

Beskrivning till bergkvalitetskartan Vallentuna kommun

Malin Sträng, Mehrdad Bastani,
Fanny Hartvig och Lena Persson



Omslagsbild: Gammastrålningsmätning på en häll med yngre granit i ett nybyggt bostadsområde strax väster om Vallentuna. Foto: Lena Persson.

Samtliga fotografier i beskrivningen är tagna 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.

Undersökningarna i Vallentuna kommun har pågått i tre omgångar. 1995–1998 gjordes undersökningar inom kartbladsområdet 11I Uppsala SV (Persson 1998), 1993–1995 inom kartbladsområdet 10I Stockholm NO (Persson m.fl. 1998) samt under 2003 då bergkvalitetsprovtagningar genomfördes inom de delar av kartområdet 11I Uppsala SO som ligger inom Vallentuna kommun.

Vallentuna kommun har en landareal på 360 km² med en befolkning på ca 26 000 invånare. I kommunen finns förutom tätorten Vallentuna även Lindholmen, Karby, Brottby samt Kårsta.

Vallentuna kommun ligger huvudsakligen inom kartbladsområdet 11I Uppsala SO. Mindre områden i de västra, respektive södra delarna av kommunen ligger inom kartbladsområdena 11I Uppsala SV samt 10I Stockholm NO. Tryckta berggrundskartor finns över 11I Uppsala SV (Stålhös 1972a), 11I Uppsala SO (Stålhös 1972b) samt över 10I Stockholm (Persson m.fl. 2001).

Bergtäkter finns vid Hakunge och Löt (fig. 1).



Fig. 1. Bergtälkten vid Löt. I tälkten bryts en folierad, fint medelkornig granit–granodiorit, en yngre, jämnkornig, fint medelkornig granit samt en finkornig, folierad metabasit. Granitoiderna är provtagna. Bergkvalitetsklass 2 (väg). MPA030002 (6614955/1641645).

METODIK

Bergkvalitetskartan grundar sig på fältkontroll av de dominerande bergartsenheterna enligt de befintliga berggrundskartorna. 21 lokaler har undersökts närmare och från dessa har bergmaterial provtagits för teknisk analys. I de fall berggrunden varit heterogen (två bergartsled i samma håll), har två prover tagits. Totalt har 23 prover på ca 70 kg tagits. Dessutom har mätningar av sprickplanens riktning gjorts och spricktätheten bedömts. Tunnslip har framställts av bergarter från varje provplats och petrografisk analys har utförts. Gammaspectrometermätningar har gjorts på 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 från 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 (VLF) har använts för tolkning av deformationszoner. Resistivitetskartan utgör ett utmärkt underlag för uppföljning av elektriska ledare, bl.a. spröda deformationszoner (vatten- och lerfyllda svaghetszoner) i berggrunden.

Jorddjup (avståndet till berggrundsytan) har erhållits från SGUs brunnarsarkiv och redovisas i tre klasser <2, 2–5 och >5 meter. Totalt redovisas 411 brunnar i databasen. I 13 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 fältspatporfyrisk och har en granitisk–granodioritisk sammansättning (fig. 2 och 3).

I de östra delarna av kommunen, vid t.ex. Älgeby, finns mindre partier av en röd, fint medelkornig, rekristalliserad granit–granodiorit. Denna bergart, markerad med gult på berggrundskartan, har tidigare benämnts leptit (Stålhös 1972 b), men är troligtvis en äldre granitoid (fig. 4).

Metasedimentära bergarter förekommer främst i de norra delarna av kommunen vid Kårsta och Lövsta, samt i mindre omfattning vid Vallentuna golfbana samt vid Orkesta. Dessa bergarter är starkt folierade och heterogena med variationer i kvarts-, fältspat- och glimmerhalt (fig. 5).

Ett par mindre stråk av kraftigt förskiffrade metabasiter förekommer vid den sydvästra sidan av Jälnan samt vid Brotorp (fig. 6).

I de sydöstra delarna av kommunen, vid t.ex. Fastarby, Rövarberget och Vada kyrka, finns ett flertal gabbrokroppar. Dessa är huvudsakligen massformiga och medelkorniga (fig. 7). Dessa bergarter är associerade med granitoiderna av tidigorogen svekokarelsk ålder.

