

# Fritt glimmers innvirkning på asfaltens egenskaper

**Pernille Sælen**

Bygg- og miljøteknikk

Innlevert: Juni 2012

Hovedveileder: Helge Mork, BAT

Medveileder: Nils Uthus, Statens vegvesen  
Arnhild Ulvik, Statens vegvesen

Norges teknisk-naturvitenskapelige universitet  
Institutt for bygg, anlegg og transport





Oppgavens tittel:	Dato: 26. jun. 2012		
Fritt glimmers innvirkning på asfaltens egenskaper	Antall sider (inkl. bilag): 104		
	Masteroppgave	X	Prosjektoppgave
Navn:			
Pernille Sælen			
Faglærer/veileder:			
Helge Mork			
Eventuelle eksterne faglige kontakter/veiledere:			
Nils Uthus, Arnhild Ulvik			

Ekstrakt:
<p>Første del er et litteraturstudie for å redegjøre for hvilke egenskaper og parametere glimmer i finfraksjonene har en dokumentert effekt på. Ut i fra tilgjengelig rapporter og studier er det funnet at andel luftfylte hulrom, strekkfasthet, resilientmodul, marshallflyt og –stabilitet, nedsatt evne til å motstå fryse- og tineprosesser og motstand mot slitasje, er parametere som har blitt testet og funnet påvirkelig av glimmer i tilslaget. I følge tidligere undersøkelser øker hulrommet, mens styrkeparametere som strekkfasthet og marshallstabilitet går ned med økende glimmerinnhold.</p> <p>Andre del er et case-studie av Fv890, som er en veg hvor kvaliteten på dekket har vært overaskende dårlig. Det var mistenkt at høyt glimmerinnhold var årsaken til dette og det var derfor tatt ut boreprøver og utført en rekke analyser for å kartlegge egenskapene til asfalten og eventuelt avsløre hva som var årsaken til den korte levetiden til asfaltdekket. Hulromsandelen ble undersøkt og det ble utført ekstraksjon og derav ble det utarbeidet en kornkurve. I tillegg ble det foretatt en glimmertelling på 0,125 – 0,250 fraksjonen på tilslaget som ble ekstrahert. Det ble også laget tynnslip av noen av borekjernene som ble tatt ut og disse ble undersøkt i mikroskop. Tidligere analyser har fastslått at det var høyt hulrominnhold og høy finstoffandel. Forsøkene som ble utført på borekjernene bekreftet dette og viste også at glimmeret til en viss grad økte med hulrommet. Det ble imidlertid konkludert med at det i hovedsak var høyt finstoffinnhold som var problemet. Selv om en korn telling av glimmerkornene viste at glimmerinnholdet bare var maksimalt 30 % (volumandel), fører kombinasjonen med høyt finstoffinnhold til høyt hulrominnhold til lav kvalitet på dekket.</p> <p>I tredje del er det gjort forsøk på marshallklosser av Ma11 asfalt med varierende innhold av egenfiller og glimmerkonsentrat for å identifisere konsekvensene av høyt glimmerinnhold i asfalttilslaget. Forsøkene som ble utført var måling av luftfylte hulrom, indirekte strekktest og marshalltest. En kunne se en indikasjon på at glimmer kan øke hulrommet og minske strekkfastheten, men datagrunnlaget og differansen var for liten til at det kunne trekkes en konklusjon.</p>

#### Stikkord

1. Glimmer
2. Asfalt
3. Filler
4. Mykasfalt

## Forord

Denne rapporten er gjennomført våren 2012 og er et resultat av masteroppgaven "Fritt glimmers innvirkning på asfaltens egenskaper", gitt ved Institutt for bygg, anlegg og transport ved Norges Teknisk-Naturvitenskapelige Universitet (NTNU).

I forbindelse med denne masteroppgaven ønsker jeg å rette en spesielt stor takk til mine veiledere fra Statens vegvesen, Nils Uthus og Arnhild Ulvik og min veileder fra NTNU, Helge Mork, for all deres hjelp, veiledning og tålmodighet. I tillegg ønsker jeg å rette en stor takk til Einar Aasprong og Wenche Hovin for uvurderlig assistanse og veiledning gjennom forsøkene som har vært utført, og Brynhild Snilsberg for gode innspill og forslag gjennom hele arbeidet.

Takk til Carlos Encinas, Parick Muraya, Sara Anastasio fra NTNU og alle ansatte på Statens vegvesens regionslaboratorium i Trondheim for veiledning og hjelp på laboratoriet. Jeg ønsker også å takke Erik Larsen på Geologisk institutt på NTNU for produksjon av glimmerkonsentrat.

I tillegg vil jeg takke Svein Olerud i Quartz corp, for å være behjelpelig med å skaffe glimmer.



Pernille Sælen



## Sammendrag

Tilfeller har oppstått hvor asfaltdekker med glimmerrikt tilslag har fått skader etter kort tid. Denne oppgavens formål er å belyse problemer og konsekvenser av høyt glimmerinnhold i fillerfraksjonen i tilslaget brukt i asfalt.

Første del er et litteraturstudie for å redegjøre for hvilke egenskaper og parametere glimmer i finfraksjonene har en dokumentert effekt på. Ut i fra tilgjengelig rapporter og studier er det funnet at andel luftfylte hulrom, strekkfasthet, resilientmodul, marshallflyt og -stabilitet, nedsatt evne til å motstå fryse- og tineprosesser og motstand mot slitasje, er parametere som har blitt testet og funnet påvirkelig av glimmer i tilslaget. I følge tidligere undersøkelser øker hulrommet, mens styrkeparametere som strekkfasthet og marshallstabilitet går ned med økende glimmerinnhold.

Andre del er et case-studie av Fv890, som er en veg hvor kvaliteten på dekket har vært overaskende dårlig. Det var mistanke om at høyt glimmerinnhold var årsaken til dette og det var derfor tatt ut boreprøver og utført en rekke analyser for å kartlegge egenskapene til asfalten og eventuelt avsløre hva som var årsaken til den korte levetiden til asfaltdekket. Hulromsandelen ble undersøkt og det ble utført ekstraksjon og derav ble det utarbeidet en kornkurve. I tillegg ble det foretatt en glimmertelling på 0,125 – 0,250 fraksjonen på tilslaget som ble ekstrahert. Det ble også laget tynnslip av noen av borekjernene som ble tatt ut og disse ble undersøkt i mikroskop. Tidligere analyser har fastslått at det var høyt hulrominnhold og høy finstoffandel. Forsøkene som ble utført på borekjernene bekreftet dette og viste også at glimmeret til en viss grad økte med hulrommet. Det ble imidlertid konkludert med at det i hovedsak var høyt finstoffinnhold som var problemet. På bildene fra tynnslipet kunne man se små lommer av finstoff. Bindemiddelet lå rundt alle de minste kornene, og den spesifikke overflaten til materialet var derfor for stor til at bindemiddelet tilstrekkelig kunne dekke overflaten til tilslaget. Det antas at den negative effekten av glimmer ble forsterket av det høye finstoffinnholdet. Selv om en korn telling av glimmerkornene viste at glimmerinnholdet bare var maksimalt 30 % (volumandel), fører kombinasjonen med høyt finstoffinnhold til høyt hulrominnhold og dermed til lav kvalitet på dekket. Ettersom glimmer i utgangspunktet har høy spesifikk overflate, så virker det rimelig at et høyt finstoffinnhold forsterker denne effekten ytterligere.

I tredje del er det gjort forsøk på marshallklosser av Ma11 asfalt med varierende innhold av egenfiller og glimmerkonsentrat for å identifisere konsekvensene av høyt glimmerinnhold i asfalttilslaget. Forsøkene som ble utført var måling av luftfylte hulrom, indirekte strekktest og marshalltest. En kunne se en indikasjon på at glimmer kan øke hulrommet og minske strekkfastheten, men datagrunnlaget og differansen var for liten til at det kunne trekkes en konklusjon.

## Abstract

Incidences have occurred where asphalt with a high mica content in its aggregate has suffered from damage and rapid aging after just a short while. This study aims to highlight problems and consequences of high mica content the fines in the aggregate used in asphalt.

The first part is a literature review better to understand which parameters and qualities in the asphalt that is most affected by an increase in mica content in the filler aggregates. Based on available reports and studies, it appears that the proportion of air-filled voids, tensile strength, resilient modulus, Marshall flow and stability, reduced ability to resist freezing and thawing processes and resistance to wear are the parameters that have been tested and found to be highly susceptible of mica in the aggregate. According to previous studies the void increases, while the strength parameters such as tensile strength and marshal stability decreases with increasing mica content.

The second part is a case-study of county road 890 a road where the pavement quality has turn out to be surprisingly poor. High mica content was suspected to be the cause, and therefore core samples were taken from the pavement and studied. A series of analyzes was performed to determine the properties of the asphalt and eventually reveal the cause of the short life span. The void ratio was investigated and an extraction of the binder was performed and the grain size distribution was identified. In addition the mica content in the extracted aggregates was determined by particle counting in the fraction 0,125 – 0,250 mm. Thin sections from the drill cores was also prepared and investigated. Previous analyzes of the asphalt used on county road 890 have determined that there was a high void ratio and a high proportion of fines. The experiments carried out on drill cores confirmed this, and also showed that the mica to a certain extent increased when the void content increased. However, the conclusion reached is that it was mainly high fines that were the cause of the problem and photographs of the thin sections showed small “pockets” of fines. Binder covered all the small grains and the surface was therefore too large for the binder to cover as much of the aggregate surface as necessary. It is believed that the negative effect of mica was reinforced by the high fines. Even if a particle count showed that the mica content was only maximum 30% (volume ratio), the combination of high fines to high void leads to low quality of the pavement. As the mica initially have high specific surface, it seems reasonable that a high amount of fines reinforces this effect.

In the third part experiments was carried out on specimens prepared after the marshal method where the filler was substituted with different mica concentrations with a varying ratio. This was done identify the consequences of a high mica content the asphalt aggregate. The experiments that were carried out were measurements of air-filled voids, indirect tensile test and Marshall test. Some of the test results indicated that mica can increase the void content and decrease the tensile strength, but the amount of data and the difference between the samples with and without mica was too small to draw any conclusion.

## Innhold

Forord.....	i
Sammendrag.....	iii
Abstract.....	iv
Innhold.....	v
Tabelliste.....	vii
Figurliste.....	viii
1. Innledning.....	1
1.1. Generelt om glimmer.....	1
1.2. Om oppgaven.....	1
2. Asfaltegenskaper som påvirkes av glimmer i finfraksjonen.....	3
2.1. Økning i tilslagets finstoffandel.....	3
2.2. Hulrom.....	3
2.3. Strekkfasthet og resilientmodul.....	4
2.4. Marshallflyt og -stabilitet.....	5
2.5. Nedsatt evne til å motstå fryse- og tineprosesser.....	5
2.6. Motstand mot slitasje.....	6
3. Del II: Analyse av prøver fra Fv890 i Finnmark.....	7
3.1. Tidligere analyser.....	7
3.2. Metoder og materialer - Boreprøver fra Fv890.....	7
Oversikt over prøvene.....	8
3.3. Mikroskopering av tynnslip.....	8
3.4. Hulrom og densitetsmålinger.....	9
Beregning av densitet ved hjelp Hydrostatisk overflatetørr-metoden.....	9
Maksimum densitet.....	10
Hulrom.....	11
3.5. Ekstraksjon.....	11
Gjenvinning av bindemiddelet.....	13
Viskositet.....	13
3.6. Metode for bestemmelse av glimmerinnhold - korntelling.....	13
3.7. Resultater av analyser på boreprøver fra Fv890.....	14



Mikroskopering av tynnslip .....	14
Densitet og hulrom.....	15
Ekstraksjon.....	16
Viskositet.....	18
Metode for bestemmelse av glimmerinnhold – korntelling.....	19
3.8. Diskusjon av analyser på boreprøver fra Fv890 .....	20
4. Del II: Glimmer i finfraksjonen påvirkning på asfaltens egenskaper – Laboratorieforsøk.....	23
4.1. Materialer - Laboratorieforsøk.....	23
Tilslag.....	23
Glimmer.....	23
Bindemiddel.....	24
Asfaltprøvene.....	25
4.2. Metoder – Laboratorieforsøk.....	26
Marshallflyt og –stabilitet.....	26
Indirect tensile test .....	27
4.3. Resultater av laboratorieforsøk.....	28
Volum .....	28
Hulrom.....	29
Indirekte strekktest .....	30
Marshallflyt og –stabilitet.....	31
4.4. Diskusjon - Laboratorieforsøk .....	33
5. Konklusjon .....	35
6. Veien videre.....	37
Referanser .....	38

Bilag

Vedlegg

## Tabelliste

Tabell 1 Asfaltprøvene hentet fra Fv890 .....	8
Tabell 2 Resultat av hulromsmåling ved hjelp av fotoanalyse.....	14
Tabell 3 Hulromsprosent i asfaltprøver fra Fv890 .....	16
Tabell 4 Bindemiddelinnhold i prøvene 1,1 - 8,1.....	16
Tabell 5 Oversikt over de fire første prøvene uten glimmer og med et bindemiddelinnhold fra 4,1 til 4,9.....	25
Tabell 6 Oversikt over prøvene med 4.1 og 4.55 % bindemiddelinnhold og varierende glimmermengde (laget med 75 slag).....	25
Tabell 7 Oversikt over prøvene laget med 50 slag. Laget med varierende innhold glimmer, tre med biotitt og to med muskovitt.....	26
Tabell 8 Hulrom i prøver med muskovitt og biotitt, laget med 50 slag.....	29

