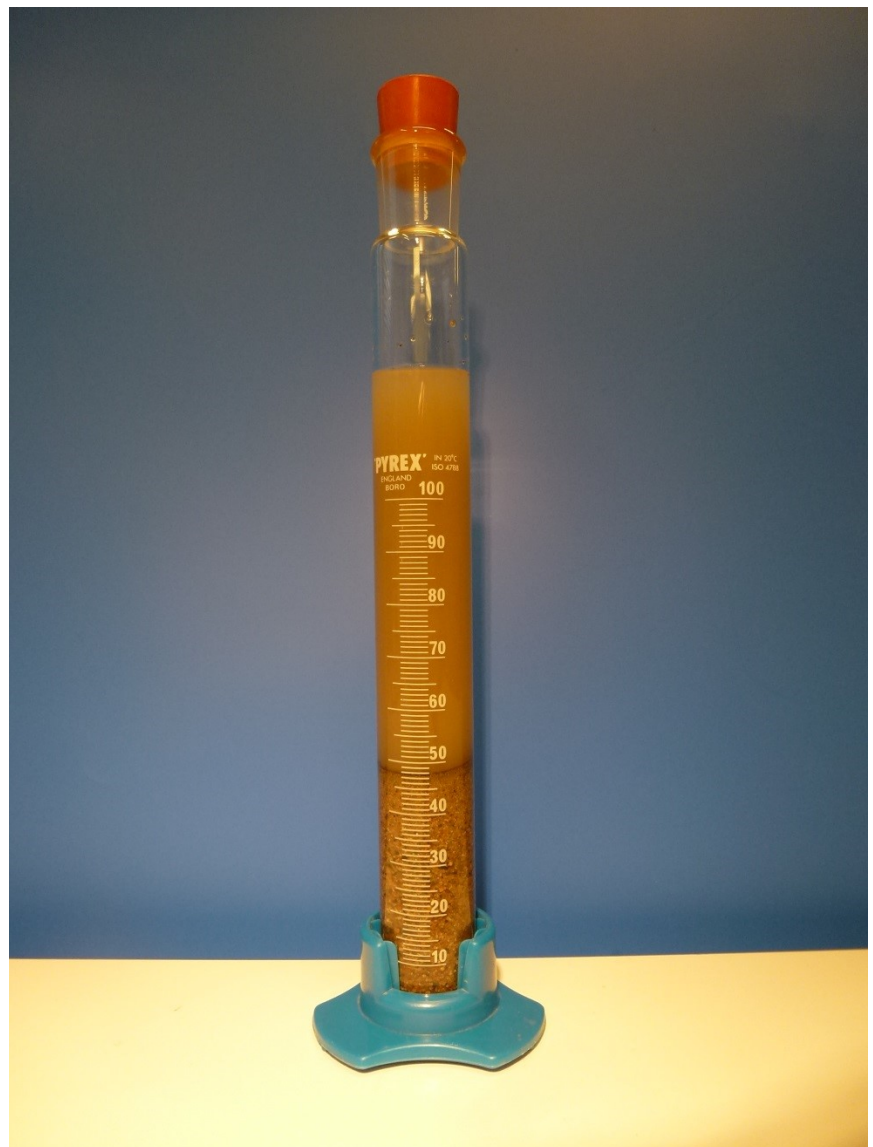


Finjordshalt QD

Metod för uppskattning av finjordshalt



Datum: 2016-12-19
Uppdragsledare: Rebecca Bertilsson
Handläggare: Fredrik Burman
Diariernr: 1.1-1401-0029
Uppdragsnr: 15229/420

INNEHÅLLSFÖRTECKNING

1	BAKGRUND
		5
2	UPPDRAGETS SYFTE OCH MÅL
		5
3	BESKRIVNING AV METOD
		5
	3.1 Mätteknisk princip
		5
	3.2 Mätutrustning och metodik
		7
4	TEORETISK VERIFIERING AV METOD
		7
5	PRAKTISK VERIFIERING AV METOD
		8
6	METODENS FELKÄLLOR
		10
7	UTVÄRDERING OCH SLUTSATSER
		12

Bilagor

1. Arbetsprotokoll

1 BAKGRUND

Okulär granskning för benämning/klassificering av siltiga/sandiga jordar är svår. Finjordshalten är direkt avgörande för benämningen/klassificeringen och kan idag endast bestämmas genom siktanalyser. Siktanalyser är tidskrävande och kostsamma varför dessa inte utförs i uppdrag där en noggrannare bestämning av kornfördelningen inte efterfrågas.