Flera större massiv av jämnkornig, massformig, mestadels grå till gråröd yngre granit, s.k. Stockholmsgranit, finns främst i de västra delarna, t.ex. vid Markim, Vallentuna, Angarn och Frösunda (fig. 8). I de sydvästra delarna av kommunen är den yngre graniten småporfyrisk. Stockholmsgraniten är daterad till 1803^{+21}_{-39} miljoner år (Ivarsson & Johansson 1995). Småpartier och massiv av pegmatit förekommer spritt inom kommunen. Dessa är vanligen associerade med de yngre graniterna.

Mineralfördelningen i de dominerande bergarterna inom Sigtuna kommun redovisas i figur 9 (bl.a. efter Stålhös 1972c).



Fig. 2. Medelkornig, ojämnkornig, deformerad granodiorit. Bergkvalitetsklass 2 (väg). FHA030277 (6613075/1645920).



Fig. 3. Svagt folierad, ojämnkornig äldre granit. Bergkvalitetsklass 2 (väg). FHA030276 (6608610/1639595).



Fig. 4. Röd, fint medelkornig, rekristalliserad granit–granodiorit. Denna bergart, markerad med gult på berggrundskartan, har tidigare benämnts leptit (Stålhös 1972 b). Bergkvalitetsklass 2. FHA030269 (6604091/1646286). Fotot är från en håll i Österåkers kommun.



Fig. 5. Sedimentådergnejs. I bergarten finns glimmerhorisonter av växlande tjocklek. Heterogeniteten gör att hållfastheten blir lägre. Bergkvalitetsklass 3 (väg). FHA030253 (6607485/1629810).



Fig. 6. Finkornig, folierad metabasit med en mindre granitgång. Bergkvalitetsklass 2 (väg). MPA030016A (6618595/643095).



Fig. 7. Fint medelkornig, massformig gabbro. Bergkvalitetsklass 2 (väg). MPA030065 (6609920/1646915).



Fig. 8. Fint medelkornig, jämnkornig, grå-röd yngre granit. Bergarten har bra nötningsmotstånd (kulkvarnsvärde 9,9 %). Bergkvalitetsklass 1,5 (väg). FHA030269 (6605835/1636230).

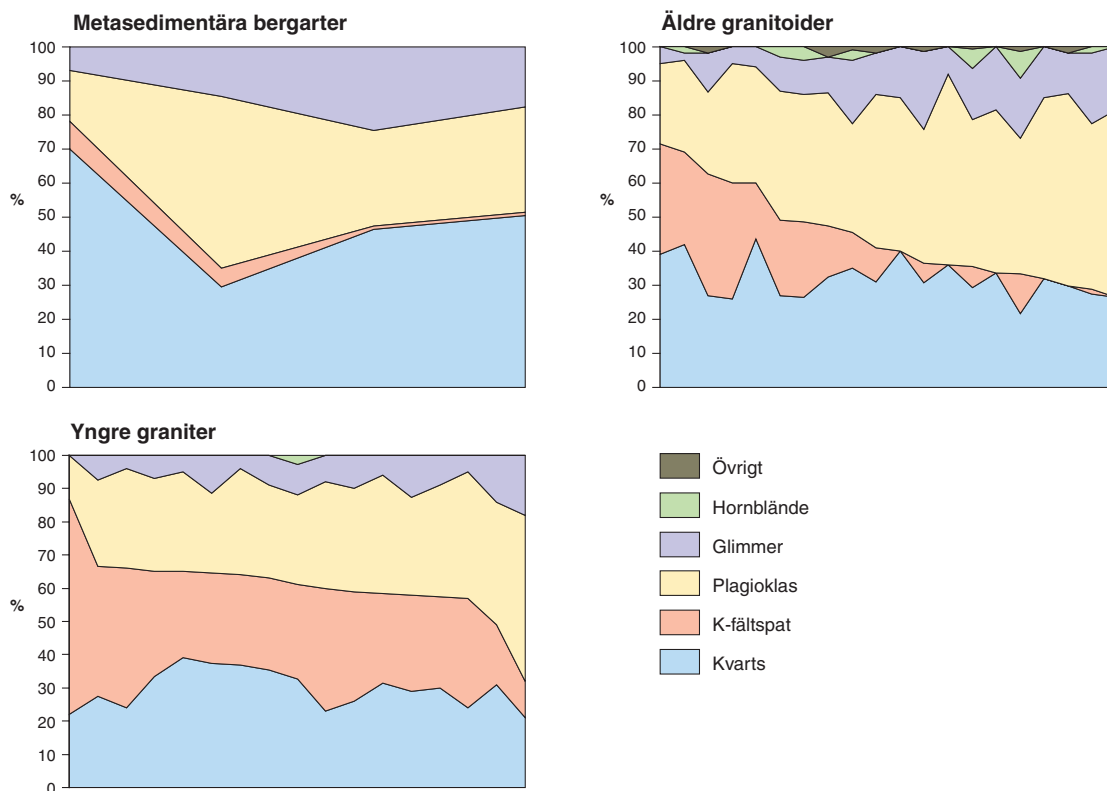


Fig. 9. Mineraifördelningen i de dominerande bergarterna inom Vallentuna kommun (bl.a. Stålhös 1972c).