## Figurliste

Figur 1 Volumforskjell på 100 g filler fra Skaarlunda (65 % feltspat 25 % kvarts 10 % glimmer) og 200 g glimmer (kinesisk muskovitt) (Hakim og Said, 2003) .....	3
Figur 2 Effekten av hulrom på herdingen av bitumen (Read og Whiteoak, 2003) .....	4
Figur 3 Stabilitet og flyt (Statens vegvesen, 2010).....	5
Figur 4 Oversikt over antallet målinger med en viss hulromverdi .....	7
Figur 5 Pyknometer med undertrykk påført av en vannstrålepumpe .....	10
Figur 6 (t.v.) Ekstraksjonskøye og ekstraksjonssylinder .....	12
Figur 7 (t.h.) Bindemiddel oppløst i metylenklorid som tømmes ut.....	12
Figur 8 (t.h.) 0,125 - 0,250 mm-fraksjonen av det ekstraherte tilslaget.....	13
Figur 9 Bilde av tynnslip (Sintef, 2012) .....	14
Figur 10 Bilde av tynnslip .....	15
Figur 11 Siktekurve for prøve 1,1 til 3,3 .....	17
Figur 12 Siktekurve for prøve 4,1 til 6,3 .....	17
Figur 13 Siktekurve for prøve 7,1 til 8,1 .....	18
Figur 14 Aldring av bitumen (Read og Whiteoak, 2003).....	19
Figur 15 Hulrom mot glimmerandel .....	19
Figur 16 Mineralkorn fra 0,125 -0,250 mm fraksjonen .....	20
Figur 17 Hulromsprosent i følge hydrostatisk overflatetørr- metoden og fotoanalyse ...	21
Figur 18 Magnetseparator på Geologisk institutt på NTNU .....	24
Figur 19 Test av marshallstabilitet og -flyt.....	27
Figur 20 Indirekte strekktest.....	27
Figur 21 100 g egenfiller (t.v.) av tilslag fra Vassfjellet sammenlignet med 100 g glimmerkonsentrat (t.h.) (ca. 80 % glimmer) .....	28
Figur 22 92 g egenfiller (t.h.) av tilslag fra Vassfjellet sammenlignet med 92 g muskovittkonsentrat (t.v.).....	28
Figur 23 Hulrom sammenlignet med glimmerandel i prøver med muskovitt og biotitt, laget med 50 slag.....	29
Figur 24 Hulrom i prøvene som ble laget med 75 slag sammenlignet med andel glimmerkonsentrat .....	29
Figur 25 Strekkfasthet som sammenlignet med andel glimmerkonsentrat for prøvene laget med 50 slag.....	30
Figur 26 Strekkfasthet som sammenlignet med andel glimmerkonsentrat for prøvene laget med 75 slag.....	31
Figur 27 Marshallstabilitet som en funksjon av andel glimmerkonsentrat .....	31
Figur 28 Marshallflyt som en funksjon av andel glimmerkonsentrat.....	32

# 1. Innledning

## 1.1. Generelt om glimmer

Glimmermineraler, som regel muskovitt og biotitt, opptrer ofte i bergarter som gneis, granitt, skifer og fyllitter og er svært vanlige mineraler i norsk berggrunn. Glimmer er svake mineraler og har i tillegg høy spesifikk overflate, noe som gjør at glimmerrikt filler kan absorbere relativt mye væske. Dette kan bli et problem både fordi asfaltmassen kan bli for tørr og fordi for mye vann kan absorberes etter asfalten er lagt og utsette dekket for påkjenninger i form av fryse- og tineprosesser. Fordi det er så svakt ser det ut som om mengden frie glimmerkorn anrikes i de mindre fraksjonene under knusing, ettersom at det er disse kornene som spaltes først. (Loorents et al., 2007). Det har vist seg at noen veger med glimmerrikt tilslag har fått skader i dekket etter kort tid. Eksempler som kan nevnes der glimmer har forårsaket dårlig kvalitet på dekket er Gardermoen flyplass etter åpningen i 1998 (Andersen og Telle, 2010), E4 og E12 i Västerbotten i Sverige (Brodin, 2008), og muligens flyplasser i Finland som led av steinslipp vinteren 2001 (Starck og Löfgren, 2007). Glimmer kan øke andelen luftfylte hulrom i dekket (Mesch et al., 1982, Miskovsky, 2004). For høy hulromsprosent kan føre til raskere aldring, utmatting og redusert levetid på dekket fordi luft kommer til en større andel av asfalten og bidrar til oksidasjon av bindemiddelet.

## 1.2. Om oppgaven

Denne oppgavens formål er å belyse problemer og konsekvenser av høyt glimmerinnhold i fillerfraksjonen i tilslaget brukt i asfalt. Asfalttypen som er undersøkt er mykasfalt, som er en asfalttype som er vanlig å bruke på mindre trafikkerte veger med en årsdøgntrafikk (ÅDT) som er mindre enn 3000. Et dekke av mykasfalt sin evne til å forme seg etter setninger og telehiv gjør det spesielt egnet på steder med kalde vintre. (Nordal et al., 1991)

Første del er et litteraturstudie på glimmers påvirkning på asfalt. Dette er gjort for å danne et grunnlag for å vurdere hvilke av asfaltens egenskaper som blir mest påvirket av glimmerrikt tilslag.

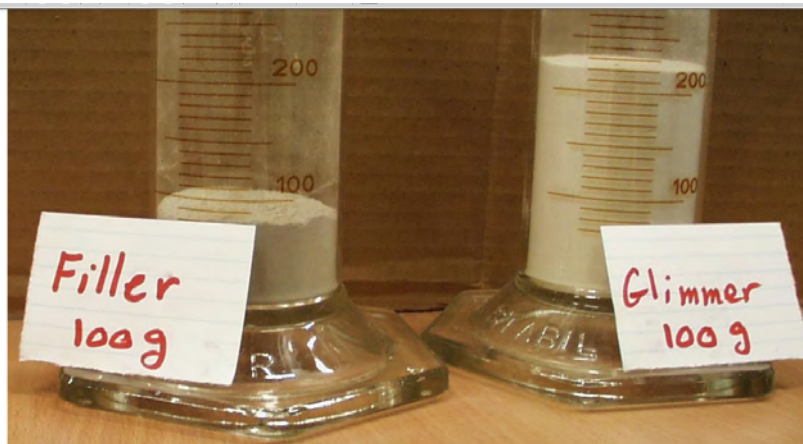
Andre del er et case-studie av Fv890 som har hatt problemer med altfor høyt hulrom, steinslipp, oppsprekking og dårlig vedheft. Det mistenkes at høyt glimmerinnhold i tilslaget kan være deler av årsaken til problemene. Det har blitt tatt boreprøver fra forskjellige deler av strekningen og det er utført forsøk for å finne hulrommet, kornkurve og glimmerinnhold for å få en forståelse av hvorfor problemene har oppstått. Disse analysene skal, sammen med tidligere utførte analyser, gjøre det mulig å vurdere glimmerinnholdets betydning for dekkets levetid.

I tredje del er det gjort forsøk på marshallklosser av Ma11 asfalt med varierende innhold av egenfiller der glimmeret er oppkonsentrert til ca. 80 % glimmerinnhold, for å øke forståelsen og kartlegge konsekvensene av høyt glimmerinnhold i asfalttilslaget.

## 2. Asfaltegenskaper som påvirkes av glimmer i finfraksjonen

### 2.1. Økning i tilslagetets finstoffandel

Glimmermineraler er sjiktsilikater som lett lar seg spalte til tynne flak. De har derfor en tynn og flisete kornform som gir en stor spesifikk overflate. Dette gjør at en viss masse med glimmerrikt finstoff vil ha mye større volum en tilsvarende masse med glimmerfattig tilslag. Hakim og Said (2003) viste at egenfilleret som hadde en korndensitet på  $2,648 \text{ g/cm}^3$  utgjorde en volumprosent på 32,2, mens glimmer med en korndensitet på  $2,845 \text{ g/cm}^3$  utgjorde en volumprosent på 73,2. Dette gjør at når det brukes glimmerrikt tilslag må det enten brukes mindre filler eller mer bindemiddel i asfalten for å oppnå en tilfredsstillende hulromsprosent i asfalten.



Figur 1 Volumforskjell på 100 g filler fra Skärlunda (65 % feltspat 25 % kvarts 10 % glimmer) og 100 g glimmer (kinesisk muskovitt) (Hakim og Said, 2003)

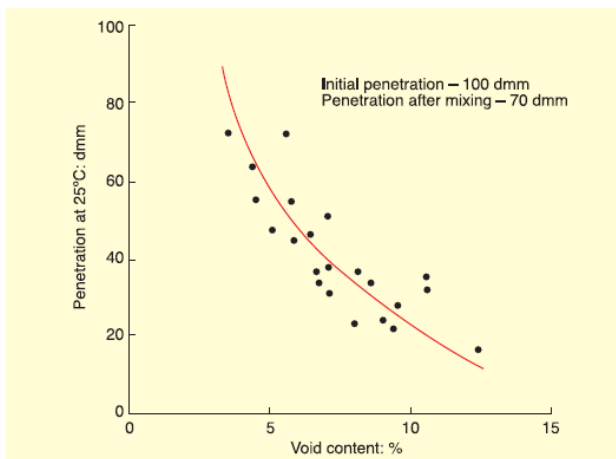
### 2.2. Hulrom

Noe av det mest karakteristiske ved asfaltblandinger med en høy andel av frie glimmerkorn er at hulrominnholdet kan være svært høyt. Glimmerforekomster kan variere innenfor et masseuttak. Dette kan være problematisk dersom en utfører marshallproporsjonering for å finne optimalt bindemiddel med materiale uten høyt glimmerinnhold, men senere bruker materiale med høyt glimmerinnhold.

Mesch et al. (1982) påviste en tydelig økning i hulrommet ved økt glimmerinnhold i materialet. Hulrommet til en prøve uten glimmer, ble målt til 1,06 %, mens ved et glimmerinnhold på 7,5 vekt% ble hulrommet målt til 16,88 %.

Miskovsky (2004) kom fram til omtrent samme resultater i et lignende forsøk. Her økte også hulrommet fra under 1 % til over 13 %, når glimmerinnholdet økte fra 0 til 7,5 vekt%.

Høyt hulrom er et problem fordi vann vil lettere renne ned i dekket, som er et stort problem på vinterstid når vann fryser og utvider seg. Dette fører til større sporslitasje og dermed også raskere utmatting og redusert levetid på dekket (Muraya, 2009). I tillegg vil et høyt hulromsinnhold tillate luft å komme til en større andel av asfalten og bidra til oksidasjon av bindemiddelet på overflaten. Dermed øker hastigheten til herdingen og aldringen av asfalten. (Read og Whiteoak, 2003). Figur 2 illustrerer oksidasjonshastigheten hvor penetrasjon og mykningspunkt er målt på gjenvunnet bitumen både fra asfaltbetong som løs masse og som dekke som har lagt i et visst antall år.



Figur 2 Effekten av hulrom på herdingen av bitumen (Read og Whiteoak, 2003)

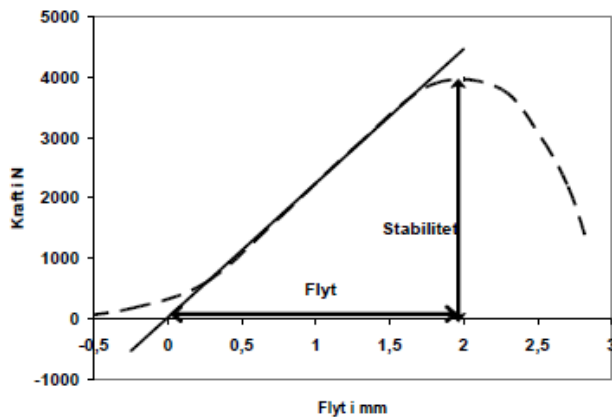
### 2.3. Strekkfasthet og resilientmodul

Resilientmodulen, strekkfasthet og indirekte strekkfasthet er en av de viktigste parameterne når det gjelder asfaltens egenskaper. Disse kan brukes som et mål på styrken til asfalten. Indirekte strekkfasthet kan også brukes i ytelsesprediksjonsmodeller, for eksempel Superpave. Det kan også forutsi lavtemperatur termisk potensial for sprekking og middels temperatur utmattingssprekkingspotensial for asfalten i overbygningen.

Miskovsky (2004) viste at strekkfastheten gikk fra 2400 kPa i asfaltprøver uten tilsatt glimmer, til 625 kPa i prøver med et glimmerinnhold på 7,5 vekt%. Mesch et al. (1982) har utført indirekte strekkforsøk på asfaltbetongprøver med varierende glimmerinnhold. Her kunne man observere nedsatt strekkfasthet i glimmerrik asfalt. Spesielt forskjellen i strekkfastheten for våt og tørr asfalt, økte med glimmerinnholdet. I glimmerfri asfaltbetong var forskjellen i strekkfasthet for tørr og våt asfalt på 3 %, mens med et glimmerinnhold på 4,2 % var forskjellen i strekkfasthet på tørr og våt asfalt hele 45 %.

## 2.4. Marshallflyt og -stabilitet

Marshallstabilitet og -flyt er egenskaper definert av Marshallmetoden, som er en metode for å finne optimalt bindemiddelinhold og den asfaltettheten som er best mulig tilpasset den tiltenkte trafikkmengden. Under en marshalltest blir et prøvestykke påført last slik at man oppnår en konstant deformasjonshastighet. Den maksimale kraften som kan påføres før materiale går til brudd er kalt marshallstabiliteten. Marshallflyten er deformasjonen målt fra initiering av brudd. Stabilitet og flyt er vist i Figur 3.