En ny metod för uppskattning av finjordshalten har utformats vid SGI:s jordlaboratorium, kallad finjordshalt QD (quick determination alt. quick and dirty). Om den nya metoden är tillförlitlig kommer den fungera som ett stöd för okulär granskning vid jordartsbenämning (som ingår i rutinundersökningar). Resultatet blir fler korrekta benämningar/klassificeringar av siltiga jordar vid okulär granskning.

2 UPPDRAGETS SYFTE OCH MÅL

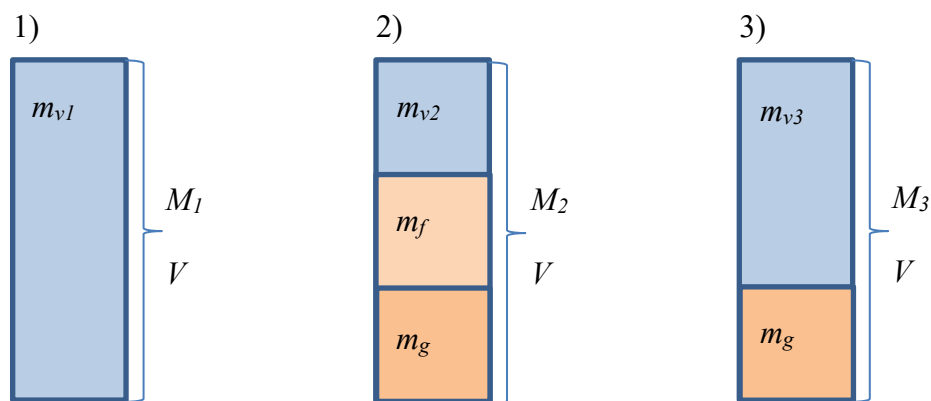
Uppdraget syftar till att undersöka om det är möjligt att på ett nytt, tidseffektivare sätt uppskatta finjordshalten i ett jordprov i samband med okulär granskning.

Målsättningen med uppdraget är att verifiera att den tänkta metoden är tillräckligt noggrann för att användas för uppskattning av finjordshalt i samband med benämning av jordprov.

3 BESKRIVNING AV METOD

3.1 Mätteknisk princip

Provningsen utförs vid en konstant totalvolym bestående av en analysmängd material och vatten, se Figur 3.1.



M_i = total massa

m_f = massa finjord

m_g = massa grov jord

m_{vi} = massa vatten

V = volym (konstant)

Figur 3.1 *Principiellt förhållande mellan vatten, finjord och grov jord i de tre steg som mätmetoden bygger på.*

Den konstanta totalvolymen, V , ger samma förhållande som om material tillförs en till bredden fylld vattenbägare. Volymen av det vatten som rinner över kanten motsvarar volymen av det tillförda materialet, vilket ger en viktförändring som motsvarar materialets vikt minus det bortträngda vattnets vikt (Arkimedes princip).

Skillnaden i vikt mellan blandningen material/vatten, M_2 , och rent vatten, M_1 , representerar mängden tillsatt material, materialets skenbara vikt, $(M_2 - M_1)$.

Blandningen material/vatten skakas om till en uppslammad lösning, varvid finjorden kan avskiljas genom dekantering.

Genom tvättning av materialet minskar materialmängden vilket ger en ny skillnad i vikt mellan rent vatten och blandningen material/vatten. Viktskillnaden representerar mängden kvarvarande material.

Differensen mellan vikten som representerar otvättat material, M_2 , och vikten som representerar tvättat material, M_3 , motsvarar den borttvättade finjordens skenbara vikt, $(M_2 - M_3)$.