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 Vallentuna kommun är täckt med magnetiska, radiometriska och elektromagnetiska VLF-data.

Variationerna 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 Vallentuna kommun (se insättskarta) visar relativt låga magnetiseringsnivåer och liten variation. Några högmagnetiska anomalier inom området är orsakade av metabasiter, främst gabbro.

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 (se marginalkarta) sammanställs från elektromagnetiska VLF-data och visar den elektriska ledningsförmågan i marken. Resistivitetskartan utgör ett utmärkt underlag för uppföljning av elektriska ledare. Förutom konstgjorda ledare (elledningar, rörledningar, kablar m.m.) kan elektriskt ledande mineral som t.ex. grafit och magnetkis samt elektriskt ledande strukturer, t.ex. vatten- och lerfyllda svaghetszoner, detekteras. På kartan finns flera intressanta linjära lågresistiva strukturer. Tolkning av resistivetsdata visar att flera lineament sammanfaller med mylonitzoner på berggrundskartan. En av mylonitzonerna sträcker sig från Vallentunasjön i väst till Långsjön i öst och uppträder som en tydlig lågresistivetszon på resistivitetskartan.

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 nordostliga till ostnordostliga strykningssiktningar. Det är naturligt att en uppsprickning av bergarterna företrädesvis följer dessa riktningar, men i vilken omfattning är oklart. I vissa fall kan dock strukturerna vara läkta och utgör därmed ett hållfasthetsmässigt starkare material parallellt med foliationen. Ett exempel på det förstnämnda kan ses i en provtagen sedimentådergnejs (MPA030007A) där en kraftig uppsprickning skett längs glimmerplanen, parallellt med foliationen. I en äldre granit (FHA030276A) har uppsprickningen huvudsakligen skett i vinkel mot foliationen.

Spricktätheten har bedömts på 13 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 13 lokaler (totalt 261 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 till brant mot N och S.
- NNV = vertikalt till brant mot O.
- NV = vertikalt till brant mot NO eller flackt SV.
- VNV = flackt S till brant N.
- NNO = brant mot V till flackt O.
- NO = vertikalt till brant mot SO.
- N-S = brant O eller flackt V.
- O-V = brant mot N eller S.

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 från kartbladet 11I Uppsala SV redovisas (Persson 1998). Vid dessa undersökningar beräknades punktlastindex på ett prov, LEP950022. På det äldsta provet från undersökningen, LEP920017, beräknades sprödhetstalet (FAS-metod 210-01). Denna metod ersattes senare av Los Angeles-analys. Sprödhetstalen och Los Angeles-talen korrelerar väl med varandra.

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 från 21 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 laboratoriekäftkross 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.

På ett prov (LEP920017) har slipvärdet analyserats (FAS-metod 231-98) vilket korrelerar tämligen väl med kulkvarnsvärdet.

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

Bergartsgrupp	Kulkvarnsvärde, %			Los Angeles-tal, %		
	Spridning	Medelvärde	Antal prover	Spridning	Medelvärde	Antal prover
Metabasit	15,1–17,3	16,2	2	13,8–14,6	14,2	2
Sedimentådergnejs	14,0–20,6	18,0	3	21,2–30,7	24,6	3
Granit	11,4–14,3	12,8	3	22,7–28,7	26,4	3
Granodiorit	11,5–16,7	14,0	4	18,2–25,4	21,8	4
Tonalit		14,7	1		22,0	1
Gabbro		16,2	1		14,1	1
Granit, yngre	9,9–15,9	12,7	8	13,2–30,6	24	7
Pegmatit		14,8	1		29,4	1

Sedimentådergnejserna ger de högsta (sämsta) kulkvarnsvärdena inom kommunen, mellan 14,0 % och 20,6 %. De bästa värdena (lägsta) kommer från yngre graniter. Enbart ett prov har kulkvarnsvärde <10 %. De folierade granitoiderna (granit, granodiorit samt tonalit) varierar mellan 11,4 % och 16,7 %.