Figur 3 Stabilitet og flyt (Statens vegvesen, 2010)

Miskovsky (2004) har påvist dårligere marshallstabilitet ved økende andel glimmer i tilslaget. Her ble det vist at marshallstabiliteten minket ved økende andel glimmer, mens marshallflyten økte. Marshallstabilitet gikk fra 10,1 kN i en prøve uten glimmer til 2 kN ved 5 vekt% glimmer. Marshallflyten lå på 3,2 mm både for referanseprøven og for prøven med 2,5 vekt% glimmer. Derfra var det en konstant stigning til 6,2 mm for prøven med 7,5 vekt% glimmer. Disse faktorene understreker den negative innflytelse av fri glimmer på kvaliteten av bituminøse blandinger.

## 2.5. Nedsatt evne til å motstå fryse- og tineprosesser

Finstoff av glimmer har som nevnt før stor spesifikk overflate og suger derfor til seg fuktighet. Dette er ikke bare et problem fordi det suger til seg så mye av bindemiddelet, men fordi det har en større evne til å absorbere og holde på vann. Tilslag med 30 - 40 volum% glimmer kan absorbere 20 - 30 % mer vann enn glimmerfattig materiale. Dette gjør, som nevnt ovenfor, at asfaltdekker med slikt tilslag blir mer utsatt for frostsprengning (Bäckström og Andersson, 2007).

Hakim og Said (2003) viste at det er en betydelig reduksjon av stivhetsmodul i prøvekopper med asfalt med høyt glimmerinnhold etter tine-og-fryse-prosesser. Forholdet mellom stivhetsmodulen til forbehandlede prøver og uberørte prøver gikk fra 67 % i referansematerialet med 0 vekt% glimmerinnhold til 34 % med 4 vekt% glimmerinnhold.



## 2.6. Motstand mot slitasje

Slitasje på vegene er et stort problem i Norge og andre land der det er utstrakt bruk av piggdekk, fordi det ofte fører til stor spordybde. Om glimmer har noen nevneverdig innvirkning på asfaltens evne til å motstå slitasje er usikkert. Mesch et al. (1982) testet glimmerrikt tilslag med Trøger-testen. Det går ut på at 52 stålnåler, som er 2 mm i diameter, hamrer en asfaltprøve. Dette simulerer skrapingen og slitasjen piggdekk påfører dekket. Testen indikerte at glimmerinnhold hadde negativ innvirkning på slitasjemotstanden til asfalten, men trenden var ikke like tydelig som ved de andre testene.

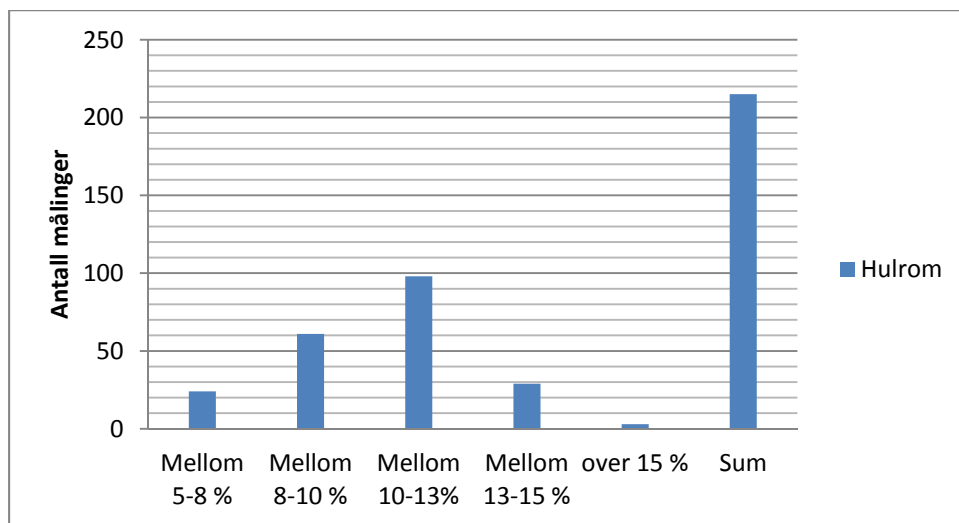
### 3. Del II: Analyse av prøver fra Fv890 i Finnmark

I 2008 ble strekningen Gednje – Kongsfjord – Berlevåg på Fv890 asfaltert. Asfalten hadde et altfor stort hulrom og i tillegg sprakk den når den ble komprimert med vibrasjon eller oscillasjon. Asfalten som var brukt var for det meste Ma 11, men det var også lagt Agb 11 på strekningen.

#### 3.1. Tidligere analyser

Det har tidligere blitt utført en XRD-analyse av NTNU. Her ble glimmerinnholdet bestemt til å være 16 vekt% i 0-4 fraksjonen og 15 vekt% i 0-8 fraksjonen.

Det er gjort ca. 215 målinger av hulrommet i dekket, for det meste isotopmålinger. Gjennomsnittet av målingene lå på 11 %, som er 2 % over toleransekravet i håndbok 018 (Statens vegvesen, 2011) for enkeltprøver tatt fra Ma-dekket på veg. Høyeste målte hulrom var 18% i Ma-dekket og 19,6 % i Agb-dekket. Laveste målte verdi var 5, 2 % i Ma-dekket og 6,1 % i Agb-dekket. Hele 85 % av alle prøvene som ble tatt i Ma-dekket viste et hulrom over toleransegrensen og ca. 40 % lå over toleransegrensen i Agb-dekket (8 % for Agb). Figur 4 viser at hulrom mellom 10 og 13 % var mest vanlig. I tillegg ble det tatt stikkprøver hvor kornkurven ble kontrollert. Her kom det fram at andelen finstoff som regel lå opptil eller over maksimalkravet for andel materiale <0,063 mm.



Figur 4 Oversikt over antallet målinger med en viss hulromverdi.

#### 3.2. Metoder og materialer - Boreprøver fra Fv890

Det har blitt foretatt en befaring til Finnmark september 2011 for å undersøke det to år gamle dekket på Fv890. Befaringen ble foretatt av utsendte fra Statens vegvesen og undertegnede fordi det var tatt mistanke om at tilslaget hadde svært høyt glimmerinnhold. Asfaltmassen hadde for stort hulrom, og bar preg av steinslipp og dårlig vedheft. Det ble derfor tatt ut boreprøver, i tillegg til at det ble tatt prøver fra grusuttaket på Veidnes. Asfaltprøvene ble tatt fra steder på strekningen hvor dekket var i synlig dårlig forfatning. Det ble hentet ut to borekjerne fra hvert punkt.

Dekkelaget ble sagd av borekjernen for videre undersøkelse. Dekketykkelsen varierte fra 14 cm til 33 cm. Den ene boreprøven fra hvert punkt ble sendt til Pelcon i Danmark for å få laget tynnslip av, mens den andre ble undersøkt i regionslaboratoriet til Statens vegvesen Region Midt. Her ble det utført hulrom- og densitetsmålinger, og ekstraksjonsanalyse. På det ekstraherte tilslaget har det blitt gjort en glimmertelling. Asfaltmassen var en mykasfalt av typen MA11. Lokasjonen til de forskjellige prøvepunktene er vist på kart i bilag 1.

## Oversikt over prøvene

Tabell 1 Asfaltprøvene hentet fra Fv890

Prøve nr.	Felt	Hp	Metrering	Masse [g]	
1,1	F1		3	5230	483,7
1,3	F2		3	5230	520,1
2,1	F1		3	15185	442,9
2,3	F2		4	15185	527,0
3,1	F1		4	1569	484,7
3,3	F2		4	1569	529,6
4,1	F1		4	6020	500,4
4,3	F2		4	6020	420,6
5,1	F1		4	18756	445,7
5,3	F2		4	18756	463,7
6,1	F1		4	24850	420,1
6,3	F2		4	24850	549,9
7,1	F1		4	31275	449,0
7,3	F2		4	31275	494,0
8,1	F1		4	31332	233,1

### 3.3. Mikroskopering av tynnslip

Formålet med metoden er å bestemme mineralkornene i en slipt bergarts-, betong eller asfaltprøve. Mineralene identifiseres på bakgrunn av deres optiske egenskaper. For å undersøke asfalten nøyere ble prøvene sendt til Danmark hvor Pelcon lagde tynnslip av dem.

Prøven skal være skåret til med steinsag til en dimensjon 35 mm × 25 mm × 5 mm. Undersiden av prøven poleres og festes med lim til et 1,5 mm tykt objektglass. Ved hjelp av en spesialsag skjæres prøven ned til ca. 1-2 mm tykkelse. Deretter slipes og poleres oversiden til prøven er 0,03 mm tykk. Et dekkglass festes (dette kan utelates) på oversiden av prøven med lim. Etterpå kan det tas bilder som viser luft og bitumenfylte hulrom, eller bilder hvor man kan skille mineralkornene fra hverandre på grunn av optiske egenskaper. En bildeanalyse i et redigeringsprogram som for eksempel Adobe Photoshop vil kunne vise hvor mye areal som er dekket av en viss farge, og dermed kan man bestemme prosentandelen luftfylte hulrom i prøven. (Ulvik, 2012)

### 3.4. Hulrom og densitetsmålinger

For å måle densiteten i en boreprøve finnes det tre forskjellige metoder som går ut på at volumet beregnes på grunnlag av prøvens oppdrift i vann. Dersom prøven har stort hulrom og tydelige åpne hulrom på snittflaten eller dype groper i endeflatene kan enten forsøket utføres med en voksdekket prøve, eller etter metoden som kalles Hydrostatisk overflatetørr. I det sistnevnte forsøket kompenseres det for hulrom på snittflaten ved å innføre vekten av avtørket, fuktig prøve i luft. Den siste metoden går kun ut på å veie prøven tørr og i vann, uten å kompensere for hulrom på snittflaten. Dersom prøven har gjennomgående porer eller hulrom større enn 12 %, er de nevnte metodene antagelig ikke egnet til å måle densiteten. Da kan volumet bestemmes ved hjelp av mange målinger med skyvelær (Standard Norge, 2003a).

Ettersom at det er snakk om en mykasfalt med høy hulromsprosent (det er rapportert om hulrom på litt over 10 %, og i noen tilfeller opp til 15 %) vil densitetsberegning med en voksdekket prøve eller bare tørr og våt veiing være ugunstig. Beregning av densitet ved hjelp hydrostatisk overflatetørr-metoden vil da være bedre (Statens Vegvesen, 2005). Eventuelt kan man bruke skyvelær metoden dersom det viser seg at hulrommet er høyere enn først antatt.

#### Beregning av densitet ved hjelp Hydrostatisk overflatetørr-metoden

Formålet med metoden er som sagt å finne densiteten til prøver fra dekker med litt åpen overflate. Prøvene hadde svært ujevn overflate. Mye av asfalten var slitt vekk og steiner på rundt 11 mm stakk opp rundt omkring. Det var derfor svært vanskelig å måle en representativ høyde av klossen med skyvelær. Derfor var metoden «hydrostatisk overflatetørr» som ble regnet som mest brukbar. Prøvene ble også målt med skyvelær for å kunne verifisere resultatet.

Forsøket ble utført ved at boreprøver ble skjært til med en steinsag til prøvestykker på 10 × 10 cm. Deretter ble prøven nedsenket i destillert vann med konstant temperatur, i dette tilfellet 19,5 °C. Den lå så i 3-5 min slik at vekten hadde stabilisert seg mest mulig før den ble lest av. Etter dette ble prøvekllossen tatt opp og tørket forsiktig med en lett fuktet klut som kun tørket vann av sidene men ikke suger vann ut av porene, før prøven veies. Deretter ble prøven tørket til konstant vekt før den ble veid for å finne den «tørre» massen.

Densiteten til prøven er da uttrykt som:

$$\rho_d = \frac{m_1 \cdot \rho_w}{m_3 - m_2}$$

$\rho_b$ =prøvens romdensitet

$m_1$ = massen av tørr prøve

$m_2$  = massen av prøven i vann

$m_3$  = massen av fuktig prøve

$\rho_w$  = densiteten til destillert vann

(Standard Norge, 2003a)

### Maksimum densitet

Maksimum densitet ble målt med pyknometer i henhold til NS-EN 12697-5:2009 (Standard Norge, 2009) og Statens Vegvesens Håndbok 014. Prinsippet går ut på finne at man finner massen til prøven i et pyknometer med kjent volum og masse, både med og uten vann, og derfra regne ut den maksimale densiteten, ved å trekke fra volumet til vannet fra volumet i pyknometeret. Her er det spesielt viktig at det ikke befinner seg noen luftbobler i pyknometeret når det veies fylt med temperert vann.

Først ble pyknometeret veid sammen med glasslokk og klemme. Prøven ble tørket på 110 °C i minimum 20 min, før den ble smuldret opp, avkjølt og lagt i pyknometer. I den oppsmuldrete prøven var det mange bare steiner, det vil si steiner som ikke var dekket av bindemiddel. Dette er enten tegn på for lite bindemiddel eller dårlig vedheft.

Etter tørking ble pyknometeret med asfaltmassen, glasslokket og klemmen veid og massen  $m_2$  ble notert. Destillert vann ble fylt til ca., 3 cm under toppen av pyknometeret. Det ble rørt forsiktig for å få ut litt luftbobler før det ble påsatt et undertrykk i 15 min for å fjerne samtlige luftbobler.



**Figur 5** Pyknometer med undertrykk påført av en vannstrålepumpe

Etter at luft forsiktig var blitt sluppet til og lokket med vakuumslangen var fjernet ble pyknometeret overført til vannbad for temperering. Pyknometeret sto i vannbadet i minimum 30 min og til jevn temperatur var oppnådd sammen med en flaske med destillert vann og et glasslokk. Etter dette ble det forsiktig helt vann i pyknometeret og glasslokket ble skjøvet på og montert uten at luftbobler kom inn. Pyknometeret ble så tatt opp og veid. Massen,  $m_3$ , ble notert.

$$\text{Massens maksimum densitet: } \rho_m = \frac{m_2 - m_1}{V_p - \frac{m_3 - m_2}{\rho_w}}$$

Hvor:

$m_1$  = pyknometerets masse

$m_2$  = prøvens masse + pyknometerets masse

$m_3$  = pyknometerets masse + masse prøve + masse destillert vann

$\rho_w$  = densitet av destillert vann ved aktuell temperatur.

