STATENS GEOTEKNISKA INSTITUT

# CRS diameter 45 mm

## En jämförelse mot CRS 50 mm

Martin Holmén, Fredrik Burman, Rikard Kalén, Hanna Fritzson

Uppdragsgivare: Statens geotekniska institut

november 2025

| | |
|---|---|
| Uppdragsledare: | Rikard Kalén |
| Granskare: | Mattias Andersson, Karin Lundström |
| Handläggare: | Martin Holmén, Fredrik Burman, Hanna Fritzson |
| Diarienr: | 3.2.2-2402-0267 |
| Uppdragsnr: | 10415 |
| Totalt antal sidor | 27 |

Hänvisa till detta dokument på följande sätt:

Holmén, M., Burman, F., Kalén, R., Fritzson, H. 2025, CRS diameter 45 mm, En jämförelse mot CRS 50 mm, Statens geotekniska institut, SGI, Linköping, 2025-11-26.

Foto på omslag: Fredrik Burman, SGI

# Förord

Framtagandet av utrustning och metodik har genomförts som ett metodutvecklingsuppdrag på Geotekniklaboratoriet vid Statens geotekniska institut, avdelning Fysisk planering och byggbarhet.

Fredrik Burman har utfört konstruktion av provningsutrustningen och VTI:s verkstad har stått för tillverkningen. Utvärdering av laboratorieförsök och sammanställning av data har genomförts av Fredrik Burman och Martin Holmén. Den praktiska provningen har utförts av Fredrik Burman.

Rapporten har tagits fram av Martin Holmén, Fredrik Burman, Rikard Kalén och Hanna Fritzson. Mattias Andersson och Karin Lundström har varit interngranskare.

Rikard Kalén

Uppdragsledare

Mattias Andersson, Karin Lundström

Granskare

# Innehållsförteckning

Sammanfattning ..... 6
1 Inledning ..... 7
2 Bakgrund och syfte ..... 7
2.1 Bakgrund och syfte ..... 7
2.2 Angränsande forskning ..... 8
3 CRS diameter 45 mm ..... 9
3.1 Försöksutrustningen ..... 9
3.2 Metodbeskrivning/utförande ..... 12
3.2.1 Montering av prov i ödometerringen ..... 12
3.2.2 Montering av prov i ödometern ..... 13
4 Resultat ..... 14
4.1 Materialegenskaper ..... 14
4.2 Sammanställning resultat ..... 14
4.2.1 Beskrivning av parametrar ..... 14
4.2.2 Resultat ..... 16
5 Diskussion och slutsatser ..... 21
5.1 Diskussion och slutsatser ..... 21
5.2 Fortsatt arbete ..... 22
Referenser ..... 23

**Bilaga/or**

1. Data från rutinprovning
2. Data från CRS 45 mm
3. Data från CRS 50 mm

# Sammanfattning

Metodutvecklingsuppdraget syftar till att ta fram och utvärdera en CRS-utrustning som möjliggör provning av kolvprover som trimmats ned från diameter 50 mm till 45 mm. Hypotesen är att den yttre delen av ett kolvprov kan vara störd till följd av provtagningsprocessen, vilket kan påverka resultatet från laboratorieförsök. Genom att avlägsna den yttersta mantelytan förväntas provkvaliteten förbättras vilket leder till ett mer representativt resultat, särskilt gällande förkonsolideringstrycket (σ'c).

Uppdraget har sin grund i observationer från långtidsmätningar vid ett provfält i Skå-Edeby, där kolvprover visat lägre förkonsolideringstryck än blockprover. Eftersom blockprovtagning är kostsam undersöktes möjligheten att förbättra kolvprovernas kvalitet genom nedtrimning som ett praktiskt alternativ. Liknande studier, bland annat vid Chalmers tekniska högskola, har tidigare prövat att trimma ned kolvprover med större diameter. Resultaten från den undersökningen var inte entydiga och delvis motsägelsefulla.

I detta uppdrag har en särskild trimnings- och provningsutrustning konstruerats. Ett prov från en kolvborrhylsa (diameter 50 mm) pressas in i en ödometerring med skärande egg (diameter 45 mm), vilket gör att den yttre, potentiellt störda mantelytan avlägsnas samtidigt som provet förs direkt in i CRS-ringen. Genom detta förfarande minimeras ytterligare störning och provet får en god anliggning mot ringens insida.

Provningen utfördes som en jämförande studie med 38 nedtrimmade prover samt 38 icke trimmade prover från den löpande verksamheten, tagna från samma kolvborrhylsa. Förkonsolideringstrycken i de undersökta proverna är mellan 53 och 125 kPa. Resultaten visar att nedtrimning inte påverkar parametrar såsom vertikal permeabilitet (k) och kompressionsmodultalet vid stora töjningar (M'), vilket var enligt förväntan. Däremot förbättras flera parametrar som indikerar bättre provkvalitet: den initiala kompressionsmodulen ($M_i$) ökar, rekonsolideringstöjningen till in situspänningen ($\varepsilon_{V0}$) minskar och modulkvoten ($M_i/M_L$) ökar. Förkonsolideringstrycket (σ'c) visar också generellt högre värden efter nedtrimning av prover.

Den framtagna kombinerade trimnings- och CRS-utrustningen bedöms vara väl lämpad för användning i svenska laboratorier. Resultaten visar att nedtrimning med fördel kan användas om misstanke finns att prov som ska undersökas är stört. Förbättring av provkvalitet erhålls även på prover med relativt hög kvalitet. Analyser och påverkan av provkvalitet bör ges ökad uppmärksamhet inom svensk geoteknisk praxis.

# 1 Inledning

I denna rapport redovisas ett metodutvecklingsuppdrag som har genomförts på SGI:s geotekniklaboratorium. Syftet med uppdraget är att ta fram en utrustning som trimmar ett kolvborrprov (St II) från diameter 50 mm till 45 mm för att sedan utföra CRS-försök. Detta för att undersöka om avlägsnande av den yttre, möjligen störda, mantelytan på ett kolvborrprov, inverkar på försöksresultatet och därmed uppnå en bättre provkvalitet.

# 2 Bakgrund och syfte

## 2.1 Bakgrund och syfte

I Skå-Edeby, på Färingsö i Mälaren, har SGI sedan 60-talet haft ett provfält där bland annat långtidsmätningar av sättningar och förändringar av lerans egenskaper har genomförts. I samband med att platsen utreddes för möjligheten att bygga en flygplats (1957) anlades fyra cirkelformade provfyllningar med en höjd av 1,5 meter vilka har varit instrumenterade med peglar sedan dess. 2020 påbörjades ett forskningsprojekt finansierat av Trafikverket och SGI i samband med att det hade beslutats att provfältet skulle återställas till jordbruksmark. Syftet var att sammanställa den kunskap som samlats in sedan provfältet anlades samt att komplettera med in situ-undersökningar och laboratorieförsök på upptagna jordprover. Med dessa resultat kunde hållfasthetsutvecklingen i leran under 60 år redovisas (Lundström et al., 2025). I projektet vid Skå-Edeby observerades att det vid CRS-försök erhölls lägre förkonsolideringstryck för kolvprover jämfört med prover upptagna med NGI:s mini-blockprovtagare. Det har noterats att utvärderad odränerad skjuvhållfasthet från triaxialförsök på kolvprover ger lägre värden än försök utförda på blockprover.

En hypotes är att den yttre delen av kolvprovet störs, varför borttagning av den del av provet som varit i kontakt med hylsan skulle kunna ge mer rättvisande förkonsolideringstryck vid CRS-försök. Standardkolvprovtagaren (St II) ger prover som är 50,2 mm i diameter. Syftet med projektet är att konstruera en CRS-utrustning med möjlighet att utföra CRS-försök på prover tagna med en standardkolvprovtagaren vars diameter därefter minskas till 45 mm i diameter. Proverna som använts är restmaterial från laboratoriets ordinarie verksamhet. Jämförelser görs med resultat från provning av 50 mm prover.

Avsikten med projektet i stort är att undersöka möjligheten att hitta ett alternativ där provkvaliteten närmar sig den kvalitet som erhålls från den betydligt mer kostsamma blockprovtagningen.

## 2.2 Angränsande forskning

Ett mastersarbete genomfördes på Chalmers tekniska högskola i samarbete med Bohusgeo (Lanzky & Palmquist, 2015) där problemet med en potentiellt störd yttre del hos kolvprover var i fokus. I denna studie togs det fram en kolvprovtagare som tog upp prover med diametern 60 mm. Dessa prover trimmades ned till diametern 50 mm och på dessa utfördes CRS- och triaxialförsök, vilka jämfördes med motsvarande försök på kolvprover från en standardkolvprovtagare. I dessa försök användes lösa leror från tre olika lokaler i Göteborgsområdet.

Statistisk analys av resultaten gav att CRS-försök på de trimmade proverna inte visade någon förbättring gällande förkonsolideringstryck och de erhöll lägre värden för $M_i$ och $M_L$. Dock var resultaten mer konsekventa och mindre spridda jämfört med resultaten för de otrimmade proverna. Triaxialförsöken gav generellt lika eller lägre skjuvhållfastheter för de trimmade proverna.