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 (svensk standard 1997b). Analysen på provet LEP950022 har gjorts enligt samma metod vid Sveriges Provnings- och Forskningsinstitut (SP) i Borås. Krossning och siktning har skett på samma sätt som för kulkvarnsanaly-

serna. 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 bergartsenheterna redovisas i tabell 1.

Ett äldre prov (LEP920017) har analyserats med avseende på sprödhetstalet (FAS-metod 210-01. Sprödhetstalen korrelerar normalt väl med LA-talen.

De lägsta (bästa) värdena erhöles från prov på metabasiter samt gabbro. Högst (sämst) LA-tal ger yngre graniter, pegmatit samt en sedimentådergnejs.

Bestämning av punktlastindex

Punktlastindex (I_{S50}) är ett mått på brottlasten. Enbart ett prov (LEP950022) inom kommunen har analyserats med denna metod. Detta prov kommer från undersökningen som genomfördes på kartbladet 11I Uppsala SV (Persson 1998). 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).

Micro-Deval-analys

Micro-Deval är ett mått på bergets nötningsmotstånd. Analyserna 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 (svensk standard 1997a). Provningsen har gjorts med tillsats av vatten.

Inom kommunen har sju prov analyserats med denna metod. De lägsta (bästa) värdena kommer från graniter, både äldre och yngre (7–8 %). De högsta (sämsta) värdena kommer från en sedimentådergnejs (16,0 %, MPA030007A) och en metabasit (15,0 %, MPA030016A). Detta korrelerar ganska väl med kulkvarnsvärdena. Resultaten redovisas i tabell 3.

Analys av alkalisilikareaktivitet

Analys av alkalisilikareaktivitet (ASR) har utförts vid Cement och Betong Institutet (CBI) på prover från 2003. Ett äldre prov (LEP950022) har analyserats vid Sveriges Provnings- och Forskningsinstitut i Borås (SP).

ASR betyder att alkalimetaller i cementen förenas med reaktiv kvarts i stenmaterialet till en alkalisigel. Den senare kan i vissa fall expandera och därmed innebära risk för att betongen spricker. SP använder sig av en fyrgradig skala vid riskbedömningen: 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. Prov 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 2 km NO om Össeby-Garn

(FHA030276A), två granodioriter, 3 km OSO om Frösunda respektive 1 km SO om Brollsta (MPA030025A och MPA030062A), samt en pegmatit 1 km SO om Brollsta (MPA030062B) potentiell ASR-risk.

ÖVRIGA ANALYSER

Petrografisk analys

Bergartsprovernans sammansättning och de ingående mineralens mängdförhållanden har bestämts genom punkträkning, ca 500 punkter på en ca 25 × 20 mm stor yta. Resultaten ges i tabell 4. Speciellt kvarts- och glimmerinnehåll är av betydelse för bergarters tekniska egenskaper. Information om kornstorlek och textur redovisas i tabell 4.

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.

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 strålningsskyddade miljöer. Bergkvalitetskartan ger punktvisa uppgifter om berggrundens naturliga gammastrålning i form av radiumindex och gammaindex.

Totalt har ca 230 gammastrålningsmätningar på berghällar utförts på 74 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 :

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

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 något förhöjd gammastrålning främst i den sydvästra delen av kommunen. Dessa områden sammanfaller med utbredningen av yngre granit och pegmatit. Gammastrålningsmätningar på berghällar visar några lokaler med uranhalter som överstiger 16,2 ppm (radiumindex 1,0) samt där gammaindex överstiger 2,0.

Hällmätningarna visar att bergarterna inom Vallentuna kommun har relativt varierande gammastrålningsegenskaper (fig. 10). De yngre graniterna har uranhalter som varierar mellan 1 och 40 ppm (med ett medelvärde på 8 ppm) och toriumhalter som varierar mellan 1 och 60 ppm (med ett medelvärde på 24 ppm). På enstaka lokaler med pegmatiter har uranhalter upp till 100 ppm uppmätts. De äldre granitoiderna (tidigorogena svekokarelska djupbergarter) uppvisar generellt lägre gammastrålning. Kaliumhalterna varierar mellan 1,0 och 4,4 % vilket återspeglar granitoidernas sammansättning från tonalitisk till granitisk. Uranhalterna varierar mellan 0,8 och 6,9 ppm och toriumhalten mellan 2,8 och 34 ppm. Metasedimentära bergarter har kaliumhalter mellan 1,4 och 4,5 %. Uranhalten varierar mellan 1,0 och 10 ppm och toriumhalten varierar mellan 3,0 och 38 ppm. Metabasiterna inom området uppvisar låg gammastrålning. Kaliumhalterna varierar mellan 0,8 och 1,8 %. Uranhalterna är mindre än 3 ppm och toriumhalterna är mindre än 6 ppm. Lägst gammastrålning uppvisar gabbromassiven inom kommunen med kalium, uran- och toriumhalter nära noll.

