart, mkt. finkornig, omvandlad	153020	660565	2,73	19,6	12		1		2	2	3
SVL970318	Granodiorit, skår, fin-grovkornig, folierad, strökorn	153547	660740	2,66	12,7	29,6	0,3	1		(1)	(2)	2
SVL970319	Metabasit, svart, medelkornig	153414	660810	2,95	9,9	14,3	0,1	1	4	1	1	1
SVL970320A	Yngre granit, mörkröd, fin- medelkornig	153412	660800	2,61	7,3		1,2	1	5	2	1	1
SVL970320B	Yngre granit, ljusröd, finkornig- fint medelkornig	153412	660800	2,61	9,4		1,2	1	5	2	1	1
SVL970321	Granit, rödgrå, finkornig, folierad	152912	660110	2,64	9,1	18,4	0,7	1	4	1	1	1
SVL970322	Yngre granit, ljusröd, finkornig- fint medelkornig	153106	660861	2,61	9,8	31,3		1	2	1	(2)	1
SVL970323	Sedimentgnejs, grå, finkornig*	154452	661245	2,70	17,8			1		1	2	2
TOW950107	Yngre granit, röd, fin-medelkornig, folierad, strökorn	152530	661888	2,66	15,2	32,7	0,8	1	6	(1)	3	3
TOW950216	Granodiorit, grå, mkt. finkornig- medelkornig, folierad	153982	662451	2,70	17,8	26,0	0,2	1	3	(1)	2	2
TOW950246	Aplit, vit, finkornig	152945	661610	2,60	6,2	19,4	0,6	1		1	1	1
TOW950268	Granodiorit, gråsvart, fin-medelkornig, folierad	152775	661715	2,71	15,8	19,2		1	6	1	(1)	2

Prov	Bergart	Kornstorlek	Kvarts	Kalifältpat	Plagioklas	Biotit	Muskovit	Hornblände	Epidot	Kalcit	Klorit	Övrigt
JOA930019	Granit, grå-röd, folierad, ströckorn	Fint medel-grovkornig	24	21	43	10	+		+	+	2	+
JOA930217	Granodiorit, grå, folierad	Fin-medelkornig	27	4	44	7	2		1	+	12	2
JOA940142A	Sedimentgnejs, gråsvart	Mkt. finkornig-medelkornig	33	2	43	15	+		+	+	5	2
JOA940142B	Sedimentgnejs, svart**	Mkt. finkornig	33	+	9	1	23		+	+	21	13
JOA940152	Yngre granit, grå	Finkornig	37	35	23	3	+		+	+	1	+
JOA940154	Granodiorit, grå, folierad, ströckorn	Fin-grovkornig	19	9	54	16	+	+		+	1	+
JOA940164	Sedimentgnejs, grå*	Mkt. finkornig-finkornig	51	4	32	2	2		+	+	8	1
JOA940178	Granodiorit, gråsvart, folierad	Finkornig-fint medelkornig	31	10	35	21	1		+	+	1	1
JOA940189A	Metagråvacka, grå*	Mkt. finkornig-finkornig	45	18	23	11	2		+	+	+	1
JOA940189B	Metagråvacka, grå**	Mkt. finkornig-finkornig	31	5	36	18	9		+	+	+	+
JOA940225	Yngre granit, röd, ströckorn	Fin-grovkornig	27	31	33	2	+		+	+	4	2
JOA940274	Granit, gråsvart, folierad, omvandlad	Fin-medelkornig	~35				~25		+	+	~10	~25
JOA951003	Granit, grå, folierad, tektoniserad, ströckorn	Mkt. finkornig-grovkornig	17	46	25	3	+		+	+	7	2
LEP930140	Granodiorit, grå, folierad	Finkornig-fint medelkornig	25	18	36	18	1		+	+	1	1
LEP980005	Yngre granit, röd, ströckorn	Finkornig-medelkornig	25	41	26	1	+		+	+	5	2
LEP980006	Sedimentådergnejs, gråsvart, finkornig	Finkornig	38	11	30	16	5		+	+	+	+
LEP980007	Granodiorit, gråskår, folierad, ströckorn	Mkt. finkornig-fint medelkornig	40	9	36	1	+		+	+	13	1
LEP980008	Granit, grå, folierad, ströckorn	Fin-grovkornig	33	26	28	4	+		+	+	8	1
LEP980009	Granit, grå, folierad, ströckorn	Mkt. finkornig-medelkornig	42	30	19	6	+		+	+	2	1
LEP980010	Metagråvacka, grå, folierad	Mkt. finkornig-finkornig	45	1	39	12	1		+	+	+	1
SIK950205	Grönsten, grå (gabbro)	Mkt. finkornig-finkornig	3	2	1			65		+	+	29
SIK950208	Tonalit, gråsvart, folierad	Fin-medelkornig	14	3	41	+	1	27		+	12	1
SIK950278	Sedimentgnejs, grå	Finkornig-fint medelkornig	46	5	32	10	4			+	1	1
SVL940201A	Yngre granit, röd	Finkornig-fint medelkornig	34	29	30	2	1		+	+	3	1
SVL940201B	Amfibolit, svart, omvandlad	Mkt. finkornig	+		~40					~15	~25	~15
SVL970318	Granodiorit, skår, folierad, ströckorn	Fin-grovkornig	37	6	46	5	+	~50	+	+	5	1
SVL970319	Metabasit, svart	Medelkornig			~45	~1					~3	~1
SVL970320A	Yngre granit, mörkröd	Fin-medelkornig	32	40	25	+	+		+	+	2	1
SVL970320B	Yngre granit, ljusröd	Fin-fint medelkornig	33	36	27	+	+		+	+	2	1
SVL970321	Granit, rödgrå, folierad	Finkornig	29	25	35	1	1		4	+	5	1
SVL970322	Yngre granit, ljusröd	Fin-fint medelkornig	28	31	36	2	+			+	2	1
SVL970323	Sedimentgnejs, grå*	Finkornig	52	5	27	14	1			+	1	1
TOW950107	Yngre granit, röd, folierad, ströckorn	Fin-medelkornig	28	29	25	11	1			+	5	2
TOW950216	Granodiorit, grå, folierad	Mkt. fin-medelkornig	33	12	46	7	+	+	+	+	1	1
TOW950246	Aplit, vit	Finkornig	35	30	31	1	1			+	1	1
TOW950268	Granodiorit, gråsvart	Fin-medelkornig	36	9	27	23	2		+	+	+	3