# 3 CRS diameter 45 mm

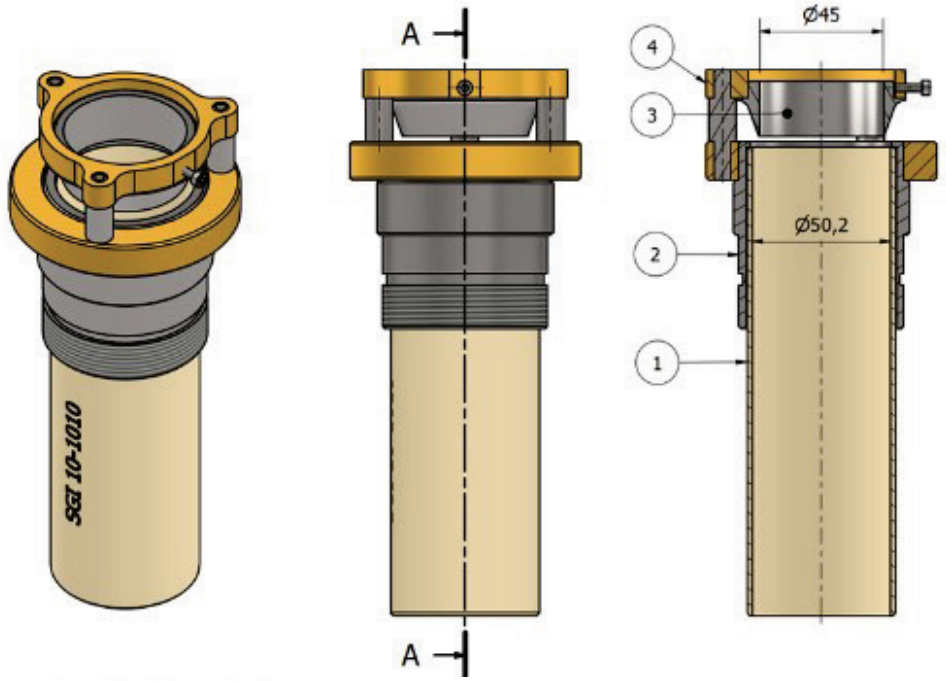
## 3.1 Försöksutrustningen

*Utrustningens grundprincip*

Försöksutrustningens grundprincip är att låta en provkropp monteras i en ödometerring vars ena ände är utformad som en skärande egg. Ödometerringen fungerar som skärande del i ett trimningsverktyg. Prov från en kolvborrhylsa, diameter 50,2 mm, trimmas in i ödometerringen, vars innerdiameter är 45 mm. Ödometerringen, med prov, monteras sedan i CRS-utrustningen för provning. Genom detta förfarande trimmas den av kolvborrhylsan störda mantelytan bort från provkroppen samtidigt som provet trycks in i ödometerringen. Provet färdas kortast möjliga väg in i ödometerringen, vilket minimerar ytterligare störning vid provkroppens mantelyta. Provkroppen får även en god anliggning mot ödometerringens insida.

*Utrustningens utformning*

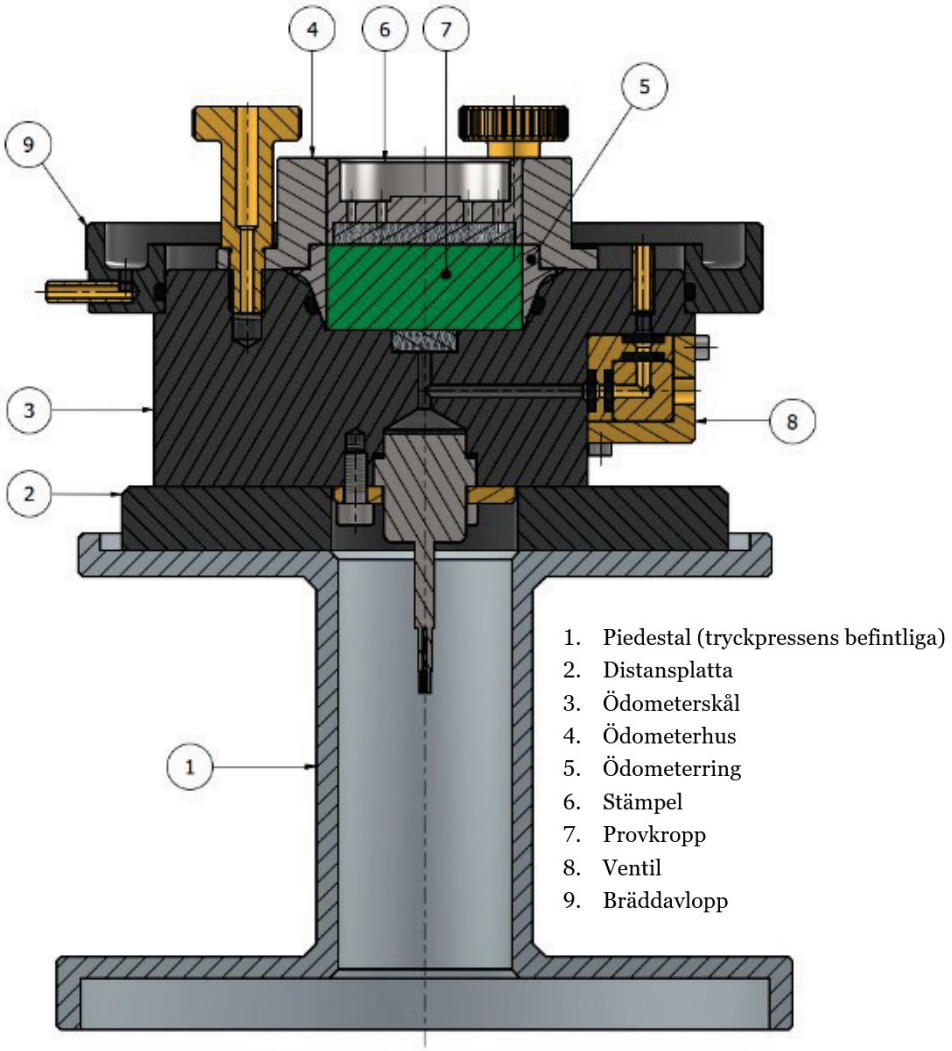
Trimningsfixturen är utformad för att användas tillsammans med befintlig provuttryckare, se Figur 3-1.



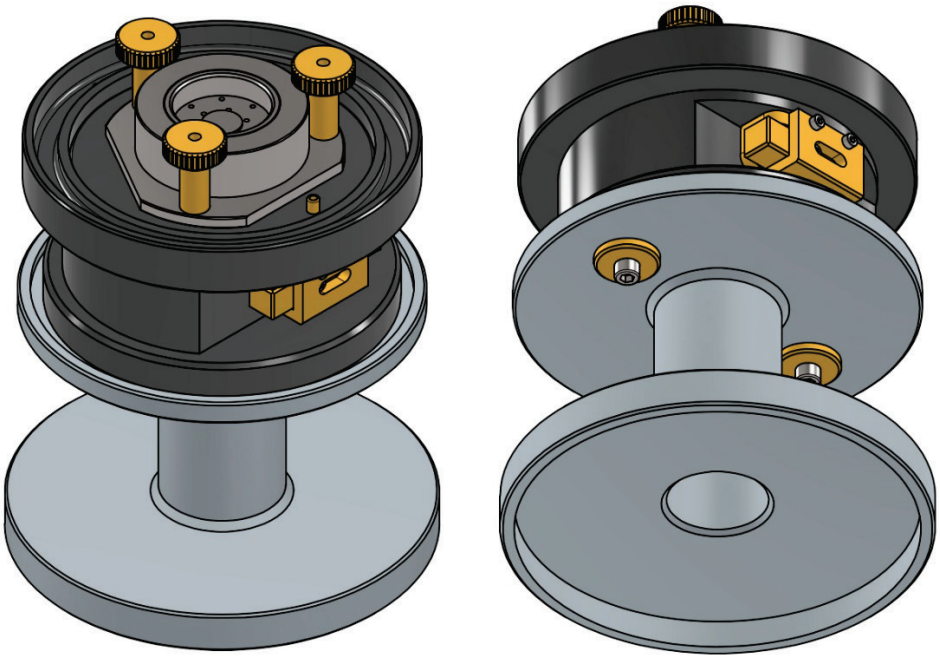

1. Kolvborrhylsa
2. Hylsfixering (befintlig provuttryckare)
3. Ödometerring
4. Ringhållare

Figur 3-1. Trimningsfixturens utformning

Ödometern är utformad för att passa på befintlig piedestal i tryckpressen och består av huvudkomponenter enligt Figur 3-2 och Figur 3-3, vilka beskrivs nedan.




Figur 3-2. CRS-ödometerns utformning.



Figur 3-3 CRS-ödometerns utformning

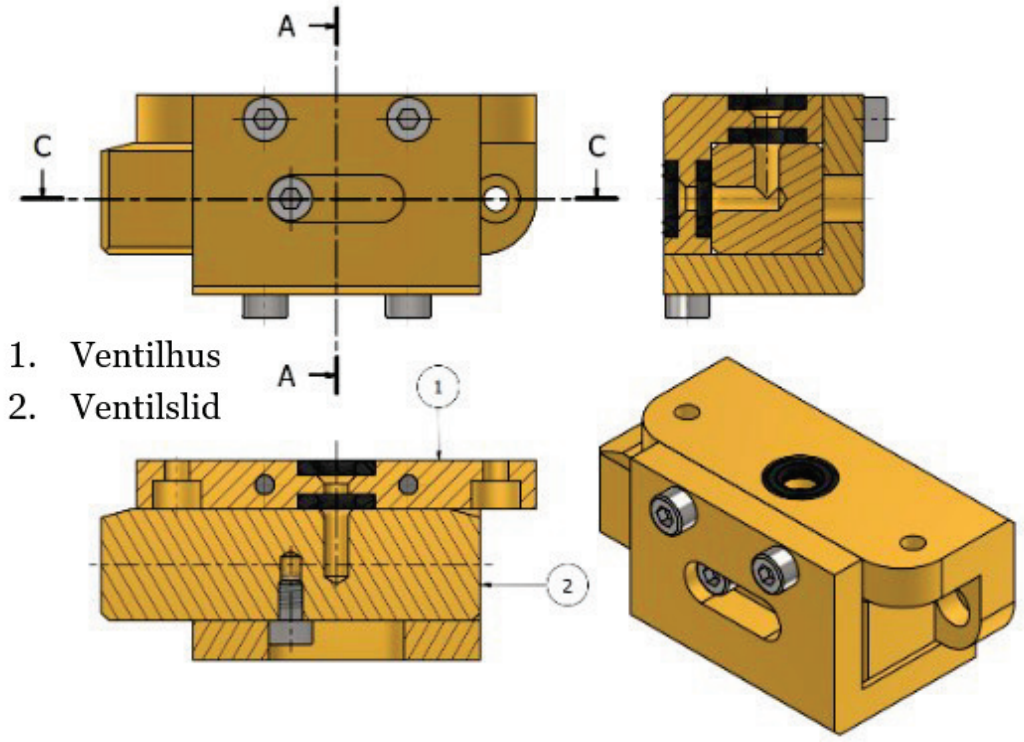
Distansplattans funktion är att skapa utrymme för den i ödometerskålen infästa portrycksgivaren. Distansplattan möjliggör även finjustering av ödometerns centrering i förhållande till pressens tryckstång.