$V_p$  = volum av pyknometer

## Hulrom

Etter at romdensitet og maksdensitet er funnet kan man regne ut hulrommet i boreprøven. Hulrommet beregnes med formelen (Standard Norge, 2003b):

$$V_m = \frac{\rho_m - \rho_b}{\rho_m} \cdot 100$$

$V_m$  = hulrommet i prosent

$\rho_m$  = prøvens maksimum densitet

$\rho_b$  = prøvens romdensitet

## 3.5. Ekstraksjon

Formålet med denne metoden er å kontrollere bindemiddelinholdet og steinmaterialets korngradering. Man må da skille steinmaterialet fra bindemiddelet ved hjelp av et løsemiddel. I dette tilfelle ble det brukt metylenklorid.

Først ble vaskesyndleren veid og massen  $m_{vs}$  notert. Deretter ble massen lagt i vaskesyndleren og massen  $m_{vs+p}$  notert. Sentrifugesyndler ble også veid og massen  $m_{ss}$  notert. I forkant av ekstraksjonen ble det valgt seks vaskesykluser for å skille ut bindemiddelet. Etersom asfalten var en mykasfalt var det egentlig ikke behov for flere enn fire, men seks ble valgt for å være på den sikre siden. Det ble brukt en automatisk ekstraksjonsmaskin. Antall tørkesykluser ble satt til fire. Etterpå ble vaskesyndleren med steinmaterialet og sentrifugesyndleren med filleret veid, og massene  $m_{vs+st}$  og  $m_{ss+f}$  notert. Tilslutt ble prøvene siktet og fraksjonene veid for å finne korngradering.

Massen til steinmaterialet ble beregnet ved formelen:

$$m_{st} = (m_{vs+st} - m_{vs}) + (m_{ss+f} - m_{ss})$$

$m_{vs}$ = massen til vaskesynderen

$m_{ss}$ = massen til sentrifugesynderen

$m_{vs+st}$ =massen til vaskesynderen med steinmateriale

$m_{ss+f}$ =massen til sentrifugesynderen med filler

Bindemiddelinholdet er gitt ved formelen :

$$S = \frac{(m_{vs+p} - m_{vs}) - m_{st}}{m_{vs+p} - m_{vs}}$$

S= Bindemiddelinholdet i %

$m_{vs+p}$ = massen til vaskesynderen med prøven

(Standard Norge, 2005)



Figur 6 (t.v.) Ekstraksjonskøye og ekstraksjonssylinder

Figur 7 (t.h.) Bindemiddel oppløst i metylenklorid som tømmes ut



Figur 8 (t.h.) 0,125 - 0,250 mm-fraksjonen av det ekstraherte tilslaget

### Gjenvinning av bindemiddelet

For å gjøre analyser på bindemiddelet kan man gjenvinne det i en rotasjonsfordamper. Det foregår ved at en kolbe med bindemiddel og løsemiddel varmes opp ved at den roterer i et oljebad. Løsemiddelet vil fordampe opp i en glassylinder og bli avkjølt av en glasspiral hvor kjølevann sirkulerer, og deretter drypper ned i en ny kolbe.

Under ekstraksjonen av to av borekjernene ble bindemiddelet som var oppløst i metylenklorid, tappet ut fra ekstraksjonsmaskinen og deretter satt på rotasjonsfordamperen. Kolben med bindemiddelet dreide med en omdreiningshastighet på 150 omdr./min i oljebadet som hadde en temperatur til på 90 °C til inndampingen var ferdig. Deretter ble temperaturen økt til 130 °C, trykket satt ned til 12 kPa og omdreiningsene satt ned til 100 omdr./min.

### Viskositet

For å måle viskositeten til bindemiddelet ble det brukt et rotasjonsviskosimeter. Metoden går ut på å finne dynamisk viskositet, som er forholdet mellom skjærspenning og skjærhastighet, også kalt viskositetskoeffisient eller viskositet (Statens Vegvesen, 2005). Bindemiddelet ble testet på 60 °C med en skjærhastighet på 0,01 – 100 s<sup>-1</sup>.

## 3.6. Metode for bestemmelse av glimmerinnhold - korntelling

Etter at tilslaget ble ekstrahert og siktet, ble 0,125/0,250 mm fraksjonen brukt til å estimere glimmerinnhold i henhold til Statens vegvesen håndbok 14. Metoden er basert på korntelling med et stereoskopisk mikroskop. Sand fra hver prøve ble lagt på et



millimeterpapir og sandkornene i hver 3x3 mm rute ble talt og klassifisert som enten mørke mineraler, lyse mineraler, mørke glimmermineraler eller lyse glimmermineraler. Dette ble gjentatt inntil 600 korn fra hver prøve var talt og klassifisert. Glimmerandelen blir regnet ut som prosentvis antall glimmerkorn.

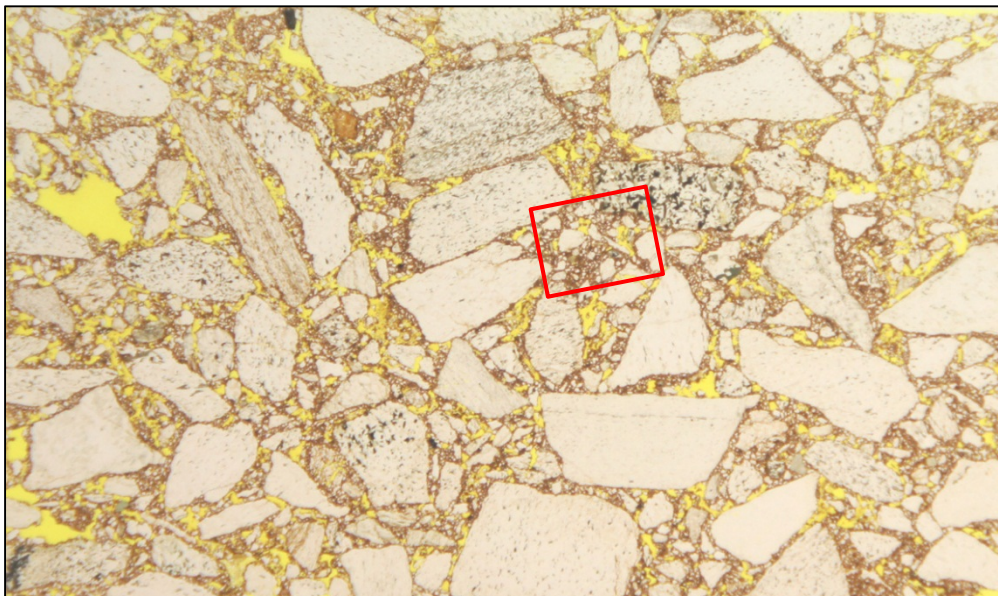
### 3.7. Resultater av analyser på boreprøver fra Fv890

#### Mikroskopering av tynnslip

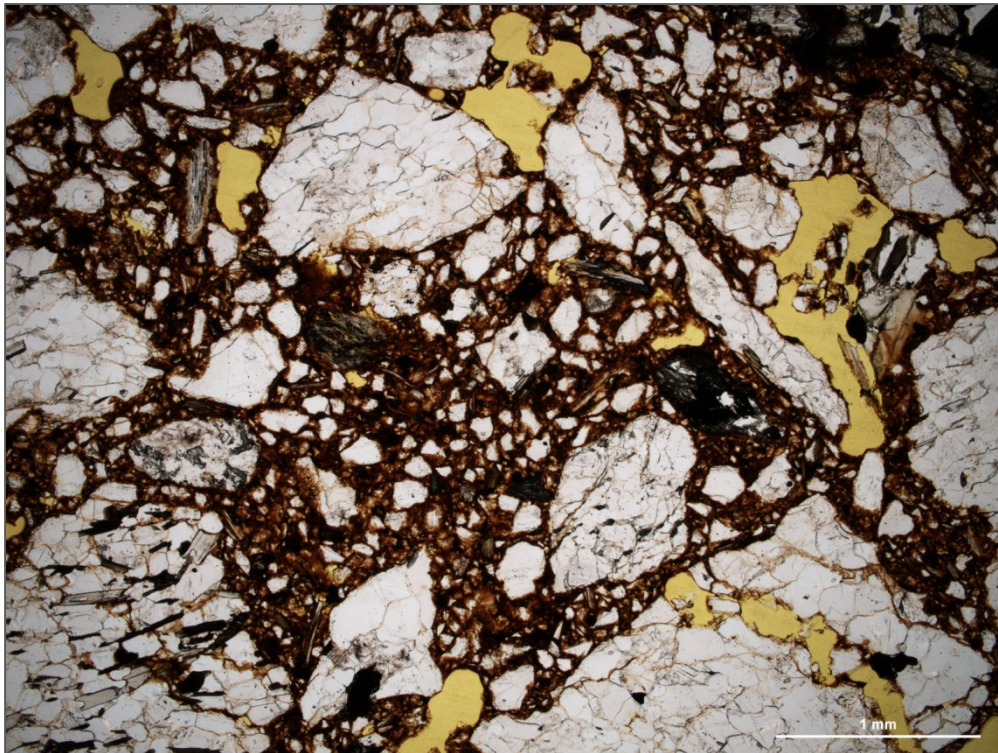
Figur 9 viser et bilde av tynnslip fra prøven 4.1. De gule områdene er luftfylte hulrom. Den røde firkanten viser hvor bildet i Figur 10 er tatt fra. I bildene av tynnslipene kan man se oppsamling av filler i «lommer». Det kan se ut som det er en stor andel finere partikler i asfalten. Arnhild Ulvik og Einar Aasprong i Statens vegvesen har analysert tynnslip fra et utvalg av prøvene for å finne hulrommet i disse.

Tabell 2 Resultat av hulromsmåling ved hjelp av fotoanalyse

Prøve nr.	Hulrom foto
1.2	12
2.2	15
4.2	8
5.2	10
6.4	13
7.4	15



Figur 9 Bilde av tynnslip (Sintef, 2012)



Figur 10 Bilde av tynnslip.

### Densitet og hulrom

Hulrommet var som ventet svært høyt. Hulrommet regnet ut fra skyvelærmetoden var generelt litt høyere enn hulrommet fra hydrostatisk overflatetørr-metoden. Dette er naturlig ettersom at overflaten på prøvene var veldig ujevn og denne ujevnheten blir regnet som hulrom i skyvelærmetoden. Det eneste unntaket var prøve nr. 4.3. Her var hulrommet fra skyvelær lavere enn fra hydrostatisk overflate tørr. Dette kan skyldes at denne prøven var spesielt ujevn i kantene og målingene gjort av skyvelær nok er blitt gjort i forsinkinger langs kanten og dermed har en målt en for liten høyde på akkurat denne prøven.

Hulrommet lå mellom 10 og 14 %. Angitt tilsiktet hulrom i resepten er 6,5 %. Øvre tillatte hulromsprosent i en mykafalt er gitt som 9 % i Statens vegvesens håndbok 018 (2010). Som en kan se av Tabell 3, ligger hulromsprosenten enten på grensen eller langt over hva som er tillatt.

**Tabell 3 Hulromsprosent i asfaltprøver fra Fv890**

Prøve nr.	Hulrom fra h.o.t.	Hulrom fra skyvelær
1,1	9 %	10 %
1,3	9 %	12 %
2,1	13 %	17 %
2,3	10 %	12 %
3,1	7 %	9 %
3,3	13 %	13 %
4,1	10 %	7 %
4,3	12 %	12 %
5,1	13 %	18 %
5,3	12 %	12 %
6,1	13 %	16 %
6,3	14 %	15 %
7,1	11 %	12 %
7,3	13 %	14 %
8,1	9 %	11 %

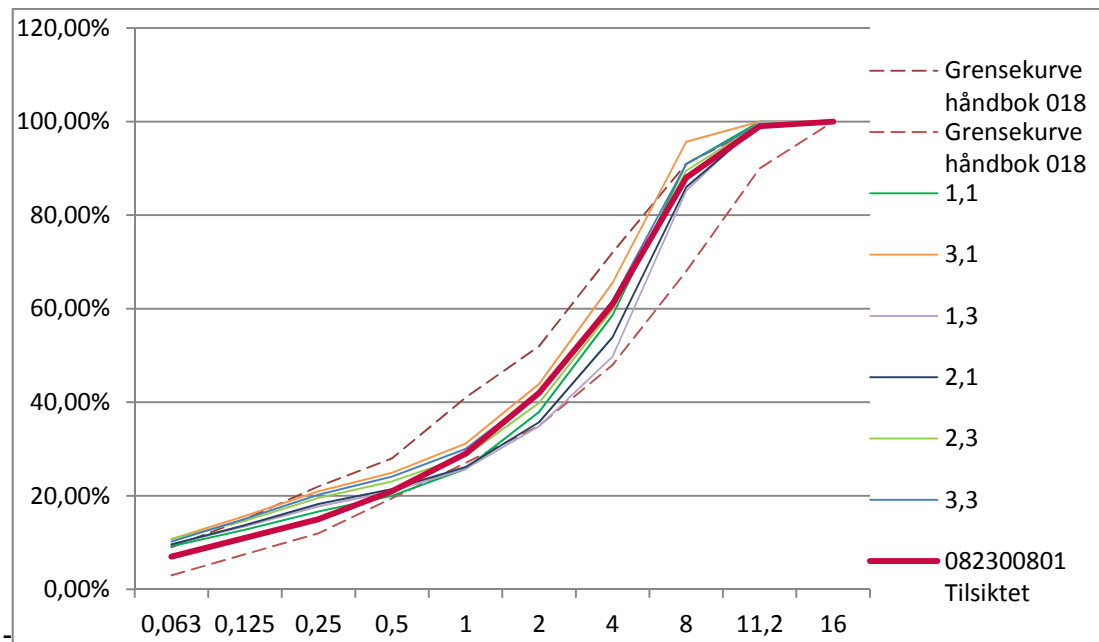
### Ekstraksjon

Figur 11, Figur 12 og Figur 13 viser tilsiktet kornkurve, toleransegrenser og de aktuelle kornkurvene for prøvene som ble tatt.