Finjordshalten beräknas som den skenbara vikten av borttvättad finjord dividerad med det otvättade materialets skenbara vikt, Ekv. 3-1.

$$f_a = \frac{M_2 - M_3}{M_2 - M_1} \quad \text{Ekv. 3-1}$$

där

f_a = finjordshalt (ansats)

3.2 Mätutrustning och metodik

Provningsen har utförts med material/vatten i en mätcylinder av fabrikat Pyrex, volym 100 ml, med propp och lös fot. Denna typ av mätcylinder har en minskande innerdiameter vid proppen, vilket skapar en skuldra. Skuldran hindrar främst finsanden från att sköljas bort vid dekanteringen. Vägning har utförts på en våg med två decimaler.

Den praktiska provningen utförs enligt följande:

1. Mätcylindern fylls med vatten till exakt 80 ml.
2. Mätcylinder (utan propp) med vatten vägs, vikten M_1 noteras. Mätcylindern töms.
3. Torrt eller fuktigt material fylls i mätglaset till ca 50 ml.
4. Vatten fylls till < 60 ml. Mätcylindern skakas tills allt material är uppblött.
5. Material på mätcylinderns insida spolas ned och mätglaset fylls till exakt 80 ml.
6. Mätcylinder (utan propp) med otvättat material och vatten vägs, vikten M_2 noteras.
7. Vatten fylls i till > 100 ml. Mätcylindern skakas och uppslammad finjord dekanteras av. (upprepas tills finjorden är borttvättad).
8. Material på mätcylinderns insida spolas ned och mätcylindern fylls till exakt 80 ml.
9. Mätcylinder (utan propp) med tvättat material och vatten vägs, vikten M_3 noteras.

Finjordshalten f beräknas enligt Ekv. 4-1.

4 TEORETISK VERIFIERING AV METOD

Finjordshalten i ett jordprov definieras som kvoten av massa finjord och total massa jord, Ekv. 4-1.

$$f_d = \frac{m_f}{m_g + m_f} \quad \text{Ekv. 4-1}$$

där

f_d = finjordshalt (definition)

m_f = massa finjord

m_g = massa grov jord

I analogi med Figur 3.1 gäller följande samband:

$$M_1 = m_{v1} \quad \text{Ekv. 4-2}$$

$$M_2 = m_{v2} + m_g + m_f \quad \text{Ekv. 4-3}$$

$$M_3 = m_{v3} + m_g \quad \text{Ekv. 4-4}$$

Med antagande om konstant volym och att finjorden och grov jord har samma densitet, ρ_j , gäller även följande:

$$V = \frac{m_{v1}}{\rho_v} = \frac{m_{v2}}{\rho_v} + \frac{m_g + m_f}{\rho_j} = \frac{m_{v3}}{\rho_v} + \frac{m_g}{\rho_j} \quad \text{Ekv. 4-5}$$

Genom Ekv. 4-5 kan m_{v1} och m_{v3} uttryckas

$$m_{v1} = \left(\frac{m_{v2}}{\rho_v} + \frac{m_g + m_f}{\rho_j} \right) \cdot \rho_v = m_{v2} + \frac{\rho_v}{\rho_j} (m_g + m_f) \quad \text{Ekv. 4-6}$$