Ödometerskålen har ett ursvarvat säte i sin översida. Sätet styr ödometerringens läge vid inmontering av provet. En o-ring tätar mot ödometerringens utsida och säkerställer att genererat portryck förmedlas, via en filtersten, till tryckgivaren. Ödometerskålens bräddavlopp skapar ett vattenfyllt utrymme med konstant tryckhöjd över tryckgivaren. Vid montering av provet dräneras överflödigt vatten ut från bräddavloppet. Vattenytan i ödometerhuset ligger på samma nivå som provkroppens överkant.

Ödometerhusets funktion är att fixera ödometerringen i ödometerskålen och att centrera tryckstämpeln över provkroppen. Ödometerhuset fixeras med tre för hand åtdragna ansatsskruvar.

Ventilens funktion är att öppna/stänga tryckgivarens kontakt mot atmosfärstrycket. Vid montering av provet passerar överflödigt vatten genom ventilen och upp i ödometerskålens vattenfyllda utrymme via ett stigrör. Stigröret säkerställer att tryckhöjden av den vattenpelare som verkar mot tryckgivaren är lika med den tryckhöjd som råder då tryckgivarens nollvärde registreras, före montering av provet.

Ventilens utformning minimerar riskerna med luftfickor i portryckssystemet och möjliggör en kompakt inbyggnad med huvudkomponenter enligt Figur 3-4.




Figur 3-4 Ventilens utformning

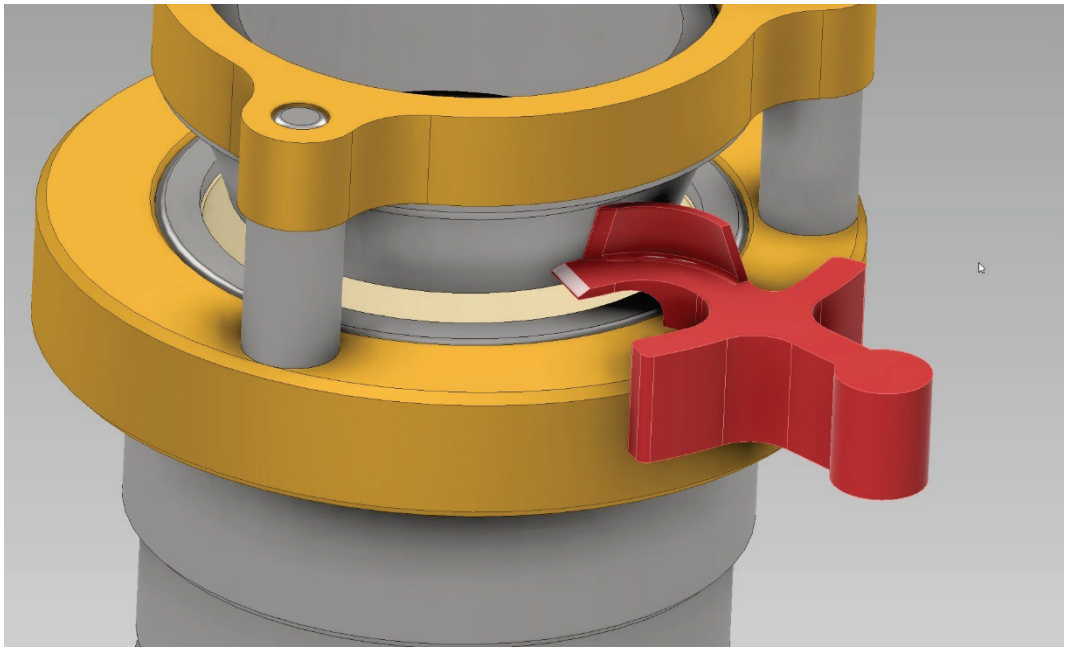
## 3.2 Metodbeskrivning/utförande

### 3.2.1 Montering av prov i ödometerringen

Den rena och torra ödometerringens vikt noteras. Silikonfett appliceras på ringens insida. Ödometerringen monteras i trimningsfixturen, vilken sedan placeras på provhylsan i provuttryckaren. Provet trycks stegvis (cirka 8 mm per steg) in i ringen. Vid varje steg trycks provet in så att överskottsmaterialet inte når längre än till den punkt där den raka delen på eggens utsida övergår i en radie. Detta för att överskottsmaterialet inte skall orsaka störning av provet. Överskottsmaterialet skrapas bort från eggens utsida varvid ytterligare prov kan tryckas in i ödometerringen. Provet trycks in i ödometerringen tills ett överskott på cirka 3 mm sticker upp över dess övre kant.

Trimningsfixturens övre del lossas från ödometerringen och lyfts av. Ödometerringen omsluter nu provet och skärs loss med en trådavskärare. Provkroppens ändytor jämnas till med trådavskärare och stållinjal. Ödometerringens utsida torkas ren från provrester. Vikten av ödometerringen med prov noteras.

För att underlätta borttagning av överskottsmaterial, då provet trycks in i ödometerringen, har ett skrapverktyg tagits fram, se Figur 3-5 (röd detalj).



Figur 3-5 Skrapverktyg

### 3.2.2 Montering av prov i ödometern

Först säkerställs att ödometerskålen är vattenfylld upp till sitt bräddavlopp. Ventilen öppnas och, via stigröret, spolas eventuell luft bort ur portryckskanalen. Filterstenen läggs på plats i ödometerskålens botten. Mätsystemets tryckgivare och kraftgivare nollställs i mätprogrammet. Ventilen skall vara öppen vid montering av ödometerringen.

Ödometerring med prov placeras i ödometerskålens vattenfyllda försänkning. Detta sker lämpligast genom att man med en ”vikande” rörelse fäller ödometerringen på plats och på så vis undviker att luft blir kvar under provkroppen. Ödometerhuset monteras över ödometerringen och skruvas fast i ödometerskålen.

Ventilen stängs och stämpeln monteras i ödometerhuset. Stämpeln trycks lätt mot provet. Den stängda ventilen säkerställer att luft inte pressas in i provet. För att få en god anliggning mot ödometerskålens botten öppnas ventilen och stämpeln trycks hårdare mot provet. Ventilen stängs medan det större trycket är anbringat.

Tryckpressen manövreras så att tryckstången kommer i kontakt med stämpeln. Ett lämpligt ansättningstryck är 1-2 kPa. Mätsystemets lägesgivare nollställs i mätprogrammet och provningen startas.

# 4 Resultat

Provningen har utförts som jämförande provning i pågående uppdrag på SGI:s laboratorium. Samtliga 38 prover som trimmats ner till 45 mm diameter är tagna i samma kolvhylsa, intill det ordinarie provet som testats i laboratoriets löpande provning.

## 4.1 Materialegenskaper

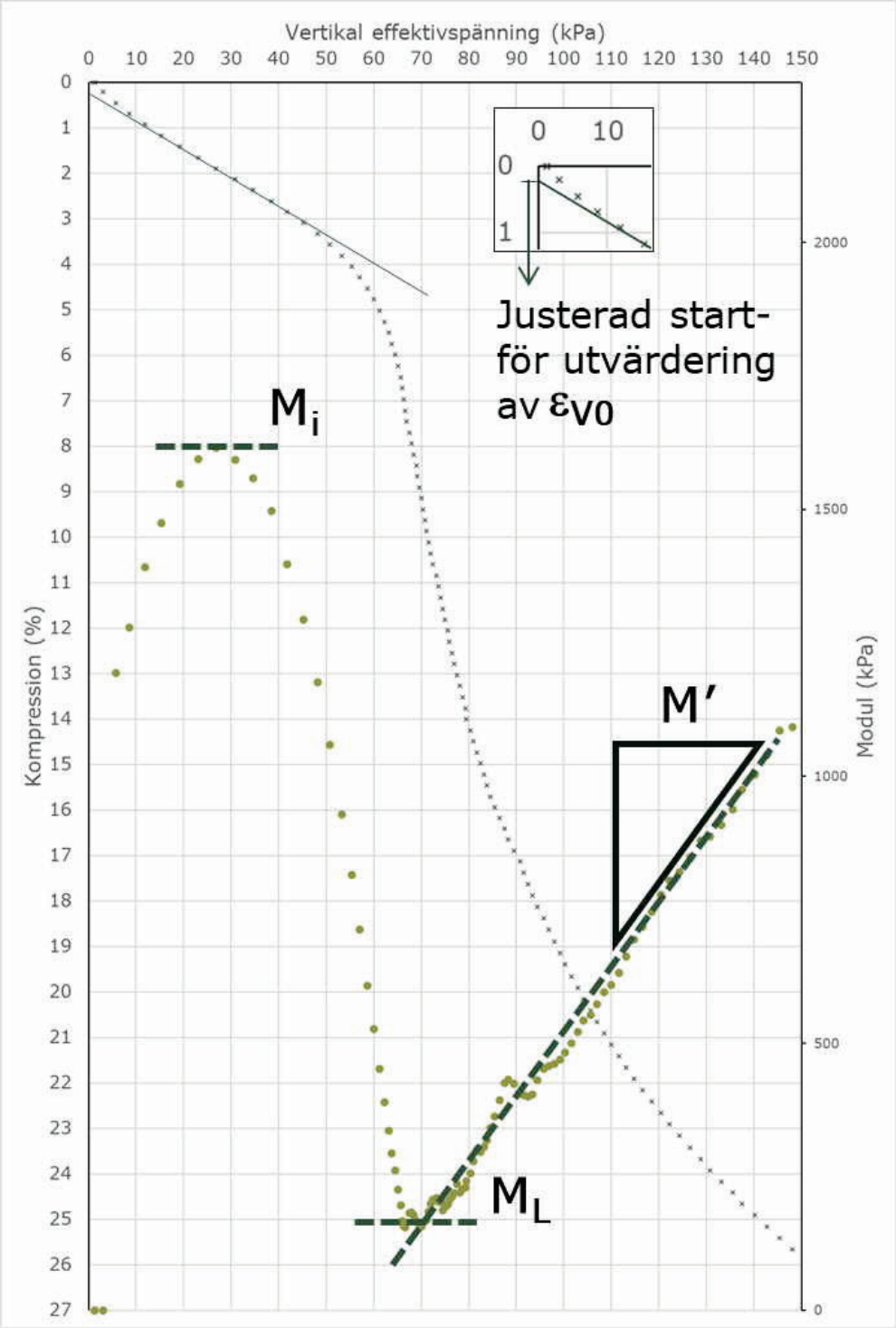
Data från rutinprovning och CRS-provning finns redovisade i bilaga 1 till 3. De leror som testats har benämnts som leror, gyttjiga leror och varviga leror med siltskikt. Skrymdensiteten varierar mellan 1,48 och 1,79 t/m$^3$, flytgränsen ligger mellan 39 och 100 % och förkonsolideringstrycken varierar mellan 53 och 125 kPa.