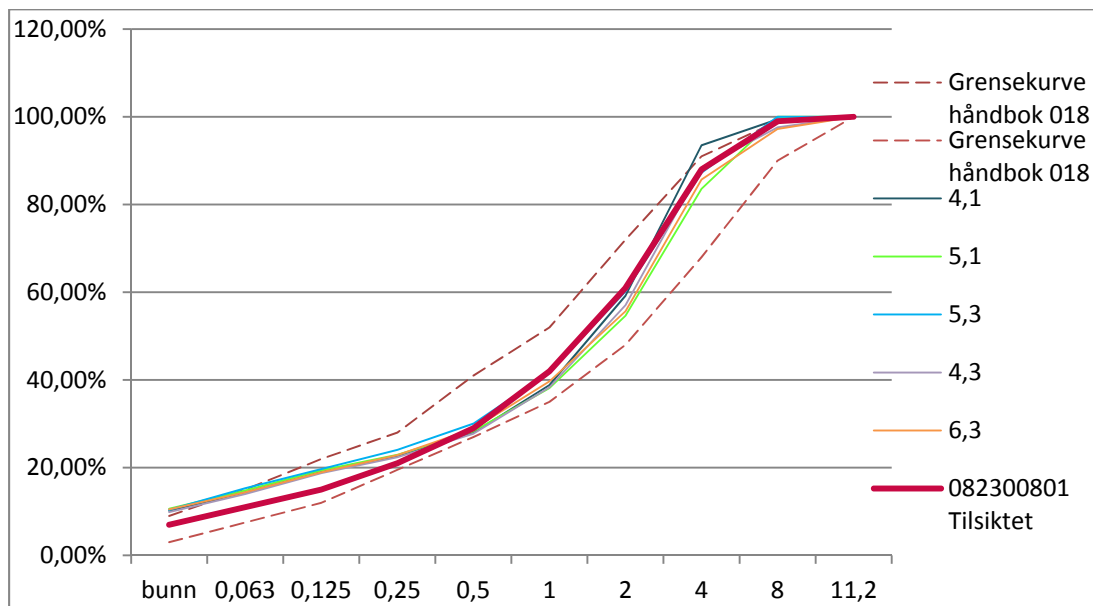
Det er generelt svært høyt bindemiddelinhold i prøvene. Bindemiddelinholdet varierte også en del fra prøve til prøve. Det er kjent at asfaltresepten ble endret og bindemiddelinholdet økt fra 4,6 til 5,2 % under dekkeleggingen. Det er ikke noen umiddelbar sammenheng mellom hulrom og bindemiddelinhold.

**Tabell 4 Bindemiddelinhold i prøvene 1,1 - 8,1**

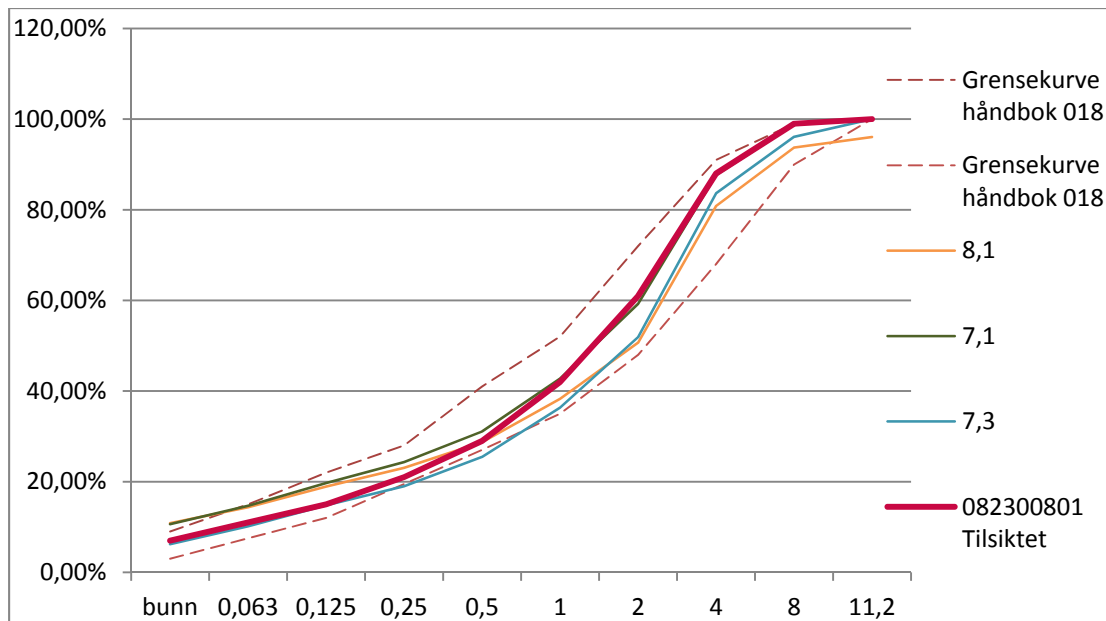
Prøve nr.	Bindemiddelinhold
1,1	5,4 %
1,3	4,8 %
2,1	4,7 %
2,3	4,8 %
3,1	5,2 %
3,3	5,4 %
4,1	4,9 %
4,3	4,9 %
5,1	4,4 %
5,3	4,9 %
6,1	4,8 %
6,3	4,7 %
7,1	4,7 %
7,3	8,4 %
8,1	4,1 %



Figur 11 Siktekurve for prøve 1,1 til 3,3



Figur 12 Siktekurve for prøve 4,1 til 6,3



Figur 13 Siktekurve for prøve 7,1 til 8,1

## Viskositet

Dynamisk viskositet,  $\mu$ , ved 60 °C ble målt til  $42 \pm 1$  Pa·s. Tettheten til bindemiddelet ved 60°C er  $989 \text{ kg/m}^3$  (Read og Whiteoak, 2003)

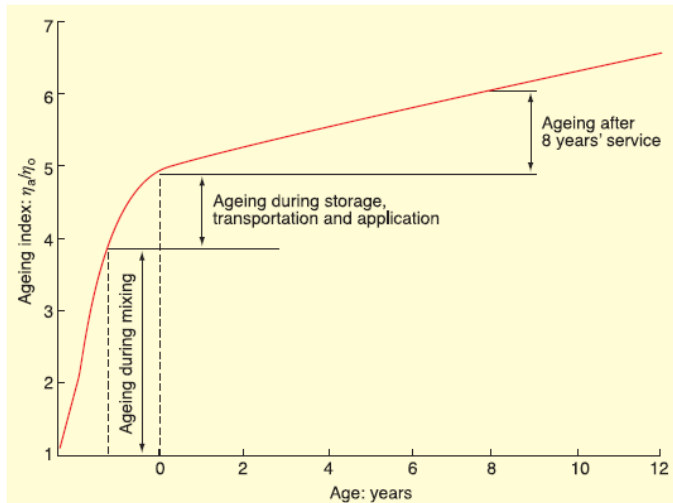
Den kinematiske viskositeten blir:

$$\nu = \frac{\mu}{\rho} = \frac{42 \text{ Pa} \cdot \text{s}}{989 \text{ kg/m}^3} = 0,0424671 \frac{\text{m}^2}{\text{s}} = 42467,1 \frac{\text{mm}^2}{\text{s}}$$

Krav til kinematisk viskositet i mykbitumen (V15000) ved 60 °C er 1000-2000  $\text{mm}^2/\text{s}$ . i følge Håndbok 018 Statens vegvesen (2010).

Etter herding under miks, utlegging, lagring og 2 år i bruk vil aldringsindeksen  $\eta_a/\eta_0$  være ca. 5,5 (se Figur 14).

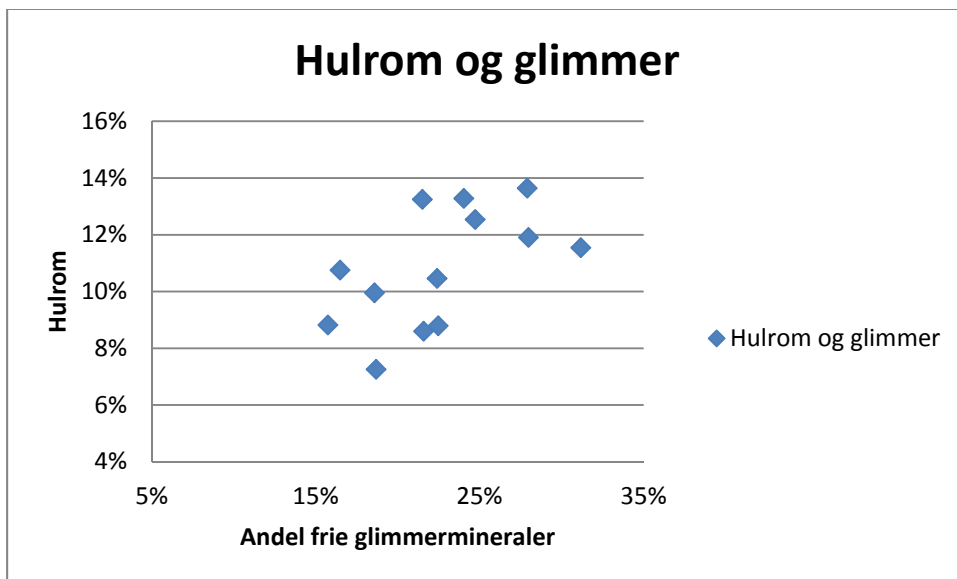
$$\frac{42467,1 \frac{\text{mm}^2}{\text{s}}}{5,5} = 7721 \frac{\text{mm}^2}{\text{s}}$$



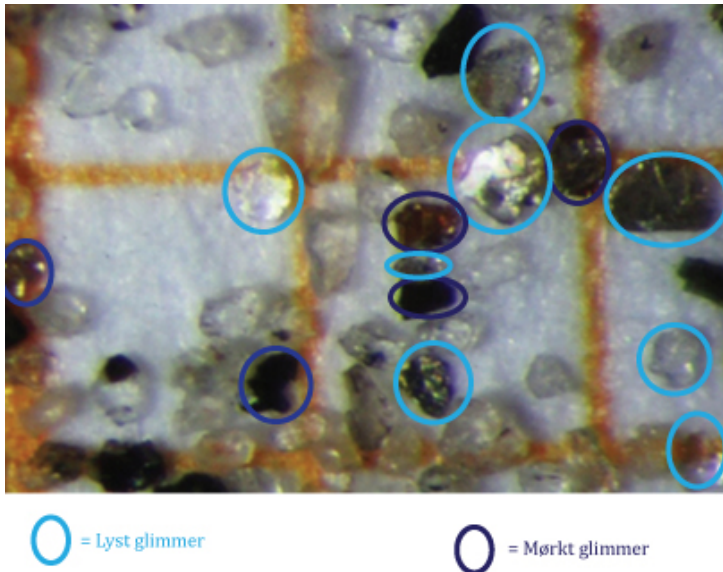
Figur 14 Aldring av bitumen (Read og Whiteoak, 2003)

### Metode for bestemmelse av glimmerinnhold – korntelling

Glimmerinnholdet ble estimert til å være mellom 16 og 31 vol%. Figur 15 viser hulrom som en funksjon av andel glimmermineraller. Figur 16 viser hvilke mineralkorn som blir vurdert som glimmer i et bilde av 0,125 – 0,250 mm tatt i mikroskop.



Figur 15 Hulrom mot glimmerandel



Figur 16 Mineralkorn fra 0,125 - 0,250 mm fraksjonen

### 3.8. Diskusjon av analyser på boreprøver fra Fv890

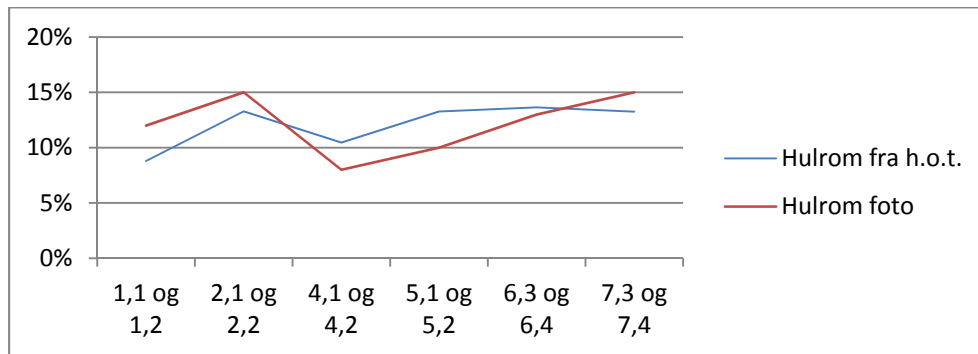
Resultatene fra hulromsmålingene viste svært høyt hulromsinnhold i prøvene, den høyeste verdien var på 14 %, mens 11 av 15 prøver lå utenfor makskravet. Dette stemmer overens med måleresultater fra felt og kan være en av årsakene til det hurtige forfallet i kvaliteten på dekket.

Ekstraksjonen viste at bindemiddelmengden som regel lå mellom 4,5 og 5,4 %, noe som er høyt. Når asfalten ble lagt ble bindemiddelmengden økt fra 4,6 til 5,2 for å få bukt med hulrommet. Ut i fra resultatene kan det se ut som det ikke er noen sammenheng mellom hulromsprosenten og bindemiddelinholdet.