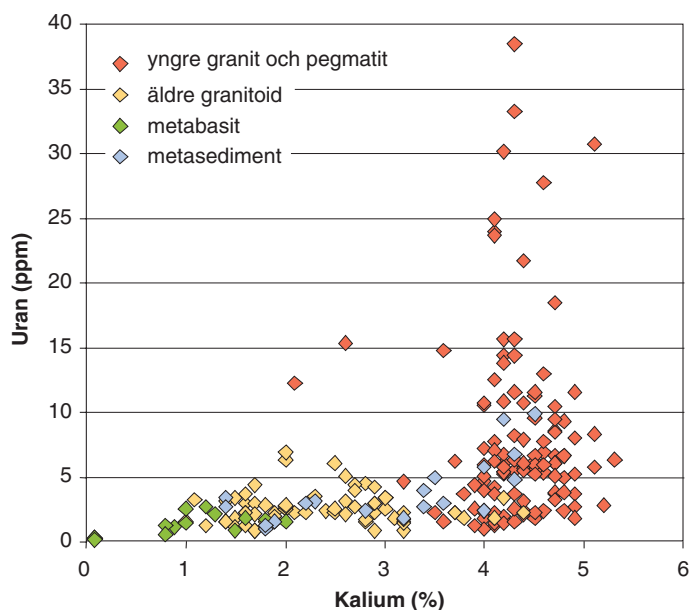


Fig. 10. Resultat från gammastrålningsmätningar på berghällar inom Vallentuna kommun. De yngre graniterna uppvisar generellt högre uranhalter i jämförelse med andra bergarter i området. Den relativt höga uranhalt som är uppmätt på en metasedimentär bergart i en hällmätning härrör troligtvis från neosomen.

KVALITETSKLASSNING AV PROVER

En bedömning har gjorts av användbarheten av analyserade bergarter (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 Bergmaterialet bedöms vara lämpligt som betongballast. Det bedöms klara alla av Boverkets föreskrivna krav för Betongballast (BBK 94): låg–moderat glimmerhalt, låg halt av vitt-ringsbenägna 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 Bergmaterialet 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 Bergarten bedöms inte vara lämpligt som betongballast. Det 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 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. 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 Bergmaterialet bedöms vara lämpligt som järnvägs makadam. Det klarar alla av Banverket (1996) föreskrivna krav för järnvägs makadam (BVF 585.52): sprödhetstal <50 % alt. LA-tal <30 %, glimmerhalt <10 % (10–25 % vid godkännande av beställare), flisighetstal = 1,35 ±0,05, ej kvartsit, vattenabsorption <1 %.
- Klass 1,5 Gränsfall mellan klass 1 och 2.
- Klass 2 Bergmaterialet 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 Bergarten bedöms inte vara lämpligt som järnvägs makadam. Det 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 Bergmaterialet bedöms vara lämpligt 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 083, jfr CUR 1995).

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 ₅₅₀ , MPa	>8,0	4,0–8,0	1,5–4,0	<1,5

De undersökta bergarternas densitet ligger mellan 2,61 och 3,02 g/cm³ med de högsta värdena för en amfibolit och en gabbro (tabell 3). Punktlasttester (jfr Broch & Franklin 1972, Brook 1993) har utförts på ett prov, LEP950022, vilket gav ett punktlastindex på 8 MPa. Ingen av de provtagna bergarterna inom kommunen har bedömts ha en hög porositet. Detta innebär att vattenabsorption 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 på prover från olika platser och som ansetts väl representera berggrunden i Vallentuna 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, se figurerna 11 samt tabell 1 och 3, varierar spridningen inom de olika