## 4.2 Sammanställning resultat

Samtliga undersökta parametrar finns dokumenterade i bilaga 1 till 3. Några utvalda parametrar redovisas i avsnitt 4.2.2. Resultat från prover med en diameter av 45 mm jämförs med prover med en diameter av 50 mm. Samma skala har använts på x- respektive y-axeln och en 1:1 linje finns inritad för att illustrera trenden i resultaten.

### 4.2.1 Beskrivning av parametrar

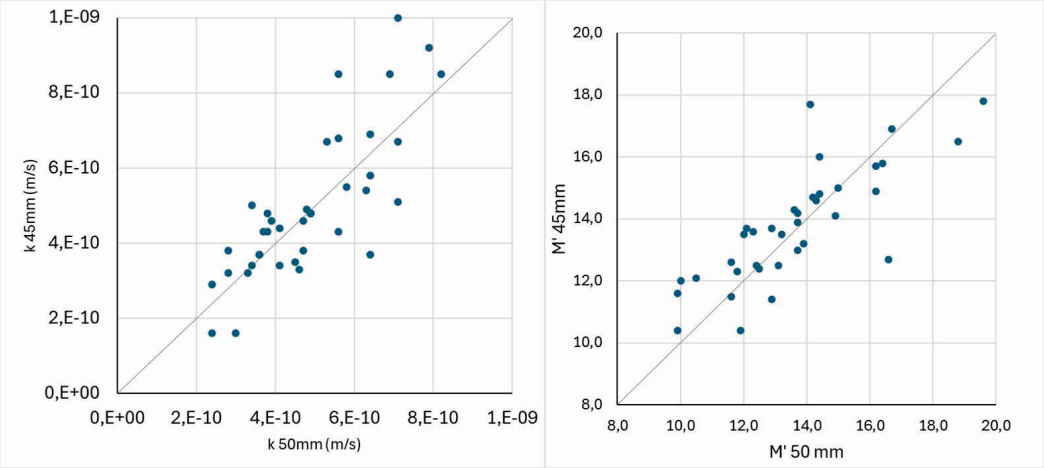
De redovisade jämförelserna kan delas in i två grupper, en där parametrarna efter nedtrimning av provet förväntas vara samma som utan nedtrimning och en grupp där parametrarna förväntas visa på en provkvalitetsförbättring. Parametrarna som presenteras är vertikal permeabilitet (k), förkonsolideringstryck ($\sigma'_c$), rekonsolideringstöjning ($\varepsilon_{V0}$), den initiala kompressionsmodulen ($M_i$), kompressionsmodultalet vid stora töjningar ($M'$) och modulkvoten ($M_i/M_L$). Definitionen av kompressionsmodulerna illustreras i Figur 4-1.




Figur 4-1 En modulkurva för ett CRS-försök kan delas in i olika moduler så som illustreras i figuren. $M_i$ är den initiala modulen, $M_L$ är gränsmodulen och M' är kompresseonsmodultal vid större töjningar.

### 4.2.2 Resultat

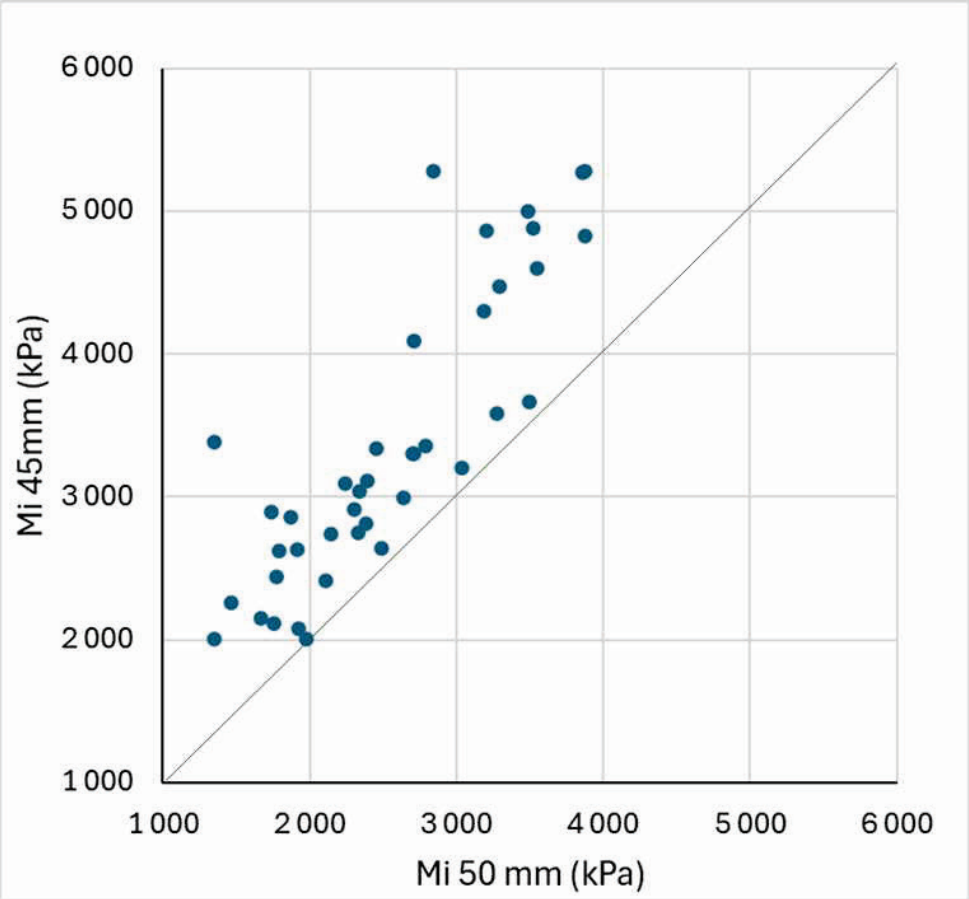
De parametrar som förväntas vara oförändrade vid en provkvalitetsförbättring är vertikal permeabiliteten, k, och kompressionsmodultal, M′. Jämförande resultat visas i Figur 4-2.




Figur 4-2 Diagrammen visar jämförelse mellan prover med 50 respektive 45 mm diameter för parametrar som inte förväntas skilja vid en provkvalitetsförbättring. I det vänstra diagrammet visas vertikal permeabilitet, k, och till höger visas kompressionsmodultal, M′.

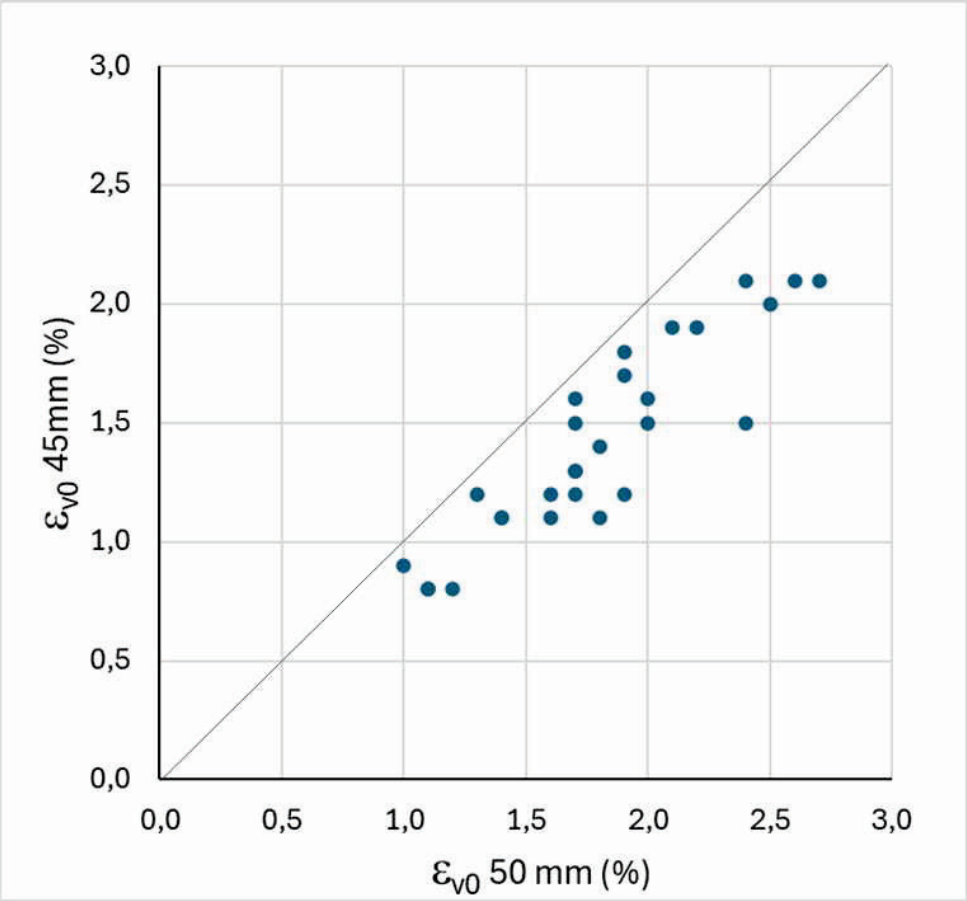
Både permeabiliteten och kompressionsmodultalet är någorlunda jämnt fördelade kring 1:1-linjen, vilket också visar att ändringen i diameter-längd förhållandet som nedtrimning till 45 mm med bibehållen provlängd introducerat, inte påverkar provningsresultaten.