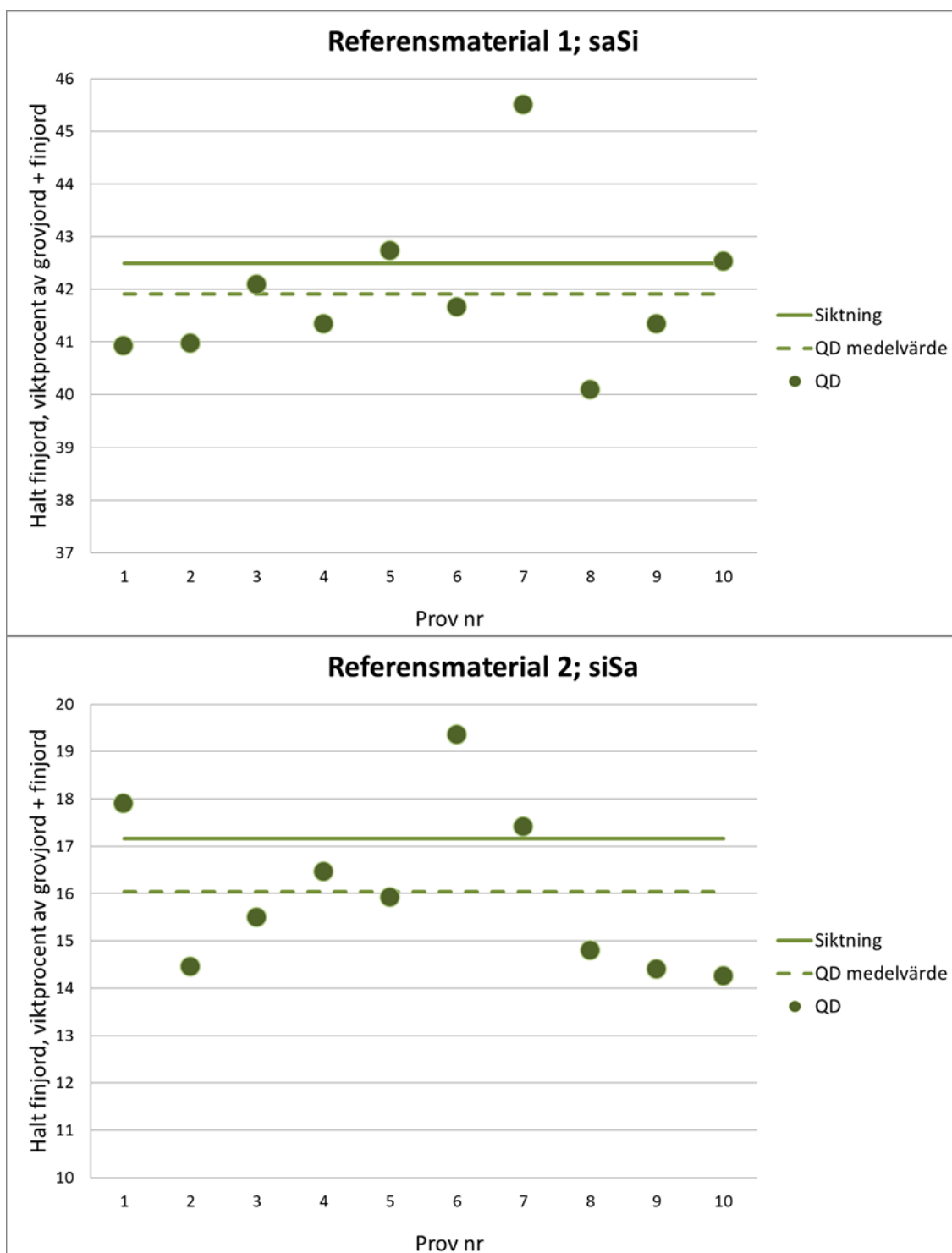
$$m_{v3} = \left(\frac{m_{v2}}{\rho_v} + \frac{m_g + m_f - m_g}{\rho_j} \right) \cdot \rho_v = m_{v2} + \frac{\rho_v}{\rho_j} \cdot m_f \quad \text{Ekv. 4-7}$$

Med relationerna beskrivna i Ekv. 4-2 t.o.m. Ekv. 4-4 samt Ekv. 4-6 och Ekv. 4-7 går det att visa att uttrycket som beskriver ansatsen för att beräkna finjordshalt, f_a , Ekv. 3-1, är samma som definitionen för finjordshalt, f_d , Ekv. 4-1.

$$\begin{aligned} f_a &= \frac{M_2 - M_3}{M_2 - M_1} = \frac{m_{v2} + m_g + m_f - (m_{v3} + m_g)}{m_{v2} + m_g + m_f - m_{v1}} = \frac{m_{v2} + m_f - m_{v3}}{m_{v2} + m_g + m_f - m_{v1}} = \\ &= \frac{m_{v2} + m_f - \left(m_{v2} + \frac{\rho_v}{\rho_j} \cdot m_f \right)}{m_{v2} + m_g + m_f - \left(m_{v2} + \frac{\rho_v}{\rho_j} \cdot (m_g + m_f) \right)} = \frac{m_f - \frac{\rho_v}{\rho_j} \cdot m_f}{m_g + m_f - \frac{\rho_v}{\rho_j} \cdot (m_g + m_f)} = \\ &= \frac{\left(1 - \frac{\rho_v}{\rho_j} \right) \cdot m_f}{\left(1 - \frac{\rho_v}{\rho_j} \right) \cdot (m_g + m_f)} = \frac{m_f}{m_g + m_f} = f_d \quad \text{Ekv. 4-8} \end{aligned}$$

5 PRAKTISK VERIFIERING AV METOD

För att fastställa en lämplig metodik har inledande provningar utförts på två olika referensmaterial; saSi resp. siSa. Referensmaterialens finjordshalter bestämdes genom tvättning och siktning. Resultatet från tio stycken provningar av respektive referensmaterial jämfördes med de genom siktning bestämda finjordshalterna. Utfallet visas i Figur 5.1.