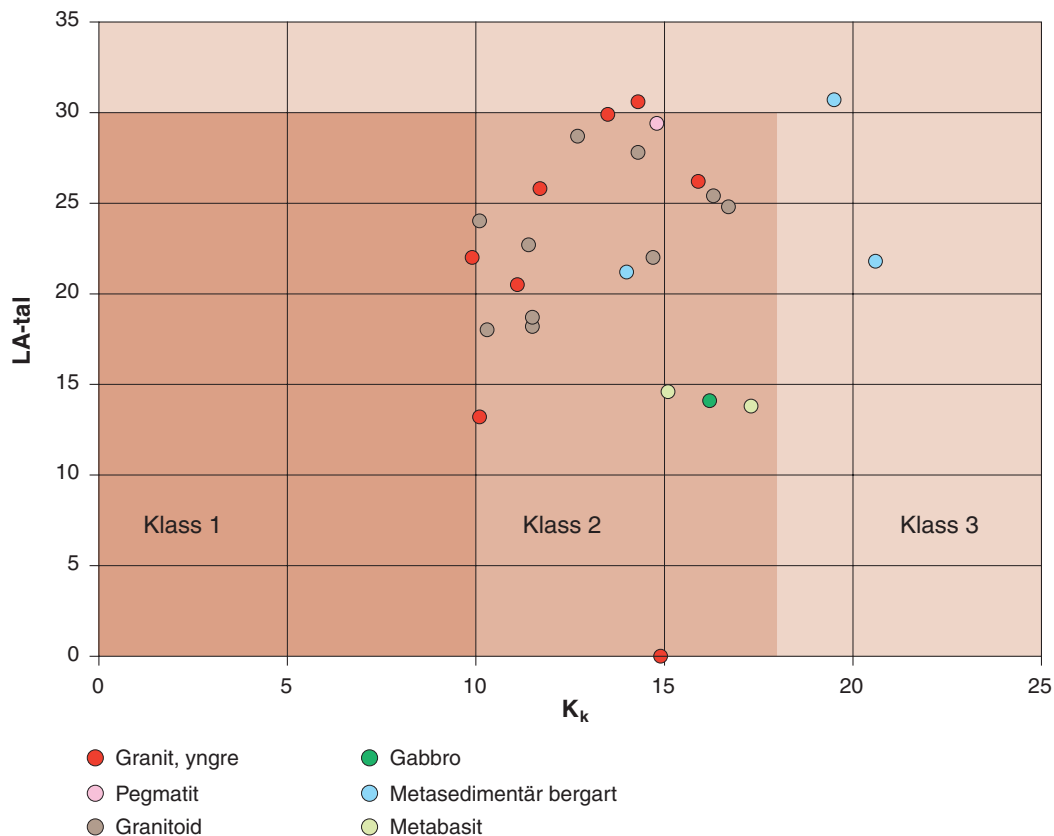


Fig. 11. Samtliga prover från Vallentuna kommun plottade mot kulkvarnsvärdet och Los Angeles-talet. De olika nyanserna i diagrammet visar gränserna för de olika bergkvalitetsklasserna på kartan. De provpunkter som ligger på gränsen mellan klass 1 och 2 har jämförts med andra prov från samma bergartstyp innan en klassning har gjorts. Ett prov saknar Los Angeles-analys. Detta ligger på LA-tal=0 i diagrammet.

bergartsgrupperna. De metasedimentära bergarterna har en stor spridning. Berggrunden i Vallentuna kommun omfattar framför allt klass 2-material. Klass 1-material har ej påträffats. De bergarter inom kommunen som har uppvisat den bästa hållfastheten mot nötning är yngre, jämnkorniga graniter. Dessa har kulkvarnsvärden runt 10 %.

Områden med yngre granit, gabbroider samt äldre deformerad granit, granodiorit och tonalit klassas som klass 2-material. Även ådergnejsomvandlade metasedimentära bergarter faller inom klass 2. Ett flertal av de yngre graniterna ligger på gränsen mellan klass 1 och 2, respektive klass 2 och 3 (beroende på höga LA-tal). Trots detta har samtliga områden med yngre graniter inom kommunen klassats som klass 2 eftersom de inte uppvisar några tydliga klass 3- respektive klass 1-egenskaper. Yngre graniter som uppvisar hög sprödhet (höga LA-tal) är ojämnkorniga, svagt folierade och innehåller mestadels rester av äldre bergarter. Klass 3-material utgörs av glimmerrika sedimentbergarter och 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.