De parametrar som kan antas bekräfta en provkvalitetsförbättring vid nedtrimning presenteras nedan. Den initiala kompressionsmodulen, $M_i$, är en parameter som påverkas av störningar vid provtagning och provpreparering. Ju mer stört ett prov är desto lägre blir modulen. I Figur 4-3 visas ett diagram med denna parameter och diagrammet visar en tydlig höjning av värdet på de utvärderade initiala kompressionsmodulerna för de prover som trimmats ned från en diameter på 50 mm till 45 mm.



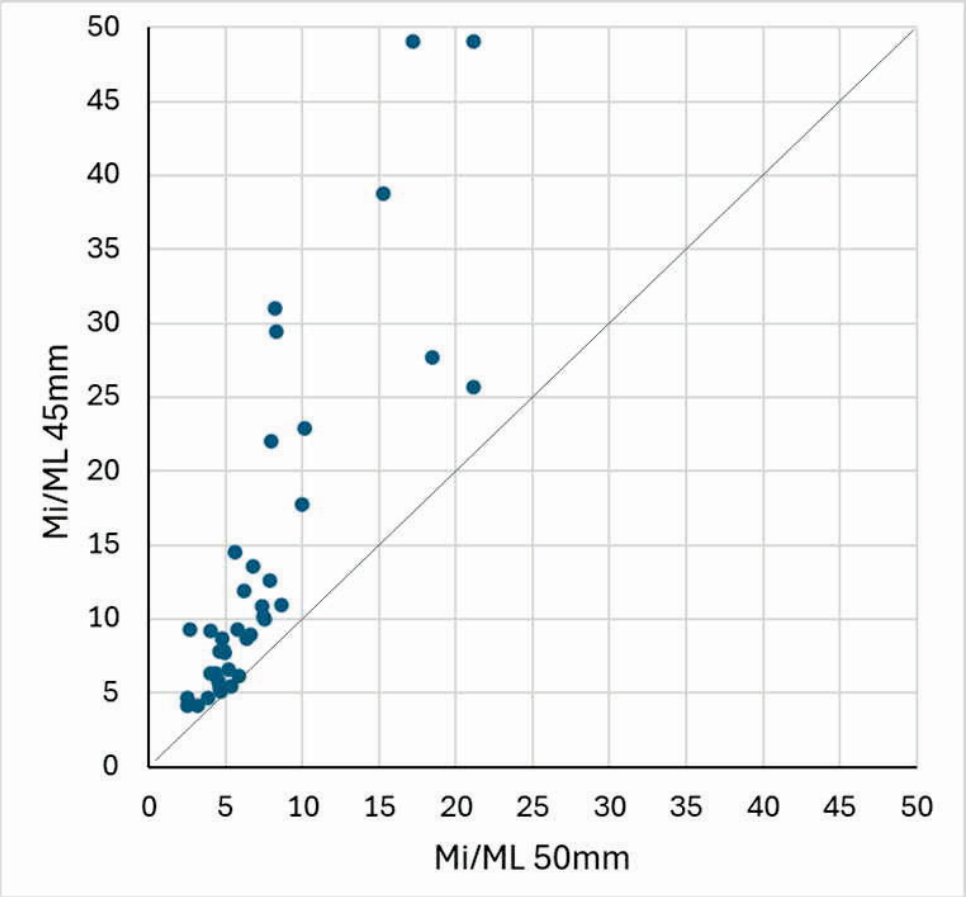

Figur 4-3 Diagrammet visar jämförelse mellan prover med 50 respektive 45 mm diameter för den initiala kompressionsmodulen, $M_i$. En tydlig förbättring med högre moduler vid nedtrimning till 45 mm diameter erhålls.

En annan parameter som påverkas av ett stört prov är rekonsolideringstöjningen, $\varepsilon_{v0}$. Detta är den töjning som åtgår för att belasta provet upp till den effektiva vertikalspänning som råder insitu. För ett teoretiskt helt ostört prov ska denna töjning vara obefintlig. I Figur 4-4 visas jämförelse för rekonsolideringstöjningen mellan otrimmade och nedtrimmade prover där en tydlig förbättring med lägre töjningar vid nedtrimning visas.




Figur 4-4 Diagrammet visar jämförelse mellan prover med 50 respektive 45 mm diameter för rekonsolideringstöjningen, $\varepsilon_{V0}$. En tydlig förbättring med lägre töjningar vid nedtrimning till 45 mm diameter erhålls.

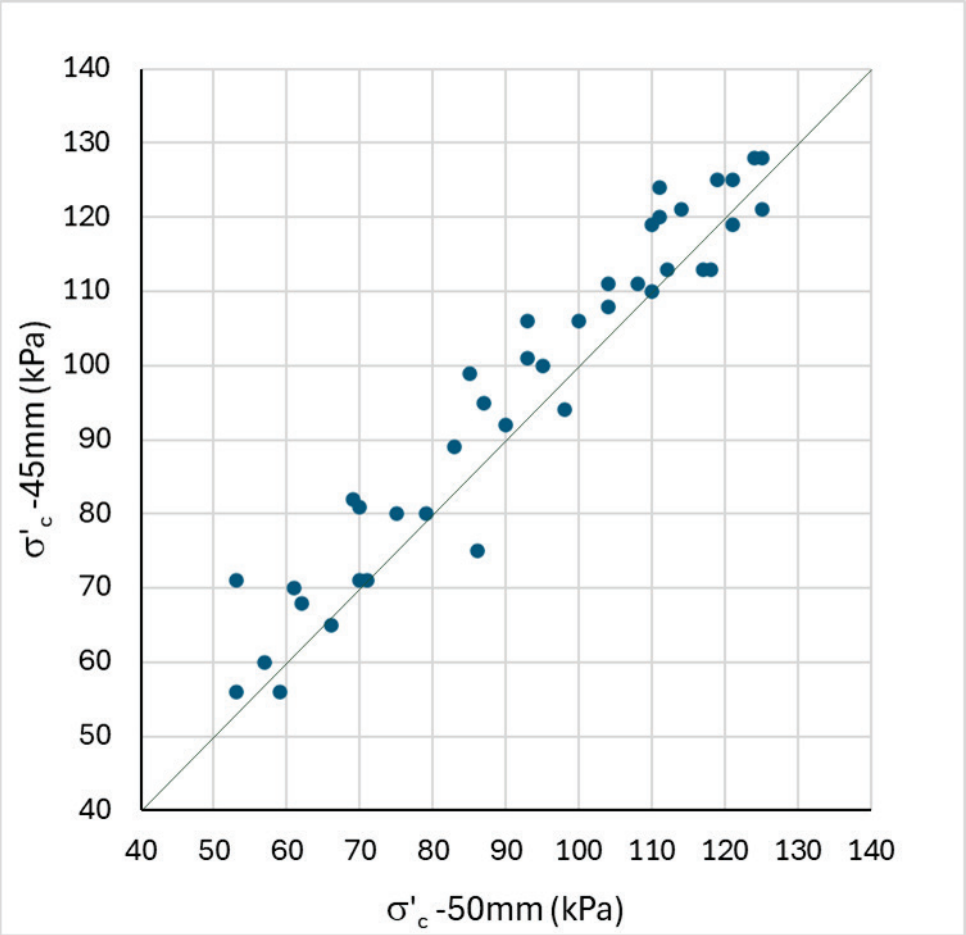
Ett annat sätt att bedöma provkvalitet är att titta på kvoten mellan den initiala modulen och gränsmodulen, $M_i/M_L$, vilket är vanligt förekommande i Norge (Amundsen, Thakur, & Emdal, 2015). Denna modulkvot minskar med ökad störning vilket innebär att den jämförelse som visas i Figur 4-5 tydligt bekräftar att nedtrimning förbättrar provkvaliteten.




Figur 4-5 Diagrammet visar jämförelse mellan prover med 50 respektive 45 mm diameter för modulkvoten $M_i/M_L$. En tydlig förbättring med högre modulkvoter vid nedtrimning till 45 mm diameter erhålls.

Vid jämförelser mellan vanliga 50 mm kolvprover och de som trimmats till 45 mm diameter visar denna undersökning att de tre parametrar som valts ut som indikatorer för störning av prover tydligt visar på en minskning av provstörning och en förbättring av provkvaliteten vid nedtrimning.

Den centrala parametern från CRS-försöket är förkonsolideringstrycket, $\sigma'_c$, som vid en bättre provkvalitet borde få ett högre värde. Förkonsolideringstrycken redovisas i Figur 4-6 och som visas ger de trimmade proverna i genomsnitt ett högre värde.




Figur 4-6 Diagrammet visar jämförelse mellan prover med 50 respektive 45 mm diameter för förkonsolideringstrycket, $\sigma_c'$.

Den observerade ökningen av förkonsolideringstrycket vid nedtrimning av proverna ser ut att ligga parallellförskjutet mot 1:1-linjen med tyngdpunkten förskjuten utmed y-axeln i diagrammet, vilket indikerar en förbättring av provets kvalitet.

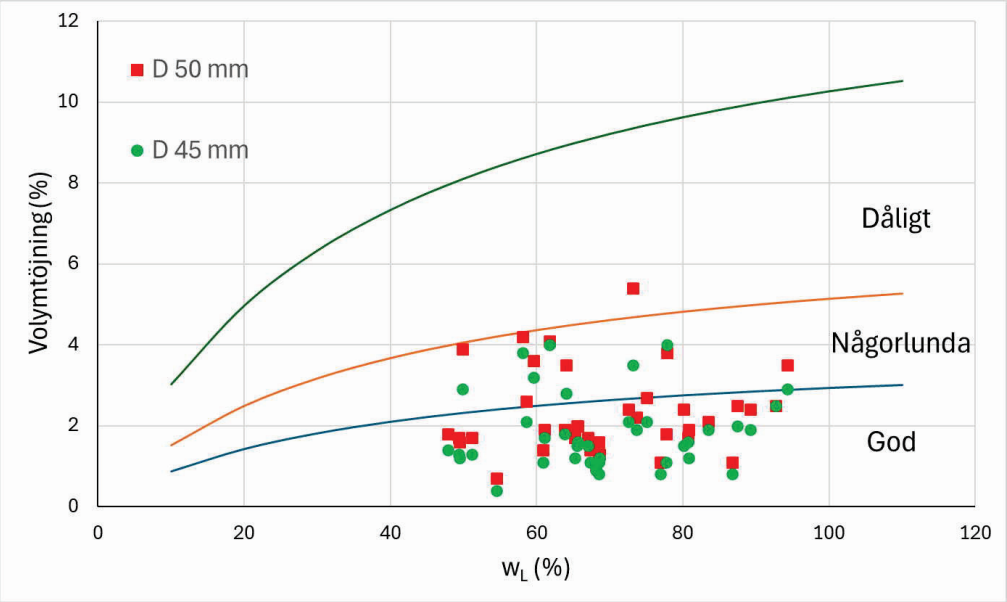
# 5 Diskussion och slutsatser

## 5.1 Diskussion och slutsatser

Detta är en begränsad undersökning med ett relativt litet antal prover men proverna uppvisar en representativ spridning i egenskaper för svenska leror och resultaten från undersökningen visar entydigt att den föreslagna metoden att trimma ner kolvprover till en diameter på 45 mm förbättrar provkvaliteten. Den framtagna kombinerade trimnings- och provningsutrustningen är väl anpassad för CRS-provning i svenska laboratorier.