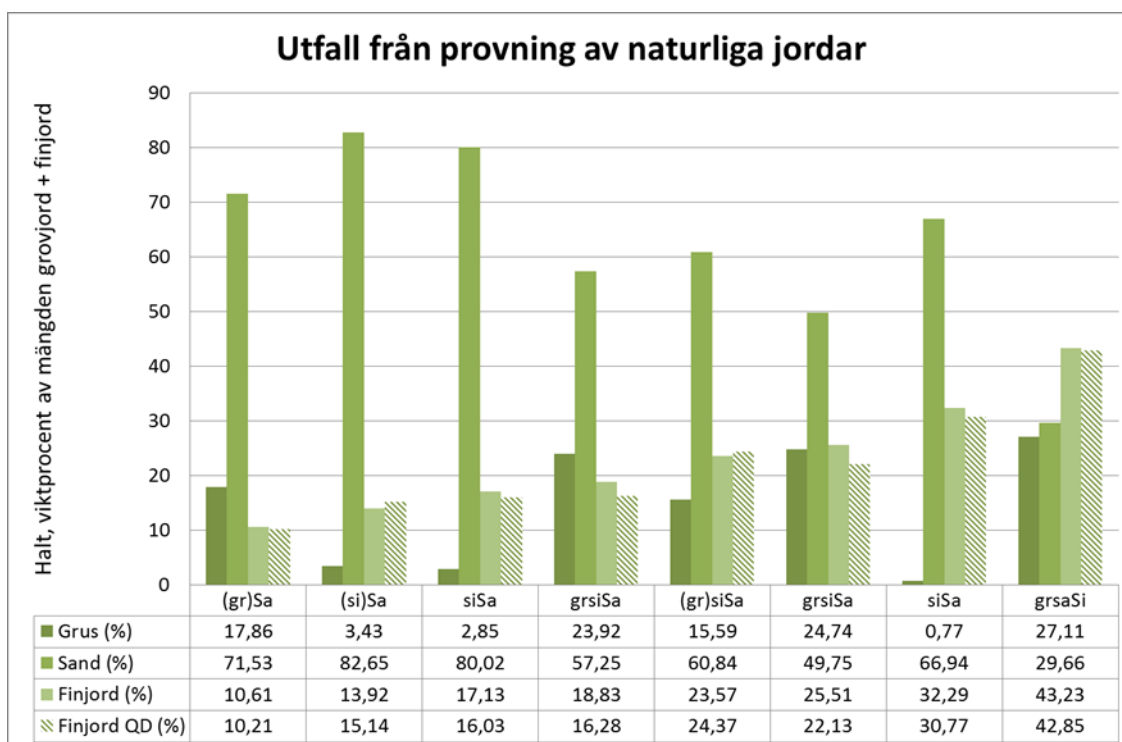


Figur 5.1 Resultat från provning av referensmaterial.

Under de inledande provningarna justerades kritiska parametrar för att optimera metoden. Inför efterföljande provningar bestämdes:

- Väntetid mellan omskakning och dekantering: ca 5 sek.
- Flöde vid dekantering: ca 10-15 sek. för tömning av vatten/finjord.
- Antal tvättningar: 10 st.
- Utgångsmaterialet skall fuktas och homogeniseras före provuttag i syfte att ge ett så representativt analysprov som möjligt.

Efterföljande provningar har utförts på 8 st. naturliga jordar med varierande sammansättning av silt, sand och grus. Jordarnas sammansättning har bestämts genom tvättning och siktning. För att få en uppfattning om metodens spridning har två provningar per jord utförts. Medelvärden för finjordshalterna har beräknats från dessa dubbelprov. Beräknade medelvärden jämförs med de genom siktning bestämda finjordshalterna, se Figur 5.2.