Referenser

- Banverket, 1996: BVF 585.52, *Makadamballast för järnväg*, Janne Malmtorp, 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. I J. Hudson (red.): *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 231-98: Bestämning av slipvärde. *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., 1998: Bergkvalitetskartan 11I Uppsala SV. *Sveriges geologiska undersökning Af* 105 Bk.
- Persson, L., Antal, I., Göransson, M., Lundqvist, S. & Pamnert, M. 1998: Bergkvalitetskartan 10I Stockholm NO. *Sveriges geologiska undersökning Af* 202 Bk.
- Persson, L., Sträng, M. & Antal, I., 2001: Berggrundskartan 10I Stockholm, skala 1:100 000. *Sveriges geologiska undersökning Ba* 60.
- 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, 2000: 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*.
- 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 No. 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 Vallentuna kommun för betong (B), järnväg (J) och väg (V). f = flisighetsstal, s = spridhetstal, N = slipvärde, Kk = kulkvarnsvärde, LA-tal = Los Angeles-tal, Md = Micro Deval, $I_{s(50)}$ = punktlastindex, $I_{s(50)l}$ = punktlastindex, vinkelrätt mot foliationen, $I_{s(50)l}$ = punktlastindex, parallellt mot foliationen, la = Styrkeanisotropi ($I_{s(50)l} / I_{s(50)l}$), Ra = Radiumindex, Ga = Gammaindex, ASR = Alkalisilikareaktivitet, spm = sprickor per meter.

ID-nr	SGU	Bergart	N-S koord	Ö-V koord	Densitet	f	s	N	K _k	LA-tal	Md	I _{s(50)} ⊥	I _{s(50)} ///	la	Ra	Ga	ASR	spm	Bergkvalitetsklassn.		
					g/cm ³	%	%	g/cm ³	%	%	%	MPa	MPa						B	J	V
FHA030253A		Sedimentådergnejs	6607485	1629810	2,71			19,5	30,7					0,4	1,1		NEJ	2	1	3	3
FHA030254A		Granit, yngre, jämnkornig, röd	6612924	1631707	2,61			11,7	25,8	7,0				0,7	1,4		NEJ	4	1	1	2
FHA030259A		Granit, ljus, äldre	6618132	1631280	2,62			12,7	28,7	8,0				0,2	1,4		NEJ	4	1	2	2
FHA030263A		Sedimentådergnejs	6617992	1637832	2,72			14,0	21,2					0,2	0,8		NEJ	2	2	2	2
FHA030269A		Granit, yngre, jämnkornig, grå - röd	6605836	1636232	2,64			9,9	22,0	7,0				0,3	1,4		NEJ	4	1	1	1,5
FHA030276A		Granit, äldre, grå	6608608	1639593	2,65			11,4	22,7					0,2	0,7		JA	2	2,5	1	2
FHA030277A		Granodiorit	6613076	1645922	2,77			16,7	24,8								NEJ		1,5	1	2
FHA030278A		Granodiorit, äldre, ögonförande	6609553	1647645	2,74			16,3	25,4					0,1	0,4		NEJ	1	1	1	2
LEP920017		Yngre granit, grå	6603750	1623420	2,64	1,38	57	2,52	14,9									1	3	2	2
LEP950022		Yngre granit, ljust röd	6605700	1624820	2,65			10,1	13,2		8,1	8	1	0,4			1	2	1	1	1,5
MPA030001A		Tonalit, äldre, förskiffrad	6604309	1641159	2,76			14,7	22,0	11,0				0,1	0,4		NEJ	2	1,5	2	2
MPA030001B		Metabasit	6604309	1641159	3,02			15,1	14,6								NEJ	2	1,5	2	2
MPA030002A		Granit-granodiorit, äldre, förskiffrad, ögonförande	6614955	1641645	2,65			14,3	27,8					0,2	0,6		NEJ	2	1	1	2
MPA030002B		Granit, yngre, jämnkornig	6614955	1641645	2,65			11,1	20,5					0,2	1,2		NEJ	2	1	1	2
MPA030007A		Sedimentådergnejs	6611385	1631260	2,74			20,6	21,8	15,0				0,5	1,4		NEJ	5	2	2	3
MPA030016A		Metabasit	6618595	1643095	2,93			17,3	13,8	16,0				0,3	0,1		NEJ	2	1	1	2
MPA030025A		Granodiorit, äldre	6612780	1636055	2,69			11,5	18,2								JA		2,5	2	2
MPA030026A		Granit, yngre, folierad, ljust grå - ljust röd	6615585	1642645	2,64			14,3	30,6					0,1	0,8		NEJ	3	1	3	3
MPA030046A		Granit, yngre, folierad, grå	6605705	1625935	2,63			13,5	29,9					0,9	1,6		NEJ	2	2	1,5	2,5
MPA030049A		Granit, yngre, jämnkornig, röd	6601490	1628850	2,62			15,9	26,2					0,3	1,2		NEJ	4	1	1	2
MPA030062A		Granodiorit, äldre, förskiffrad, grå	6610100	1642080	2,72			11,5	18,7	8,0				0,2	0,6		JA		2,5	1	2
MPA030062B		Pegmatit, ojämnkornig, vit	6610100	1642080	2,61			14,8	29,4					0,7	1,2		JA		2,5	2	2,5
MPA030065A		Gabbro	6609920	1646915	3,02			16,2	14,1					0,0	0,0		NEJ		2	1	2