I Sverige kvantifieras provers provkvalitet med en metod där rekonsolideringstöjningen ($\varepsilon_{v0}$) jämförs med flytgränsen ($w_L$) i ett diagram där gränslinjer lagts in som representerar graden av störning. I Figur 5-1 visas ett sådant diagram där resultaten från denna undersökning är inlagda.

I Figur 5-1 kan resultaten från rekonsolideringstöjningarna illustreras på ett sätt som är igenkännligt för många i geoteknikbranschen.

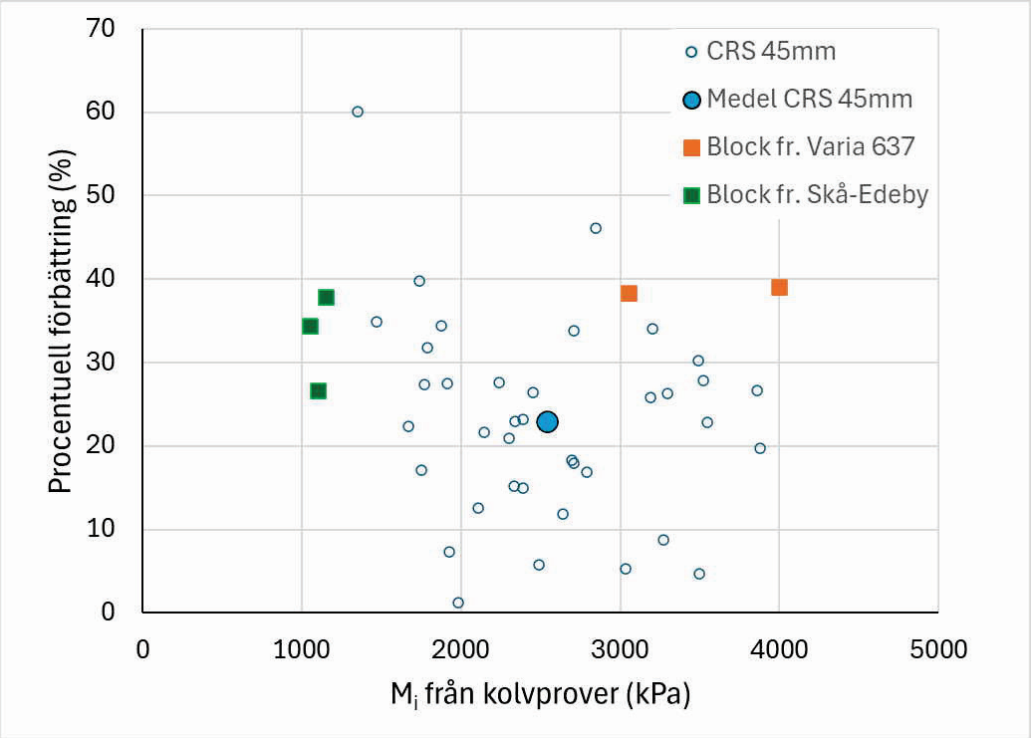



Figur 5-1 Diagrammet visar rekonsolideringstöjningarna ($\varepsilon_{v0}$) plottade mot flytgränsen ($w_L$). De ursprungliga 50 mm proverna är representerade av röda kvadrater och de nedtrimmade proverna representeras av gröna cirklar.

Tidigare undersökningar där kolvprover jämförts med blockprover på SGI (Löfroth, 2012) och (Lundström et. al, 2025) har visat på en tydlig förbättring i kvalitet. I Figur 5-2 är dessa resultat redovisade i ett diagram där den procentuella förbättringen i $M_i$ visas som funktion av det värde på $M_i$ som uppmätts på kolvproverna.

De procentuella förbättringarna av kompressionsmodulen, $M_i$, i denna undersökning som visas i Figur 5-2 visar på en stor spridning trots att de flesta proverna har varit av relativt god kvalitet, se Figur 5-1. Det är rimligt att anta att den möjliga

provkvalitetsförbättringen som kan erhållas genom att trimma ned proverna, minskar ju högre kvalitet som kolvprovet har.




Figur 5-2 Diagrammet visar procentuell förbättring av den initiala kompressionsmodulen $M_i$ för nedtrimmade prover i denna undersökning, provningar med blockprover från Skå-Edeby och från Torpa (Varia 637). Se även Figur 4-3.

## 5.2 Fortsatt arbete

Den i detta uppdrag framtagna trimnings- och provningsutrustningen kan med fördel användas om misstanke finns att prov som ska undersökas är stört. För att erhålla en bättre representation av svenska leror bör även leror med lägre förkonsolideringstryck undersökas (30-50 kPa). Undersökningen visar dock att en förbättring av provkvaliteten erhålls även på prover av relativt hög kvalitet och det kan därför behövas en mer generell diskussion i branschen kring denna fråga.

# Referenser

Amundsen, H. A., Thakur, V., & Emdal, A. (2015). Comparison of Two Sample Quality Assessment Methods Applied to Oedometer Test Results. *Sixth International Symposium on Deformation Characteristics of Geomaterials* (pp. 923–930). Buenos Aires, Argentina: IOS Press, Amsterdam, the Netherlands.

Lanzky, R., & Palmquist, D. (2015). *Sample quality and disturbance in soft marine clay - A comparative study of the effects from using two different sized piston samplers.* Göteborg: Chalmers University of Technology.

Lundström et. al. (2025). *Egenskapsförändringar i lös lera under provfyllningar - Förändringar efter 60 år i Skå-Edeby.* Linköping: SGI.

Löfroth, H. (2012). *Sampling in normal and high sensitive clay - a comparison of results from specimens taken with the SGI large-diameter sampler and the standard piston sampler St II. SGI Varia 637.* Linköping: SGI.

# Bilagor

## 1. Bilaga - Data från rutinprovning

### Databas - CRS 45 mm (data)

Beräknat värde

| Provinformation | | | Rutinprovning | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | Densitet | | Vattenkvot | Konflytgräns | Fallkon - odränerad skjuvhållfasthet *(kPa)* | | | Sensitivitet | Datum | |
| Diarienr. | Provpunkt | Djup (m) | Hylsa nr. | $\rho$ *(t/m³)* | Benämning | $W_N$ *(%)* | $W_L$ *(%)* | Ostört, $C_u$ | Ostört, $C_{u\,(korr.\,flytgräns.)}$ | Omrörd, $C_{ur}$ | $S_t$ | ankomst | Anmärkning |
| - | 2 | 17,0 | M: 10-0170 | 1,60 | vCl (si) | 65,6 | 67 | 18 | 15 | 1,64 | 11 | 2024-10-31 | |
| - | 2 | 19,0 | M: 10-1275 | 1,68 | vCl (si) | 61,1 | 61 | 18 | 15 | 1,38 | 13 | 2024-10-31 | |
| - | 3 | 7,0 | M: 0232 | 1,48 | Cl su | 101,0 | 91 | 15 | 11 | 0,83 | 18 | 2024-11-06 | |
| - | 3 | 9,0 | M: 065 | 1,53 | Cl (su) | 88,7 | 77 | 17 | 13 | 0,63 | 27 | 2024-11-06 | |
| - | 3 | 10,0 | M: 10-0657 | 1,61 | Cl su | 68,5 | 65 | 20 | 17 | 1,11 | 18 | 2024-11-06 | |
| - | 3 | 12,0 | M: 10-0610 | 1,56 | vCl | 80,1 | 79 | 17 | 13 | 1,31 | 13 | 2024-11-06 | |
| - | 3 | 14,0 | M: 10-1661 | 1,65 | vCl | 65,5 | 63 | 18 | 15 | 1,13 | 16 | 2024-11-06 | |
| - | 4 | 4,0 | M: 10-3388 | 1,61 | (v)Cl | 80,2 | 80 | 18 | 14 | 1,38 | 13 | 2024-11-19 | |
| - | 4 | 4,5 | M: 912 | 1,59 | vCl (si) | 73,7 | 72 | 18 | 14 | 1,29 | 14 | 2024-11-19 | |
| - | 4 | 5,5 | M: 101 | 1,73 | vCl si | 49,4 | 47 | 25 | 24 | 1,09 | 23 | 2024-11-19 | |
| - | 4 | 6,0 | M: 470 | 1,79 | vCl (si) | 51,1 | 54 | 22 | 20 | 1,83 | 12 | 2024-11-19 | |
| - | 5 | 2,5 | M: 852 | 1,66 | vCl | 68,1 | 75 | 32 | 25 | 2,46 | 13 | 2024-11-19 | |
| - | 5 | 3,0 | M: 035 | 1,59 | vCl | 76,9 | 78 | 18 | 14 | 1,50 | 12 | 2024-11-19 | |
| - | 5 | 4,0 | M: 4411 | 1,57 | vCl | 80,8 | 77 | 16 | 12 | 1,07 | 15 | 2024-11-19 | |
| - | 5 | 4,5 | M: 832 | 1,58 | vCl (si) | 77,7 | 74 | 18 | 14 | 1,13 | 16 | 2024-11-19 | |
| - | 6 | 3,5 | M: 1927 | 1,59 | (v)Cl | 68,5 | 72 | 23 | 18 | 1,92 | 12 | 2024-11-20 | |
| - | 6 | 4,0 | M: 190 | 1,62 | (v)Cl | 67,0 | 68 | 21 | 17 | 1,62 | 13 | 2024-11-20 | |
| - | 6 | 5,0 | M: 0087 | 1,74 | Cl | 49,5 | 51 | 21 | 19 | 1,75 | 12 | 2024-11-20 | |
| - | 6 | 5,5 | M: 20 | 1,76 | Cl | 47,9 | 50 | 21 | 20 | 1,91 | 11 | 2024-11-20 | |
| - | 7 | 4,0 | M: 625 | 1,67 | (v)Cl | 60,9 | 67 | 24 | 20 | 2,47 | 10 | 2024-11-21 | |
| - | 8 | 4,5 | M: 51 | 1,59 | vCl (si) | 75,0 | 76 | 17 | 13 | 1,55 | 11 | 2025-01-07 | |
| - | 8 | 6,5 | M: 469 | 1,68 | vCl si | 58,6 | 56 | 13 | 12 | 1,00 | 13 | 2025-01-07 | |
| - | 9 | 5,0 | M: 10-0835 | 1,62 | vCl (si) | 68,6 | 67 | 19 | 16 | 1,27 | 15 | 2025-01-27 | |
| - | 9 | 6,5 | M: 10-2249 | 1,65 | Cl (si) | 67,3 | 70 | 23 | 18 | 1,92 | 12 | 2025-01-27 | |
| - | 10 | 2,5 | M: 1636 | 1,78 | Cl pr | 50,2 | 39 | 10 | 10 | 0,56 | 18 | 2025-01-31 | |
| - | 11 | 2,5 | M:102 | 1,55 | (v)Cl | 83,5 | 79 | 14 | 11 | 1,08 | 13 | 2025-02-27 | |
| - | 11 | 3,5 | M: 111 | 1,53 | vCl | 87,4 | 78 | 15 | 11 | 0,79 | 19 | 2025-02-27 | |
| - | 11 | 4,5 | M: 104 | 1,59 | vCl | 72,6 | 65 | 15 | 12 | 0,75 | 20 | 2025-02-27 | |
| - | 12 | 4,5 | M: 2294 | 1,51 | gyCl su | 89,2 | 94 | 21 | 15 | 1,91 | 11 | 2025-04-25 | |
| - | 12 | 6,5 | M: 1847 | 1,50 | gyCl (su) | 92,7 | 100 | 24 | 16 | 2,00 | 12 | 2025-04-25 | |
| - | 12 | 8,5 | M:1986 | 1,51 | gyCl su | 94,3 | 96 | 22 | 15 | 1,57 | 14 | 2025-04-25 | |
| - | 12 | 15,0 | M:1534 | 1,60 | vCl (si) | 73,2 | 78 | 20 | 15 | 2,00 | 10 | 2025-04-25 | |
| - | 13 | 10,0 | M: 0233 | 1,73 | Cl (su) | 54,5 | 60 | 71 | 61 | 2,45 | 29 | 2025-05-22 | |