Figur 5.2 Provning av naturliga jordar.

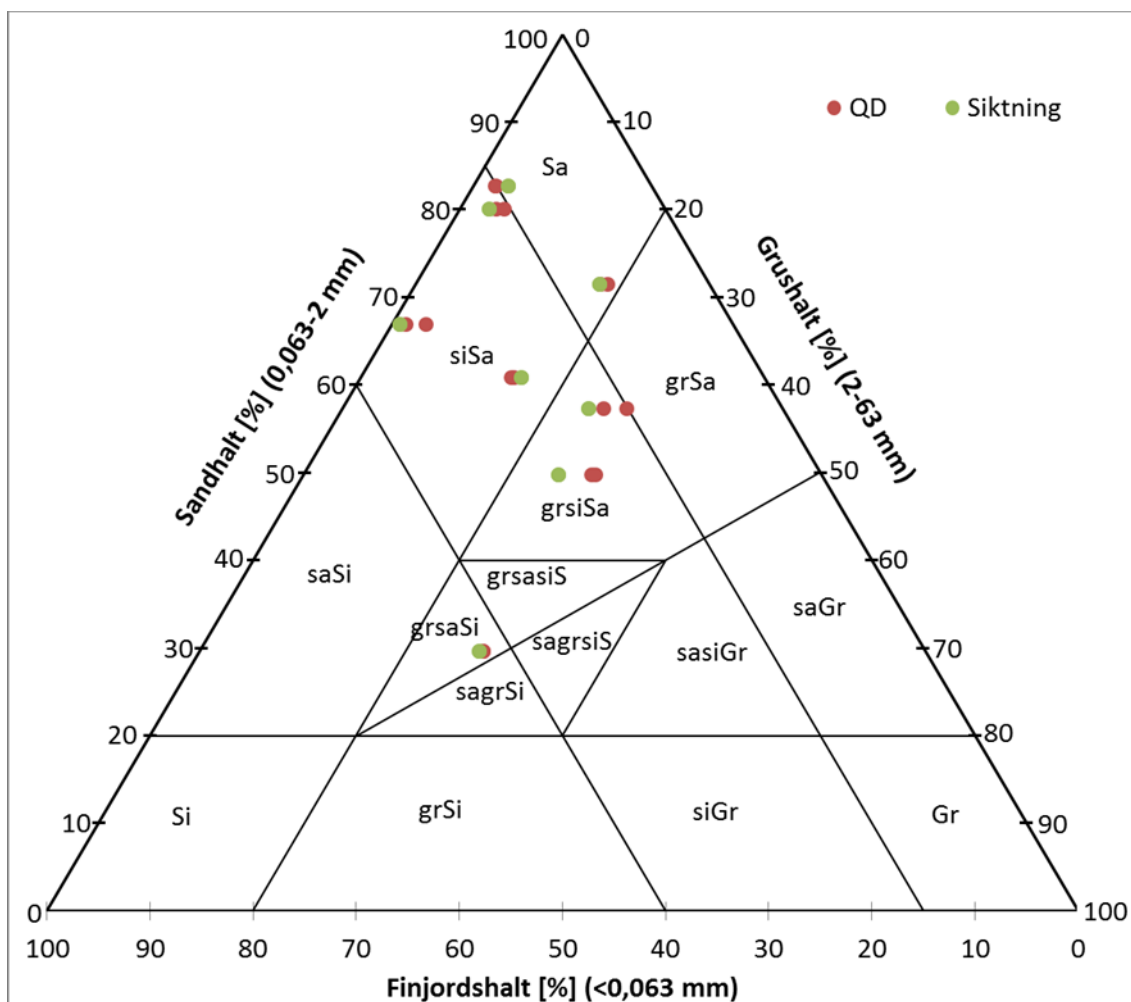
6 METODENS FELKÄLLOR

- Vågens avläsningsnoggrannhet. Våg med två decimalers visning har avläsningsnoggrannhet $\pm 0,005$ g.
- Vattentemperatur. En förändring av vattentemperaturen från 25 °C till 15 °C för vattenvolymen 80 ml ger en viktförändring på 0,2 g.
- Påfyllning av vatten i mätcylindern till exakt 80 ml. Spridningen på mätvärde M_I från provningarna visar att noggrannheten vid påfyllning ligger inom $\pm 0,2$ g.