Fra målingene tatt i felt kan en se at det er for mye finstoff, og at en får en såkalt sandpukkel. Dette er ikke like tydelig i disse resultatene. Det er mulig at det er for mye finstoff i forhold til mellomfraksjonene, men en ser ikke en tydelig sandpukkel. Det er imidlertid mulig at det er forsvunnet finstoff mens forsøkene har blitt utført. Det kan for eksempel ha vært asfaltmasse som har hengt igjen på papir og utstyr og noe svinn forekom også når prøvene ble fraktet fra et sted til et annet. Kornkurven er som regel innenfor kravene gitt i håndbok 018, men finstoffinnholdet ligger opp mot og noen ganger over maksimalkravet.

Både hydrostatisk overflatetørr- metoden, skyvelær metoden og bildeanalysen ga et høyt hulromsinnhold. Resultatene fra skyvelærmetoden var de som samsvarte minst med de andre resultatene. Det er antatt at denne metoden er svært upålitelig i dette tilfellet ettersom prøvene var ujevne og det var stor spredning på høydemålene til hver prøve. De hadde en svært ujevn overflate, som skyldes slitasje på dekket, i tillegg til at dekket ikke nødvendigvis var sagt vinkelrett av. Hydrostatisk overflatetørr- metoden og fotoanalysen var relativt samsvarende. Det var forskjell, men resultatene fulgte en

lignende trend. Med tanke på at hulrommet fra fotoanalysen kun var på grunnlag av et lite område på tynnslipet, i tillegg at det var to forskjellige prøver som var analysert i hydrostatisk overflatetørr- metoden og fotoanalysen, var resultatene tilfredsstillende. Figur 17 viser hulromsprosent i hydrostatisk overflatetørr- metoden i forhold til fotoanalysen.



Figur 17 Hulromsprosent i følge hydrostatisk overflatetørr- metoden og fotoanalyse

Det høye hulrommet i dekket kan delvis skyldes mye finstoff og delvis høyt glimmerinnhold. Dette er mest sannsynlig en svært uheldig kombinasjon. Det manglet stein i de største fraksjonene og dette gjør at det er mye mer hulrom som bindemiddelet må fylle. Det var også ganske mye finstoff, og dette er spesielt uheldig med tanke på at glimmerrikt tilslag tar opp større volum enn tilsvarende masse av glimmerfattig tilslag.

Den estimerte andelen frie glimmerkorn etter korntellingen varierte fra prøve til prøve. Det var også variasjon i glimmerandelen mellom prøver med like høyt hulrom, men ut i fra Figur 15 "Hulrom mot glimmerandel", kan man se en tendens der hulrommet økte med økende andel frie glimmerkorn. Det var mye kvartsmineraler i prøvene og det kunne til tider være vanskelig å skille muskovittmineraler og kvartsmineraler. Andelen glimmermineraler som er et resultat av glimmertellingen, må ikke forveksles med vekt% glimmer som kan være så lite som en tredjedel til halvparten så mye. Metoden kan også være statistisk misvisende og resultatet kan være påvirket av tilfeldige variasjoner. Dette og det faktum at det var ganske stor spredning mellom resultatene av glimmerandelen sammenlignet med hulrommet, gjør det vanskelig å trekke en sikker konklusjon. Dersom man hadde hatt fler prøver hvor glimmerinnholdet og hulrommet var lavere, for eksempel henholdsvis under 10 % og 5 %, kunne man antagelig lettere antatt eller avfeid en sammenheng. Skjønt, ut ifra grafen kan det se ut som om at dersom det er en trend at hulrommet øker med glimmerandelen burde glimmerandelen vært under 10% for at hulrommet skulle vært tilfredsstillende.

Det viste seg at bindemiddelet antagelig var i det mykeste laget. For etter utlegging og herding på veg kan en forvente at den dynamiske viskositeten øker 5,5 ganger og dermed er 42467,1 mm<sup>2</sup>/s mykere enn det man kunne forvente etter at et dekke har ligget i 2 til 3 år. Dette utelukker at bindemiddelet var med på å gjøre asfalten for stiv.





## 4. Del II: Glimmer i finfraksjonen påvirkning på asfaltens egenskaper – Laboratorieforsøk

### 4.1. Materialer - Laboratorieforsøk

For å kunne ha kontroll på parameterne ble det besluttet å bruke et tilslag uten glimmer og deretter substituere egenfilleret med glimmer. Det ble også besluttet å bruke en fast bindemiddelprosent for å kunne måle egenskapene til asfaltprøver med forskjellig glimmerinnhold opp mot hverandre.

#### Tilslag

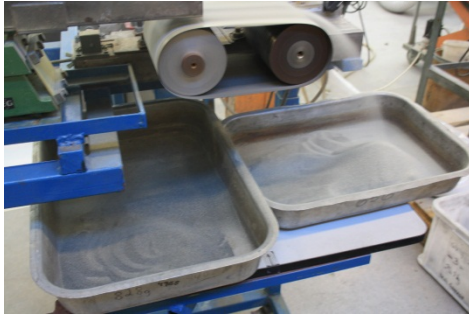
Tilslaget som ble valgt til å bruke i prøvestykkene var fra Vassfjellet pukkverk. Bergarten her består av gabbro/grønnstein og ble valgt fordi den inneholder lite til ingen glimmerminerale. Den er relativt tung med en egendensitet på 3,03 g/cm<sup>3</sup>. Bergarten er svært basisk så den trengte ikke amintilsetning.

Tilslaget kom i fraksjonene 0-8 mm, og 8- 11,2 mm. For å ha kontroll på at det var riktig mengde stein i de forskjellige fraksjonene ble materialet siktet til fraksjonene 0,063 – 0,250 mm, 0,25 – 1,00 mm, 1,0 -2,0 mm, 2,0 – 4,0 mm, 4,0 – 8,0 mm, 8,0 – 11,2 mm og 11,2 – 16,0 mm. Fillerandelen i materialet var svært høy og vanskelig å sikte ut. For å unngå at siktene ble tettet igjen av det klebrige filleret kunne ikke så mye materiale siktes om gangen. Derfor ble dette en tidkrevende prosess som tok ca. 3 uker. Da materiale var siktet så det ut som om det lå mye filler igjen i de større fraksjonene. Derfor ble det gjort en ekstraksjon på den første prøven som ble laget og det viste seg at prøven inneholdt 152 g filler i stedet for 72 g. I tillegg var det kun 92 g av 0,063 – 0,25 mm – fraksjonen hvor tilsiktet mengde var 132 g. Det var derfor besluttet å vaske alt materiale for å få bedre kontroll på mengden tilslag i de forskjellige fraksjonene. Da 0,063 – 0,25 mm – fraksjonen ble vasket forsvant ca. 24 % av massen. 0,25 – 1 mm – fraksjonen mistet ca. 12 %. De andre fraksjonene mistet fra 3 – 5 % hver.

#### Glimmer

For å få tak i glimmer ble det først bestilt 100 kg steinmateriale fra Røyneberg pukkverk i Rogaland som har hatt problemer med glimmer i forekomsten. Deretter ble materialet siktet til fraksjonene >1,00 mm, 0,500 – 0,250 mm, 0,125 -0,250 mm, 0,063 – 0,125 mm, og <0,063 mm.

Materialets 0,125-0,250 mm fraksjon ble sendt til Geologiske Institutt på NTNU hvor glimmeret ble konsentrert ved hjelp av en magnetseparator. Ettersom glimmeret skulle brukes som filler, måtte det males ned til <0,063 fraksjonen. Dette ble gjort ved hjelp av en kulemølle. Det var enklere enn å skille ut glimmeret på 0,125-0,250 mm-fraksjonen og deretter å male det ned enn å skille ut glimmeret i fillerfraksjonen. I materialet var det en del blandkorn som gjorde det umulig å få 100 % rent glimmer. Det konsentrerte materiale inneholdt ca. 80 % glimmer, stort sett biotitt.



Figur 18 Magnetseparator på Geologisk institutt på NTNU

Geologiske Institutt kunne også tilby 92 g ren muskovitt, som også ble malt ned til en kornstørrelse på mindre enn 0,063 mm. Dette ble brukt til å lage to prøver hvor 50 og 70 % av egenfilleret ble byttet ut med den finmalte muskovitten.

### Bindemiddel

Det ble besluttet å bruke et V12000 bindemiddel, som er den samme typen bindemiddel som ble brukt på Fv890, for at resultatene skulle bli sammenlignbare med case-studiet. Bindemiddelinnholdet ble bestemt i henhold til Statens vegvesens håndbok 018 kapittel 632.4 (2011). Her er det oppgitt bindemiddelinnholdet i en Ma11 normalt vil ligge på 4,7 % ± 0,5 % til Ma11. Dette skal korrigeres med en korreksjonsfaktor basert på densiteten til tilslaget.

$$\alpha = \frac{2,650}{\rho_d} = \frac{2,650}{3,030} = 0,875$$

Hvor

$\alpha$  = Korreksjonsfaktor

$\rho_d$  = Tilslagets maksimale densiteten

Bindemiddelinnholdet blir som følger:

$$4,7 \% \times 0,875 = 4,1 \%$$

Med en økning på 0,5 % vil bindemiddelinnholdet bli:

$$5,2 \% \times 0,875 = 4,55 \%$$

Det var også ønskelig å teste asfalt med et litt høyere bindemiddelinnhold ettersom prøvene med 4,1 % bindemiddelinnhold virket tørre og litt tunge å blande når de skulle lages. Det ble laget 4 forskjellige prøver med 4,1, 4,55, 4,7 og 4,9 % bindemiddelinnhold. Det ble besluttet å gå videre med prøvene som hadde 4,1 og 4,55 % bindemiddelinnhold, ettersom det økonomisk sett kan virke mer gunstig å bruke lavere bindemiddelinnhold og at det derfor kan tenkes at bindemiddelinnholdet entreprenørene bruker vil ligge på rundt 4,1 %.

## Asfaltprøvene

Det ble besluttet å lage marshallklosser med Ma11 asfalt (mykasfalt), den samme asfalttypen som var brukt på Fv890. Dette er en asfalttype som er vanlig å bruke på mindre trafikkerte veger med ÅDT<3000 og som til en viss grad kan forme seg etter setninger og telehiv. (Nordal et al., 1991) Dette gjør det spesielt egnet på steder som Finnmark som opplever svært kalde vintre.

Etter at de første prøvene med 4,1, 4,55, 4,7 og 4,9 % bindemiddelinnhold var blitt laget (se Tabell 5), ble det besluttet å bruke å lage 4 asfaltprøver med 0 % glimmer, hvorav to hadde 4,55 % bindemiddelinnhold og to og hadde 4,1 % bindemiddelinnhold. Deretter ble det laget 4 prøver hvor filleret (>0,063 mm) besto av 50 % biotittrikt glimmerkonsentrat, hvorav 2 hadde 4,55 % bindemiddelinnhold og to og hadde 4,1 % bindemiddelinnhold. Etter at disse prøvene var laget og testet ble det oppdaget at hulrommet bare økte ca. 1 %. Det ble derfor besluttet å lage nye prøver hvor andelen egenfiller som ble erstattet av glimmerkonsentrat var 70 og 100 %. Oversikt over prøvene er vist i Tabell 6.

**Tabell 5 Oversikt over de fire første prøvene uten glimmer og med et bindemiddelinnhold fra 4,1 til 4,9**

Nummer	Glimmertype	Glimmerandel	Bindemiddelinnhold	Testmetode
1	-	0 %	4,1	Indirekte strekk
2	-	0 %	4,55	Indirekte strekk
3	-	0 %	4,7	Indirekte strekk
4	-	0 %	4,9	Indirekte strekk

**Tabell 6 Oversikt over prøvene med 4.1 og 4.55 % bindemiddelinnhold og varierende glimmermengde (laget med 75 slag)**

Nummer	Glimmertype	Glimmerandel	Bindemiddelinnhold	Testmetode
4.1.0.A	-	0 %	4,1	Marshall
4.1.0.B	-	0 %	4,1	Indirekte strekk
4.1.50.A	biotitt*	50 %	4,1	Marshall
4.1.50.B	biotitt*	50 %	4,1	Indirekte strekk
4.1.70.A	biotitt*	70 %	4,1	Indirekte strekk
4.1.70.B	biotitt*	70 %	4,1	Marshall
4.1.100.A	biotitt*	100 %	4,1	Indirekte strekk
4.1.100.B	biotitt*	100 %	4,1	Marshall
4.55.0.A	-	0 %	4,55	Marshall
4.55.0.B	-	0 %	4,55	Indirekte strekk
4.55.50.A	biotitt*	50 %	4,55	Marshall
4.55.50.B	biotitt*	50 %	4,55	Indirekte strekk
4.55.70.A	biotitt*	70 %	4,55	Marshall
4.55.70.B	biotitt*	70 %	4,55	Indirekte strekk
4.55.100.A	biotitt*	100 %	4,55	Indirekte strekk
4.55.100.B	biotitt*	100 %	4,55	Marshall

\* konsentrat med ca. 80% glimmer

De første 20 prøvene ble laget ved 75 slag etter beskrivelse fra håndbok 014. Dette er også det antall slag man bruker når man proposjonerer asfalt for flyplasser, hvor glimmer tidligere har skapt problemer. Kravet i håndbok 018 til hulrom i asfalt på veg, baserer seg imidlertid på prøver laget med 50 slag. I tillegg er det Det ble derfor besluttet å lage seks nye prøver med 50 slag på hver side i henhold til NS-EN 12697-30:2004 (Standard Norge, 2004). Disse prøvene ble laget med 4,1 % bindemiddel og to forskjellige glimmertyper. Ettersom Geologisk institutt på NTNU kunne tilby litt ren muskovitt, ble to av prøvene ble laget med 50 og 70 % muskovitt i filleret. En prøve ble laget med 0 % glimmer og kun egenfiller fra Vassfjell, mens tre ble laget med 50, 70 og 100 % av det biotittrike glimmerkonsentratet (se Tabell 7).