# 2. Bilaga - Data från CRS 45 mm

## Databas - CRS 45 mm (data)

| Provinformation | | | CRS 45 mm | | | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Diarienr. | Provpunkt | Djup (m) | Hylsa nr. | Datum provning | Densitet $\rho$ ($t/m^3$) | $M_0$ (kPa) | $\sigma'_c$ (kPa) | $M_L$ (kPa) | $\sigma'_L$ (kPa) | $M'$ | Permeabilitet (m/s) | $\beta_k$ | $\varepsilon_{c(v)}$ (%) | $\varepsilon_{v0}$ (%) | $M_0/M_L$ | Anmärkning |
| - | 2 | 17,0 | U: 10-2479 | 2024-11-27 | 1,62 | 3113 | 113 | 283 | 117 | 15,0 | 3,7E-10 | 5,0 | 3,6 | 1,6 | 11,0 | |
| - | 2 | 19,0 | U: 10-1774 | 2024-11-29 | 1,66 | 3670 | 121 | 470 | 137 | 17,8 | 6,7E-10 | 4,0 | 3,3 | 1,7 | 7,8 | |
| - | 3 | 7,0 | U: 0264 | 2024-12-02 | 1,46 | 2441 | 60 | 63 | 60 | 13,7 | 8,5E-10 | 3,3 | 2,4 | - | 38,7 | |
| - | 3 | 9,0 | U: 1050 | 2024-12-04 | 1,59 | 2912 | 71 | 105 | 71 | 14,3 | 1,0E-09 | 4,0 | 2,4 | - | 27,7 | |
| - | 3 | 10,0 | U: 10-0753 | 2024-12-06 | 1,48 | 2892 | 80 | 199 | 92 | 12,7 | 5,1E-10 | 3,7 | 2,8 | 0,8 | 14,5 | |
| - | 3 | 12,0 | U: 10-0828 | 2024-12-09 | 1,60 | 2257 | 75 | 343 | 94 | 14,8 | 4,3E-10 | 4,2 | 3,3 | 1,5 | 6,6 | |
| - | 3 | 14,0 | U: 10-2458 | 2024-12-11 | 1,62 | 3040 | 100 | 391 | 117 | 16,9 | 8,5E-10 | 4,7 | 3,3 | 1,5 | 7,8 | |
| - | 4 | 4,0 | U: 9640 | 2024-12-13 | 1,55 | 2641 | 95 | 482 | 123 | 12,5 | 3,5E-10 | 4,3 | 3,6 | - | 5,5 | |
| - | 4 | 4,5 | U: 4077 | 2024-12-16 | 1,55 | 2996 | 106 | 299 | 116 | 13,0 | 3,4E-10 | 4,1 | 3,5 | 1,9 | 10,0 | |
| - | 4 | 5,5 | U: 265 | 2024-12-18 | 1,59 | 4596 | 125 | 179 | 127 | 14,9 | 3,3E-10 | 3,3 | 2,7 | 1,3 | 25,7 | |
| - | 4 | 6,0 | U: 9387 | 2024-12-20 | 1,75 | 5001 | 120 | 578 | 128 | 15,7 | 3,8E-10 | 4,1 | 2,4 | 1,3 | 8,7 | |
| - | 5 | 2,5 | U: 9096 | 2025-01-03 | 1,60 | 4476 | 128 | 1081 | 202 | 11,4 | 3,7E-10 | 4,1 | 2,9 | 0,9 | 4,1 | |
| - | 5 | 3,0 | U: 79 | 2025-01-07 | 1,53 | 5268 | 125 | 389 | 148 | 12,3 | 4,8E-10 | 4,0 | 2,4 | 0,8 | 13,5 | |
| - | 5 | 4,0 | U: 9202 | 2025-01-10 | 1,54 | 4091 | 99 | 132 | 100 | 13,5 | 4,9E-10 | 4,3 | 2,4 | 1,2 | 31,0 | |
| - | 5 | 4,5 | U: 1132 | 2025-01-14 | 1,57 | 5279 | 106 | 179 | 116 | 22,7 | 4,3E-10 | 4,0 | 2,0 | 1,1 | 29,5 | |
| - | 6 | 3,5 | U: 9120 | 2025-01-15 | 1,63 | 4861 | 121 | 527 | 135 | 13,6 | 4,8E-10 | 4,6 | 2,5 | 1,1 | 9,2 | |
| - | 6 | 4,0 | U: 2238 | 2025-01-17 | 1,57 | 3585 | 111 | 285 | 114 | 13,2 | 4,6E-10 | 4,5 | 3,1 | 1,5 | 12,6 | |
| - | 6 | 5,0 | U: 4055 | 2025-01-22 | 1,72 | 4878 | 113 | 410 | 119 | 15,8 | 4,6E-10 | 3,9 | 2,3 | 1,2 | 11,9 | |
| - | 6 | 5,5 | U: 4503 | 2025-01-24 | 1,74 | 4300 | 119 | 549 | 134 | 16,5 | 5,4E-10 | 3,9 | 2,8 | 1,4 | 7,8 | |
| - | 7 | 4,0 | U: 625 | 2025-01-27 | 1,63 | 4830 | 119 | 556 | 141 | 13,9 | 3,4E-10 | 3,8 | 2,5 | 1,1 | 8,7 | |
| - | 8 | 4,5 | U: 1 | 2025-01-29 | 1,56 | 2736 | 101 | 251 | 109 | 14,2 | 3,2E-10 | 4,1 | 3,7 | 2,1 | 10,9 | |
| - | 8 | 6,5 | U: 5 | 2025-01-31 | 1,72 | 3306 | 108 | 326 | 111 | 21,1 | 9,2E-10 | 5,7 | 3,3 | 2,1 | 10,1 | |
| - | 9 | 5,0 | U: 10-2456 | 2025-02-07 | 1,58 | 3302 | 94 | 567 | 124 | 12,5 | 2,9E-10 | 4,7 | 2,8 | 1,2 | 5,8 | |
| - | 9 | 6,5 | U: 10-2249 | 2025-02-10 | 1,63 | 3358 | 124 | 721 | 156 | 16,0 | 5,0E-10 | 3,0 | 3,7 | 1,1 | 4,7 | |
| - | 10 | 2,5 | U: 1288 | 2025-02-26 | 1,76 | 3386 | 71 | 364 | 92 | 20,5 | 1,4E-09 | 5,2 | 2,1 | - | 9,3 | |
| - | 11 | 2,5 | U:71 | 2025-03-03 | 1,53 | 2007 | 56 | 325 | 72 | 12,6 | 6,8E-10 | 3,7 | 2,8 | 1,9 | 6,2 | |
| - | 11 | 3,5 | U: 105 | 2025-03-05 | 1,52 | 2410 | 65 | 105 | 67 | 14,1 | 8,5E-10 | 3,9 | 2,7 | 2,0 | 23,0 | |
| - | 11 | 4,5 | U: 89 | 2025-03-10 | 1,61 | 2752 | 81 | 125 | 81 | 17,7 | 6,7E-10 | 4,1 | 2,9 | 2,1 | 22,0 | |
| - | 12 | 4,5 | U: 2453 | 2025-05-14 | 1,49 | 2155 | 68 | 341 | 89 | 12,0 | 4,8E-10 | 3,8 | 3,2 | 1,9 | 6,3 | |
| - | 12 | 6,5 | U: 1023 | 2025-05-16 | 1,48 | 2078 | 71 | 408 | 93 | 10,4 | 3,7E-10 | 3,7 | 3,4 | 2,5 | 5,1 | |
| - | 12 | 8,5 | U: 2062 | 2025-05-19 | 1,48 | 2118 | 70 | 267 | 82 | 11,6 | 4,4E-10 | 3,3 | 3,2 | 2,9 | 7,9 | |
| - | 12 | 15,0 | U: 1869 | 2025-05-21 | 1,57 | 2636 | 92 | 414 | 112 | 13,7 | 3,8E-10 | 4,5 | 3,4 | 3,5 | 6,4 | |
| - | 13 | 10,0 | U: 0528 | 2025-06-23 | 1,74 | 16980 | 394 | 2009 | 490 | 17,6 | 4,4E-10 | 4,1 | 2,3 | 0,4 | 8,5 | |