- Tvättning av materialet. För lite finjord eller att grövre fraktioner följer med vattnet vid dekantering.
- Analysprovet. Ett manuellt provuttag är subjektivt i jämförelse med provuttag via ex. en spaltdelningsapparat. En avvikande kornfördelning i uttaget analysprov riskerar få en större inverkan på resultatet vid provning av en liten analysmängd i jämförelse med en större mängd.

Vågens avläsningsnoggrannhet, variation i vattentemperatur och noggrannhet vid påfyllning av vatten, har en relativt liten påverkan av resultatet. Uppskattningsvis bidrar dessa parametrar med ett maximalt fel i beräknad finjordshalt om ± 1 procentenhet.

Den uppmätta spridningen i dubbelprov och avvikelse från den genom siktning bestämda finjordshalten beror i hög grad av hur representativt analysprovet är. Spridning mellan dubbelprov och avvikelse från siktanalysens värde visas i Figur 6.1.



Figur 6.1 Spridning och avvikelse.

7 UTVÄRDERING OCH SLUTSATSER

Provningarna visar att QD-metoden är tillräckligt noggrann för att vara ett stöd vid okulär granskning för benämning av friktionsjord utan inslag av lera. Tiden från start av provning till ett beräknat resultat är ca 15 min, vilket är mer tidseffektivt än traditionell siktanalys.

Metoden ger en uppskattning på finjordshalten som i medeltal ligger inom ± 2 procentenheter kring verkligt värde. Provningarna visar en tendens till underskattning av finjordshalten. Med det begränsade antalet provningar går det inte att fastställa om orsaken till underskattningen beror av analysprovets sammansättning eller metodiken. Det går heller inte att se ett tydligt samband mellan mätnoggrannhet och höga eller låga halter av grus/silt i den undersökta jorden.

Metodens noggrannhet kan förbättras genom att använda en större mätcylinder med större analysmängd. Valet av mätcylindern (100 ml) och analysmängden (50 ml) beror av att tillgången på material ofta är begränsad vid okulär granskning.

Då handhavandet av mätcylindern vid provning har stor inverkan på resultatet rekommenderas att utföraren kalibrerar sig själv genom provning av material med känd finjordshalt.

Bilaga 1.

Finjordshalt QD - arbetsprotokoll

Uppdrag:		Dnr:	
Provpunkt	Djup (m)	Utförd av	Datum

Förutsättningar		
Cylinder typ	Analysmängd	Total volym
100 ml	ca 50 ml	80 ml

All vägning utförs vid den förutbestämda totalvolymen

Startvikt (cylinder + vatten)	M1 (g)	
Otvättad vikt (cylinder + vatten + otvättat material)	M2 (g)	
Tvättad vikt (cylinder + vatten + tvättat material)	M3 (g)	
Tid från omskakning till dekantering	(ca 5 sek)	
Antal tvättningar	(min 10 st)	
Anmärkning		

Beräknad finjordshalt (%):	
----------------------------	--

Metodik

- Mätcilindern fylls med vatten till exakt 80 ml.
- Mätcilinder (utan propp) med vatten vägs, för att sedan tömmas.
- Torr eller fuktigt material fylls i mätcilinder till ca 50 ml.
- Vatten fylls i till < 60 ml. Mätcilindern skakas tills allt material är uppblött.
- Material på mätcilinderns insida spolras ned och mätglaset fylls till exakt 80 ml.
- Mätcilinder (utan propp) med otvättat material och vatten vägs.
- Vatten fylls i till > 100 ml.
- Mätcilindern skakas och uppslammat finmaterial dekanteras av. (upprepas)
- Material på mätcilinderns insida spolras ned och mätglaset fylls till exakt 80 ml.
- Mätcilinder (utan propp) med tvättat material och vatten vägs.
- Finjordshalten beräknas som $(M2-M3)/(M2-M1)$

STATENS GEOTEKNISKA INSTITUT
Geomaterial och modellering

Rebecca Bertilsson

.....
Rebecca Bertilsson
Uppdragsledare

Karin Odén

.....
Karin Odén
Granskare

Martin Holmén

.....
Martin Holmén
Granskare