**Tabell 7 Oversikt over prøvene laget med 50 slag. Laget med varierende innhold glimmer, tre med biotitt og to med muskovitt.**

Nummer	Glimmertype	Glimmerandel	Bindemiddelinhold	Testmetode
4.1.0.C	-	0 %	4,1	Indirekte strekk
4.1.50 C	biotitt*	50 %	4,1	Indirekte strekk
4.1.70.C	biotitt*	70 %	4,1	Indirekte strekk
4.1.100.C	biotitt*	100 %	4,1	Indirekte strekk
4.1.50 M	muskovitt	50 %	4,1	Indirekte strekk
4.1.70 M	muskovitt	70 %	4,1	Indirekte strekk

\* konsentrat med ca. 80% glimmer

## 4.2. Metoder – Laboratorieforsøk

Først ble hulrommet i prøvene målt med hydrostatisk overflatetørr-metoden. Deretter ble det utført indirekte strekktest på alle prøvetypene som var laget, og marshalltest på de prøvetypene det var laget to sett av. I tillegg ble volumet til glimmerkonsentratene og egenfilleret sammenlignet.

### Marshallflyt og –stabilitet.

Marshallmetoden baserer seg på måling av motstand mot plastisk flyt til sylindriske prøvelegemer der prøvelegemet belastes på den sylindriske sideflaten i et Marshallapparat. Parameterne man finner kalles Marshallflyt og – stabilitet. Som nevnt i kapittel 2.4 er marshallflyten deformasjonen målt fra initiering av brudd mens stabiliteten er den maksimale kraften som kan påføres før den prøven går til brudd. I dagens retningslinjer stilles det normalt ikke krav til disse parameterne (Statens Vegvesen, 2005).

I dette forsøket ble det ikke gjort en proporsjonering for å finne optimalt bindemiddelinhold fordi det var for omfattende. Det ble i stedet bestemt å finne marshallflyt og – stabilitet på de forskjellige asfaltprøvene. Prøvene ble lagt i et vannbad på 40 C, i 40 min i henhold til håndbok 014 ettersom det var snakk om mykasfalt. Det

var derfor forventet at asfalten vil virke stivere i forhold til vanligere asfalttyper som skal ligge i et vannbad på 60 C.



Figur 19 Test av marshallstabilitet og -flyt.

### Indirect tensile test

Indirekte Strekkfasthet Test (IDT) brukes til å bestemme krypfare og indirekte strekkfasthet av asfaltblandinger ved lave og middels temperaturer i asfaltdekket.

Prinsippet går ut på at en sylindrisk prøve med en bestemt temperatur, i dette tilfelle 25 °C ettersom at det er spesifisert i Statens vegvesen håndbok 014 , plasseres i en trykktest-maskin mellom to laster og blir pålastet diametrisk langs retningen på sylinderens akse med en konstant forskyvningsfart helt til den sprekker. Den indirekte strekkfastheten er det maksimale av strekkspeninger beregnet fra lasten påført under bruddet og dimensjonen av prøven. Deretter kan en bestemme lastfordelingskoeffisienten og E-modul. (Standard Norge, 2003c)

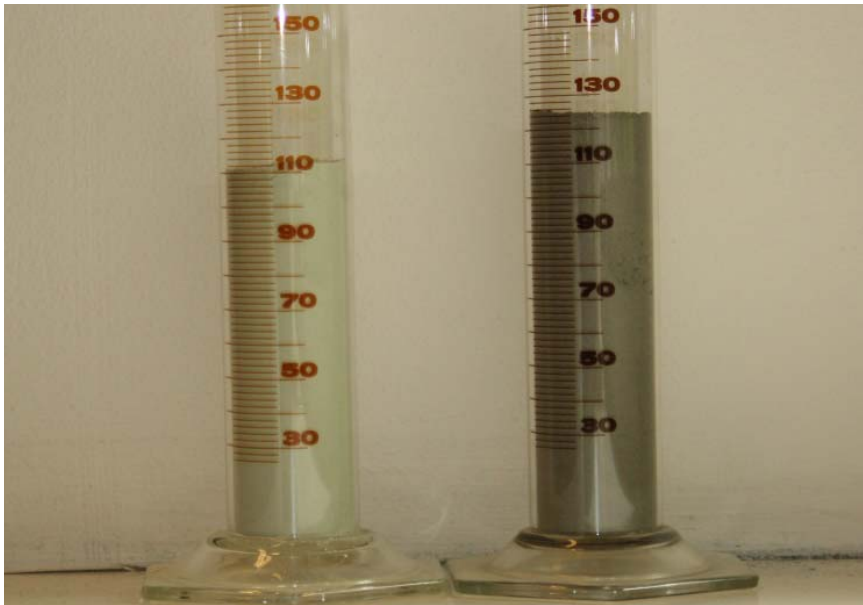


Figur 20 Indirekte strekktest

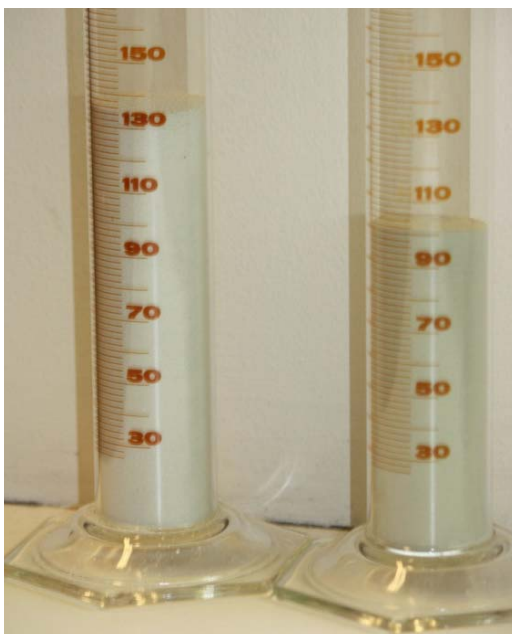
### 4.3. Resultater av laboratorieforsøk

#### Volum

Da 100 glimmerekstrakt ble sammenlignet egenfiller var volumøkningen kun 10 %. 100 g egenfiller hadde et volum på ca. 110 cm<sup>3</sup> mens glimmerekstraktet hadde et volum på 122 cm<sup>3</sup>. Figur 21 viser bilde av en sylinder med egenfiller til venstre og det biotittrike glimmerkonsentrat til høyre. Mellom muskovitten og egenfilleret var det en større volumforskjell. 92 g muskovitt hadde et volum på 135 cm<sup>3</sup>, sammenlignet med 92 g egenfiller som hadde et volum på 100 cm<sup>3</sup>. Figur 22 viser bilde av en sylinder med egenfiller til høyre og muskovittfilleret til venstre.



Figur 21 100 g egenfiller (t.v.) av tilslag fra Vassfjellet sammenlignet med 100 g glimmerkonsentrat (t.h.) (ca. 80 % glimmer)



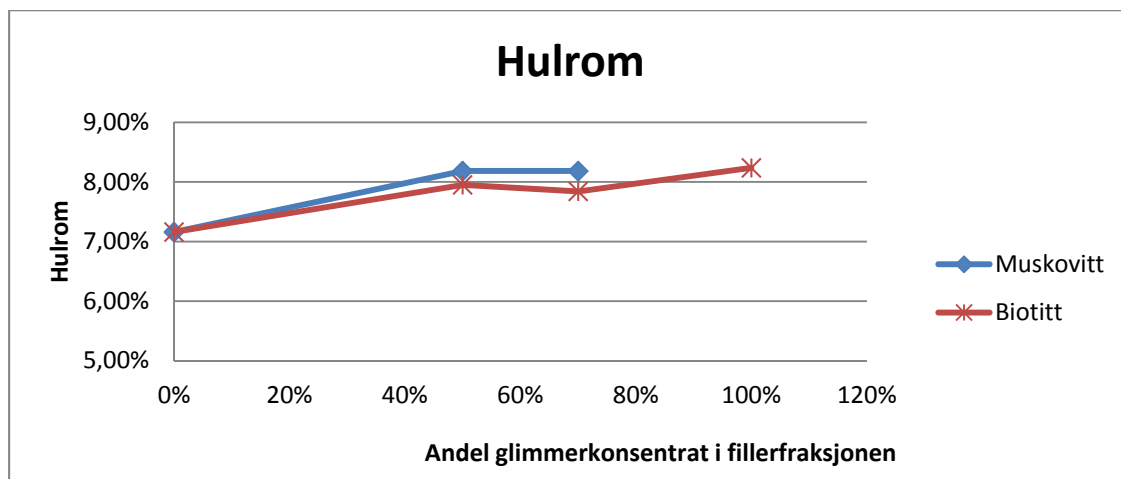
Figur 22 92 g egenfiller (t.h.) av tilslag fra Vassfjellet sammenlignet med 92 g muskovittkonsentrat (t.v.)

## Hulrom

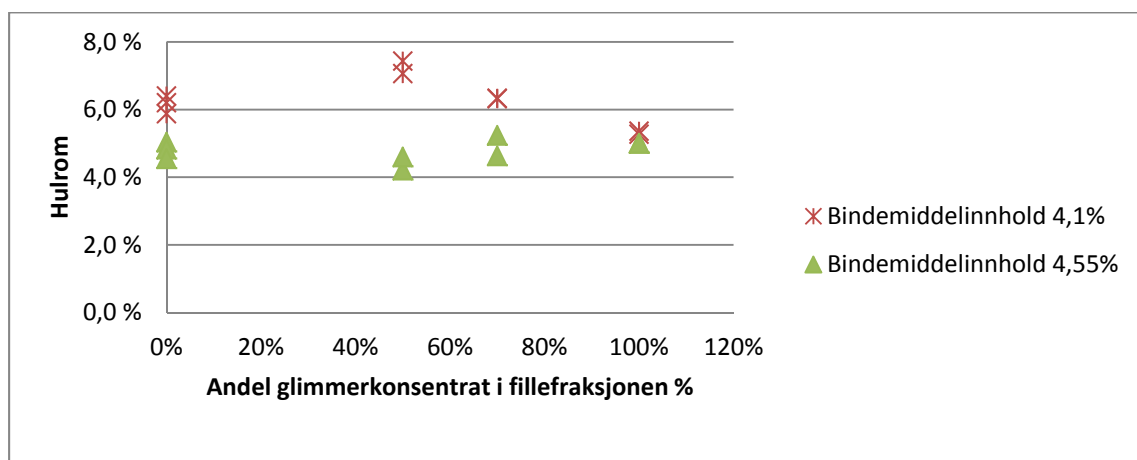
I de seks siste prøvene som var laget med 50 slag, kan man se en økning i hulrominnholdet på ca. 1 %. I prøvene laget med 75 slag, ser det først ut som hulrommet har økt med ca. 1 % hulrom i prøvene med 4,1 % bindemiddel. Det gikk derimot ned igjen da andelen av glimmerkonsentrat økte. Bilag 2 viser oversikt hulrommet til prøvene.

Tabell 8 Hulrom i prøver med muskovitt og biotitt, laget med 50 slag.

Muskovitt		Biotitt	
Hulrom	Glimmer	Hulrom	Glimmer
7,2 %	0 %	7,2 %	0 %
8,2 %	50 %	8,0 %	50 %
8,2 %	70 %	7,8 %	70 %
		8,2 %	100 %



Figur 23 Hulrom sammenlignet med glimmerandel i prøver med muskovitt og biotitt, laget med 50 slag



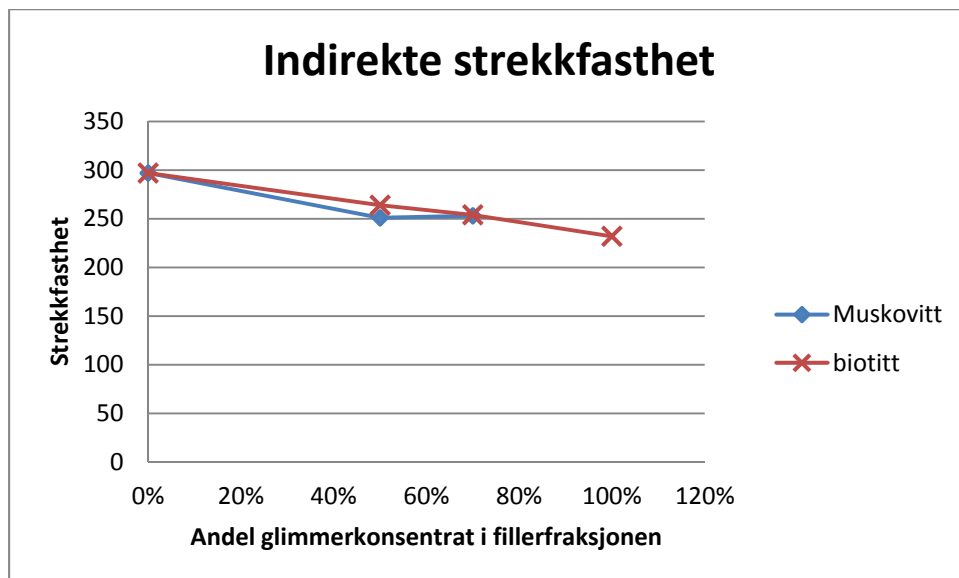
Figur 24 Hulrom i prøvene som ble laget med 75 slag sammenlignet med andel glimmerkonsentrat



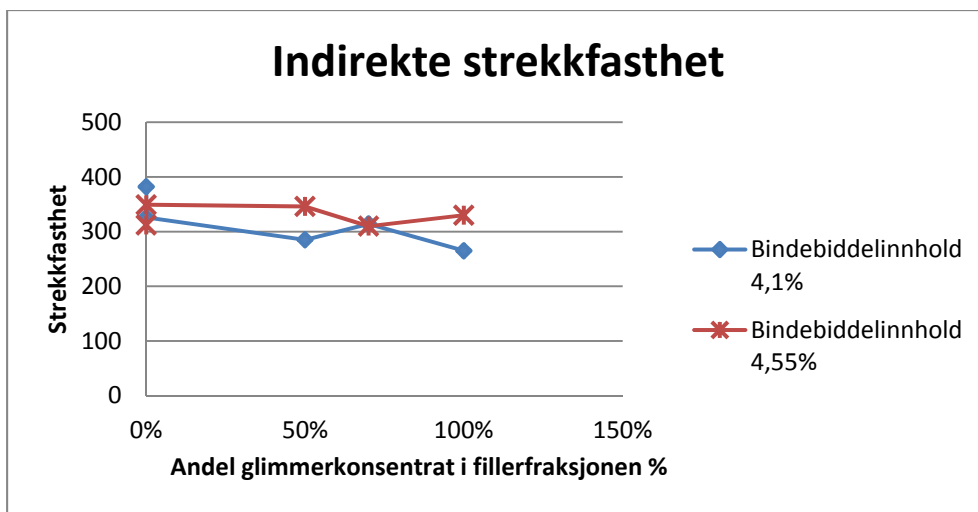
## Indirekte strekktest

Etter å ha kjørt prøvene som var laget med 50 slag i indirekte strekkforsøk kunne det sees at den indirekte strekkfastheten minket når glimmerandelen økte. Dette gjelder spesielt prøvene med det biotittrike glimmerkonsentratet, hvor strekkfastheten ved 100 % glimmerkonsentrat i egenfilleret var 78 % av strekkfastheten med 0% glimmerkonsentrat. Figur 25 viser strekkfastheten mot andel glimmerkonsentrat for prøvene hvor egenfilleret var erstattet med glimmerkonsentrat av enten muskovitt eller biotitt.