# 3. Bilaga - Data från CRS 50 mm

## Databas - CRS 45 mm (data)

| Provinformation | | | | | | CRS 50 mm | | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Diarienr. | Provpunkt | Djup (m) | $\varepsilon_{v0}$ (%) | $M_0/M_L$ | Anmärkning | Hylsa nr. | Datum provning | Densitet $\rho$ ($t/m^3$) | $M_0$ (kPa) | $\sigma'_c$ (kPa) | $M_L$ (kPa) | $\sigma'_L$ (kPa) | M' | Permeabilitet (m/s) | $\beta_k$ | $\varepsilon_{c(v)}$ (%) | $\varepsilon_{v0}$ (%) | $M_0/M_L$ | Anmärkning |
| - | 2 | 17,0 | 1,6 | 11,0 | | U: 10-2479 | 2024-10-31 | 1,60 | 2392 | 117 | 277 | 121 | 15,0 | 3,6E-10 | 3,9 | 4,9 | 2,0 | 8,6 | |
| - | 2 | 19,0 | 1,7 | 7,8 | | U: 10-1774 | 2024-10-31 | 1,72 | 3498 | 125 | 753 | 145 | 19,6 | 7,1E-10 | 5,9 | 3,6 | 1,9 | 4,6 | |
| - | 3 | 7,0 | - | 38,7 | | U: 0264 | 2024-11-06 | 1,47 | 1772 | 57 | 116 | 61 | 12,1 | 8,2E-10 | 3,3 | 3,2 | - | 15,3 | |
| - | 3 | 9,0 | - | 27,7 | | U: 1050 | 2024-11-06 | 1,54 | 2304 | 70 | 125 | 73 | 13,6 | 7,1E-10 | 3,1 | 3,1 | - | 18,4 | |
| - | 3 | 10,0 | 0,8 | 14,5 | | U: 10-0753 | 2024-11-06 | 1,68 | 1740 | 79 | 308 | 87 | 16,6 | 7,1E-10 | 5,5 | 4,5 | 1,2 | 5,6 | |
| - | 3 | 12,0 | 1,5 | 6,6 | | U: 10-0828 | 2024-11-06 | 1,55 | 1469 | 86 | 283 | 99 | 14,4 | 3,7E-10 | 3,9 | 5,9 | 2,4 | 5,2 | |
| - | 3 | 14,0 | 1,5 | 7,8 | | U: 10-2458 | 2024-11-08 | 1,64 | 2341 | 95 | 471 | 116 | 16,7 | 6,9E-10 | 4,0 | 4,1 | 2,0 | 5,0 | |
| - | 4 | 4,0 | - | 5,5 | | U: 9640 | 2024-12-06 | 1,56 | 2488 | 87 | 466 | 116 | 13,1 | 4,5E-10 | 3,8 | 3,5 | - | 5,3 | |
| - | 4 | 4,5 | 1,9 | 10,0 | | U: 4077 | 2024-11-20 | 1,56 | 2641 | 100 | 351 | 119 | 13,7 | 4,1E-10 | 4,0 | 3,8 | 2,2 | 7,5 | |
| - | 4 | 5,5 | 1,3 | 25,7 | | U: 265 | 2024-11-20 | 1,58 | 3549 | 119 | 168 | 122 | 16,2 | 4,6E-10 | 3,9 | 3,3 | 1,7 | 21,1 | |
| - | 4 | 6,0 | 1,3 | 8,7 | | U: 9387 | 2024-11-20 | 1,74 | 3489 | 111 | 732 | 133 | 16,2 | 4,7E-10 | 4,5 | 3,2 | 1,7 | 4,8 | |
| - | 5 | 2,5 | 0,9 | 4,1 | | U: 9096 | 2024-11-22 | 1,59 | 3297 | 124 | 1025 | 206 | 12,9 | 6,4E-10 | 4,7 | 3,8 | 1,0 | 3,2 | |
| - | 5 | 3,0 | 0,8 | 13,5 | | U: 79 | 2024-11-22 | 1,53 | 3861 | 121 | 568 | 157 | 11,8 | 4,9E-10 | 4,3 | 3,1 | 1,1 | 6,8 | |
| - | 5 | 4,0 | 1,2 | 31,0 | | U: 9202 | 2024-11-22 | 1,54 | 2707 | 85 | 329 | 99 | 12,0 | 4,8E-10 | 4,5 | 3,1 | 1,9 | 8,2 | |
| - | 5 | 4,5 | 1,1 | 29,5 | | U: 1132 | 2024-11-22 | 1,57 | 2847 | 93 | 344 | 112 | 13,5 | 3,8E-10 | 4,1 | 3,3 | 1,8 | 8,3 | |
| - | 6 | 3,5 | 1,1 | 9,2 | | U: 9120 | 2024-11-25 | 1,63 | 3204 | 114 | 796 | 147 | 12,3 | 4,9E-10 | 4,4 | 3,6 | 1,6 | 4,0 | |
| - | 6 | 4,0 | 1,5 | 12,6 | | U: 2238 | 2024-11-25 | 1,58 | 3271 | 108 | 414 | 126 | 13,9 | 3,9E-10 | 4,1 | 3,3 | 1,7 | 7,9 | |
| - | 6 | 5,0 | 1,2 | 11,9 | | U: 4055 | 2024-11-25 | 1,73 | 3520 | 112 | 566 | 129 | 16,4 | 4,7E-10 | 4,1 | 3,2 | 1,6 | 6,2 | |
| - | 6 | 5,5 | 1,4 | 7,8 | | U: 4503 | 2024-11-25 | 1,75 | 3189 | 110 | 655 | 133 | 18,8 | 6,3E-10 | 4,8 | 3,5 | 1,8 | 4,9 | |
| - | 7 | 4,0 | 1,1 | 8,7 | | U: 625 | 2024-11-27 | 1,63 | 3877 | 121 | 605 | 145 | 13,7 | 3,4E-10 | 3,6 | 3,1 | 1,4 | 6,4 | |
| - | 8 | 4,5 | 2,1 | 10,9 | | U: 1 | 2025-01-07 | 1,57 | 2144 | 93 | 292 | 104 | 13,7 | 3,3E-10 | 3,8 | 4,3 | 2,7 | 7,3 | |
| - | 8 | 6,5 | 2,1 | 10,1 | | U: 5 | 2025-01-10 | 1,66 | 2711 | 104 | 363 | 121 | 20,1 | 7,9E-10 | 5,2 | 3,9 | 2,6 | 7,5 | |
| - | 9 | 5,0 | 1,2 | 5,8 | | U: 10-2456 | 2025-01-27 | 1,57 | 2698 | 98 | 592 | 134 | 12,4 | 2,4E-10 | 4,1 | 3,6 | 1,3 | 4,6 | |
| - | 9 | 6,5 | 1,1 | 4,7 | | U: 10-2249 | 2025-01-27 | 1,64 | 2790 | 111 | 717 | 150 | 14,4 | 3,4E-10 | 2,6 | 4,0 | 1,4 | 3,9 | |
| - | 10 | 2,5 | - | 9,3 | | U: 1288 | 2025-02-07 | 1,76 | 1352 | 53 | 499 | 74 | 19,1 | 1,7E-09 | 4,8 | 3,9 | - | 2,7 | |
| - | 11 | 2,5 | 1,9 | 6,2 | | U:71 | 2025-03-03 | 1,53 | 1982 | 59 | 338 | 75 | 11,6 | 5,6E-10 | 3,7 | 3,0 | 2,1 | 5,9 | |
| - | 11 | 3,5 | 2,0 | 23,0 | | U: 105 | 2025-03-03 | 1,54 | 2106 | 66 | 207 | 77 | 14,9 | 5,6E-10 | 3,7 | 3,1 | 2,5 | 10,2 | |
| - | 11 | 4,5 | 2,1 | 22,0 | | U: 89 | 2025-03-03 | 1,56 | 2333 | 70 | 293 | 91 | 14,1 | 5,3E-10 | 3,6 | 3,0 | 2,4 | 8,0 | |
| - | 12 | 4,5 | 1,9 | 6,3 | | U: 2453 | 2025-05-05 | 1,50 | 1673 | 62 | 420 | 83 | 10,0 | 3,8E-10 | 3,2 | 3,7 | 2,4 | 4,0 | |
| - | 12 | 6,5 | 2,5 | 5,1 | | U: 1023 | 2025-05-05 | 1,50 | 1925 | 71 | 412 | 91 | 11,9 | 3,6E-10 | 3,7 | 3,5 | 2,5 | 4,7 | |
| - | 12 | 8,5 | 2,9 | 7,9 | | U: 2062 | 2025-05-05 | 1,49 | 1755 | 61 | 359 | 79 | 9,9 | 4,1E-10 | 3,2 | 3,5 | 3,5 | 4,9 | |
| - | 12 | 15,0 | 3,5 | 6,4 | | U: 1869 | 2025-05-05 | 1,56 | 1912 | 90 | 437 | 103 | 12,9 | 2,8E-10 | 4,0 | 4,7 | 5,4 | 4,4 | |
| - | 13 | 10,0 | 0,4 | 8,5 | | U: 0528 | 2025-05-23 | 1,76 | 10710 | 360 | 2323 | 461 | 16,7 | 4,0E-10 | 3,2 | 3,4 | 0,7 | 4,6 | |

STATENS
GEOTEKNISKA
INSTITUT

**Statens geotekniska institut**

581 93 Linköping

www.sgi.se

E post: sgi@sgi.se

Växeln: 013–20 18 00