Tabell 4. Mineralfördelningen (volymprocent) och kornstorleken hos bergarter från Vallentuna kommun. Kva = kvarts, k-fsp = kalifältspat, plag = plagioklas, bio = biotit, mus = muskovit, hbl = hornblände, klo = klorit, epi = epidot, opa = opaka mineral, oli = olivin, serp = serpentin, övr = övrigt.

ID	Bergart	Kornstorlek	Kva	K-fsp	Plag	Bio	Mus	Hbl	Klo	Epi	Kal	Opa	Oli	Serp	Övr
FHA030253A	Sedimentådergnejs	medelkornig	29,4	5,6	55	9,8	+		+	+					0,2
FHA030254A	Granit, yngre, jämnkornig, röd	fint medelkornig	24	41,8	30,2	2,6	+		1	0,4		+			+
FHA030259A	Granit, ljus, äldre	fint medelkornig	25,9	33,6	35,4	2,8	1,3		0,6	x		0,1			0,3
FHA030263A	Sedimentådergnejs	fint medelkornig	46,2	1	30,8	20,2	+		1,4	0,4					+
FHA030269A	Granit, yngre, jämnkornig, grå - röd	fint medelkornig	35,4	27,4	30,4	6,2			+	0,2					0,4
FHA030276A	Granit, äldre, grå	medelkornig	27	35,6	26,6	3,6			5,2		0,8				1,2
FHA030277A	Granodiorit	medelkornig	21,6	11,8	42,6	13,8		7,8	1	+	0,4				1
FHA030278A	Granodiorit, äldre, ögonförande	fint medelkornig	29,4	6	44,2	13,6		5,6	0,4	0,2	+	+			0,6
LEP920017	Yngre granit, grå	medelkornig	26	33	31	6			4	+					+
LEP950022	Yngre granit, skär	medelkornig	32,6	28,6	27	5,2	1,8		2,2	1,2	0,4				1
MPA030001A	Tonalit, äldre, förskiffrad	fint medelkornig	27,4	1,4	50,6	17,8		2	0,6	+		+			0,2
MPA030001B	Metabasit	finkornig	0,2	+	36,4	16,6		42,6		0,6		2,8			0,8
MPA030002A	Granit-granodiorit, äldre, förskiffrad, ögonförande	fint medelkornig	24,8	23,8	45,4	5,6			0,2	0,2					+
MPA030002B	Granit, yngre, jämnkornig	fint medelkornig	37,2	27	29,4	5,2	+		0,8	0,2		+			0,2
MPA030007A	Sedimentådergnejs	fint medelkornig	50,4	1	31,6	13	3,4		0,4	0,2	+	+			+
MPA030016A	Metabasit	finkornig		1,2	43,8			47,6	6,4	0,6		+			0,4
MPA030025A	Granodiorit, äldre	fint medelkornig	30,8	5,6	44,4	15,6	+		2,2	0,2		0,2			1
MPA030026A	Granit, yngre, folierad, ljust grå - ljust röd	fint medelkornig	28,8	28,8	34,8	6,8	+		0,4	0,2					0,2
MPA030046A	Granit, yngre, folierad, grå	medelkornig	33,4	31,2	29,4	4,2	1,2								0,2
MPA030049A	Granit, yngre, jämnkornig, röd	fint medelkornig	27,2	38,6	29	3			1,4	0,4	+	0,4			+
MPA030062A	Granodiorit, äldre, förskiffrad, grå	fint medelkornig	35	10,2	34,8	13,6	0,2	3	1,8	1	+				0,4
MPA030062B	Pegmatit, ojämnkornig, vit	grovkornig	+	+	+				+						
MPA030065A	Gabbro	fint medelkornig		23	+		34		+	1,4	5,6	21,6	9		5,4