Figur 1. Sedimentådergnejs. Omväxlande kvarts-fältspat- och glimmerrika lager. Berghamra, Västerås (1i-j).
Sedimentary veined gneiss. Alternating quartz-feldspar- and mica-rich layers.



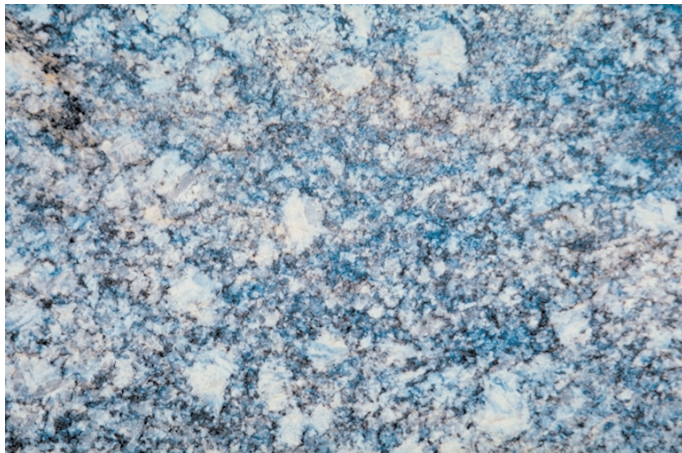
Figur 2. Sedimentådergnejs, kraftigt veckad. JOA940142. 4,5 km Ö om Hökåsen (3j).
Folded sedimentary veined gneiss.



Figur 3. Metagråwacka. JOA940189. 2,3 km ONO Romfartuna kyrka (4i).
Metagreywacke



Figur 4. Folierad granit med ljusa granitådror. JOA940274.
Billsta, Västerås (2h)
Foliated granite with light colored granitic veins.



Figur 5. Folierad granit med fältspatströkorn. 2,7 km Ö om Hökåsen (3j).
Foliated granite with feldspar megacrysts.



Figur 6. Folierad granit med fältspatströkorn med stark uppkrossning efter flacka sprickor. 2,7 km Ö om Hökåsen (3j).
Foliated granite with feldspar megacrysts.



Figur 7. Granodiorit, folierad. Munga (4h).
Foliated granodiorite



Figur 8. Stentäkt. 0,9 km NV om Vändle (lg).
Quarry



Figur 9. Yngre granit
Younger granite



Figur 10. Yngre granit med skära fältspatströkorn.
TOW950107. 7,5 km NV om Lillhärad (3f).
Younger granite with pink feldspar megacrysts



Figur 11. Nedlagt stenbrott. Bysingsberg (1g).
Abandoned quarry



Figur 12. Yngre granit i stenbrott. SVL970322. Bysingsberg (1g).
Younger granite in abandoned quarry