Når det gjelder prøvene som var lagd med 75 slag varierte strekkfastheten i prøven med 4,1 % bindemiddel mest. Den lå mellom 382 og 265 kN. En kunne derimot ikke se noen sammenheng mellom strekkfastheten i forhold til andel glimmerkonsentrat i disse prøvene. Figur 26 viser strekkfastheten mot andel glimmerkonsentrat for prøvene med 4,1 og 4,55 % bindemiddelinnhold. Bilag 3 viser en tabell med oversikt over strekkfasthet, E-modul og lastfordelingskoeffisient til prøvene med forskjellig andel glimmerkonsentrat av fillerfraksjonen



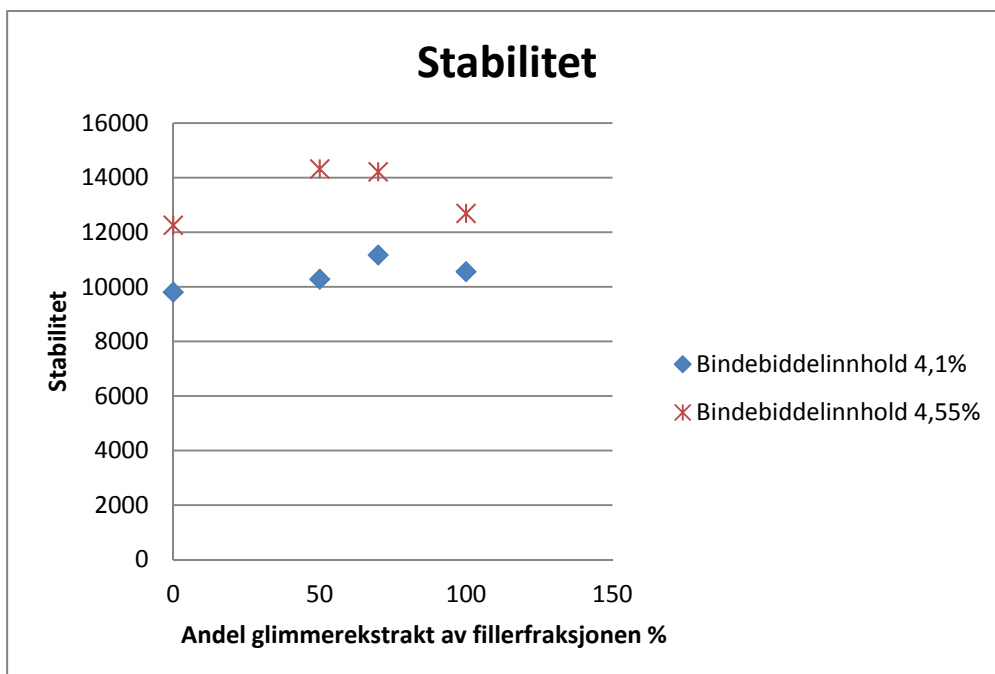
Figur 25 Strekkfasthet som sammenlignet med andel glimmerkonsentrat for prøvene laget med 50 slag



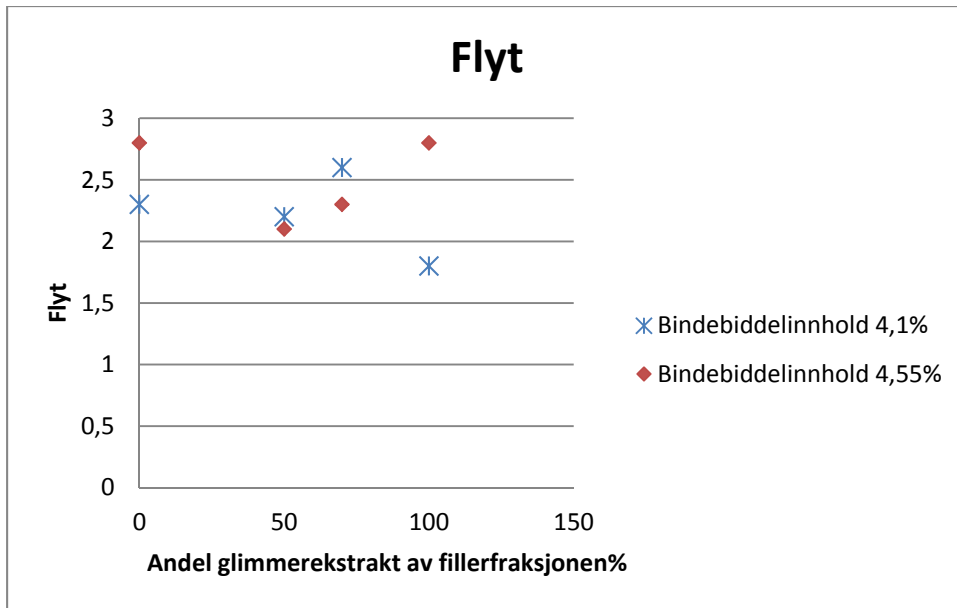
Figur 26 Strekkfasthet som sammenlignet med andel glimmerkonsentrat for prøvene laget med 75 slag

### Marshallflyt og -stabilitet

Marshallstabiliteten varierte fra 9803 til 1162 kN i prøvene med 4,1 % bindemiddelinhold og mellom 12254 til 14319 kN for prøvene med 4,55 %. Marshall stabiliteten fulgte samme mønster som hulrommet. De prøvene med høyt hulrom som var de med 50 og 70 % glimmerkonsentrat, fikk også høyere marshallstabilitet. Bilag 4 viser en fullstendig oversikt over resultatene fra marshalltesten.



Figur 27 Marshallstabilitet som en funksjon av andel glimmerkonsentrat



Figur 28 Marshallflyt som en funksjon av andel glimmerkonsentrat

#### 4.4. Diskusjon - Laboratorieforsøk

Egenskapene til asfalten varierte ikke like mye med andelen glimmer i filleret som forventet. Det var spesielt volumforskjellen på glimmerkonsentratet og egenfilleret som var mye mindre enn forventet. Glimmer og egenfiller målt i tørr tilstand av Hakim og Said (2003) viste en volumforskjell på  $140 \text{ cm}^3$ , mens volumforskjellen i dette forsøket ikke ble mer enn  $10 \text{ cm}^3$  mellom det biotittrike glimmerkonsentratet og egenfilleret, og ca.  $35 \text{ cm}^3$  mellom glimmerkonsentratet av muskovitt.

Det var ikke noen større økning i hulrommet mellom fillerfraksjon av kun egenfiller til fillerfraksjon med glimmer på prøvene laget med 50 slag i forhold til prøvene laget med 75 slag. Derimot viste resultatene fra de siste prøvene en litt mer entydig sammenheng, hvor det kunne se ut som hulrommet økte med glimmerandelen i filleret. Dette i motsetning til de første prøvene hvor hulrommet først steg ca. 1 % når glimmerandelen i filleret var 50 % og deretter minket ca. 2 % når glimmerandelen var 100 %. Hulrommet var som forventet høyere i de siste prøvene som var laget med 50 slag. Hulrommet i de første prøvene varierte likevel mer med glimmerandelen enn de siste.

Strekfastheten og marshallflyt til prøvene laget med 75 slag viste ingen trend eller korrelasjon med glimmerandelen, og det kan se ut som det kun er resultat av tilfeldige variasjoner i prøvene ettersom noen prøver var mer homogen enn andre. Marshalltesten indikerte litt høyere stabilitet ved 50 og 70 % glimmer, men det er vanskelig å si om dette er tilfeldige variasjoner ettersom det kun var enkeltprøver som ble testet.

Hulrommet i de siste prøvene (laget med 50 slag) økte med ca. 1 % når glimmerandelen i filleret økte, mens den indirekte strekkstyrken minket. Dersom hulromsgrafene og strekkfasthetsgrafene fra prøvene laget med 50 slag sammenlignes kan en se at strekkfastheten synker nesten proposjonalt med at hulrommet øker. Det kan se ut som mindre komprimering gjør at finstoffet får en større betydning. Ettersom forsøket var gjort på enkelprøver, og det vanligvis bør være minst tre paralleller, kan det ikke trekkes noe sikker konklusjon fra resultatene. Resultatene er imidlertid en indikasjon på at glimmeret kan påvirke asfalten i form av høyere hulrom og lavere strekkfasthet og E-modul. Forskjellen er imidlertid liten i forhold til tidligere forsøk utført av Mesch et al. (1982) og Miskovsky (2004).

Det var knyttet stor forventning til prøvene med muskovittfiller, ettersom dette filleret hadde størst forskjell i volumet i forhold til egenfilleret. Resultatene indikerte derimot at det ikke skilte seg nevneverdig fra det biotittrike filleret.

Det kan tenkes at glimmer i fillerfraksjonen ikke er et like stort problem alene og at det er når glimmerprosenten er høy i større fraksjoner at problemene oppstår. I forsøk utført av Miskovsky (2004) ble det tilsatt glimmer i alle fraksjonene mellom 0 – 4 mm. Det kan også tenkes at nedmalingen gjør at glimmeret mister noe av egenskapene som vanligvis skaper problemer, fordi glimmeret får en annen kornform når det skilles ut og males ned enn når det siktes ut fra knust materiale. Når materiale ble studert i mikroskop kunne en se tendenser til at kornformen på kornene i glimmerkonsentratet

var mindre flisig og mer kubisk enn det glimmermineraler vanligvis er. Det kan skyldes at når materialet males ned i kulemølle vil kornformen optimaliseres, i motsetning til når det knuses ned i en knuser sammen med andre fraksjoner og deretter siktes ut.

I tillegg er det begrenset hvor mye tillaging av marshallprøveklosser ligner på asfalt lagt i felt. Marshallklossene blir slått med 50 slag på hver side, mens i felt blir asfalten kun komprimert ovenfra med komprimeringsutstyr som skiller seg fra marshallstamperen både i styrke og i måten det komprimeres på.

Ettersom resultatene ikke viste noen store forandringer i asfaltsegenskaper, var det ingen hensikt å gjøre forsøk med volumbasert tilsetning av filler.

## 5. Konklusjon

Problemet på FV890 er antagelig høy andel finstoff og dernest glimmer. Glimmerandelen var noe høy, men ikke utover det normale. Det kan derimot se ut som om kombinasjonen med høy finstoffandel og et ganske høyt glimmerinnhold kan ha slått svært uheldig ut på Fv890. Det er mulig at de negative effektene ved glimmer i finstoffet kan ha blitt forsterket ved at det var mye finstoff i tilslaget. Glimmer kan ha et stort volum og dersom fillermengden øker, vil andelen filler øke mye mer enn dersom tilslaget hadde vært glimmerfattig. Bildene av tynnslipene viste at bindemiddelet ligger rundt alle de minste kornene og overflaten blir derfor for stor til at bindemiddelet kan dekke alt. Glimmer og mye filler kan ha forårsaket det høye hulrommet, som igjen kan ha forårsaket for rask herding. Det kan se ut som om andelen glimmerminerale burde vært under 10 % for at hulrommet skulle vært tilfredsstillende.

De siste prøvene indikerte at glimmer i filleret minsker strekkfastheten og til dels øker hulrommet. Ut ifra disse resultatene kan det likevel ikke konkluderes med at det er sammenheng mellom økt glimmerinnhold og hulrom, ettersom at differansen var relativt liten og det ble laget få prøver. Dette skiller seg fra resultater fra tidligere tester der glimmerinnholdet i større grad påvirker både hulrom, strekkfasthet og marshallstabilitet og -flyt. Forskjellen på volumet til egenfilleret og glimmerkonsentratet kan kun skyldes forskjell i egendensitet til bergartene. Det faktum at forskjellen på egenskapene til asfaltprøvene med egenfiller og asfaltprøvene med glimmerkonsentrat var mindre enn forventet, kan skyldes måten glimmeret var malt ned på, eller at det kun var tilsatt glimmer i fillerfraksjonen og ikke i de andre fraksjonene mellom 0 – 4 mm. Ved å sammenligne prøver lagd med 50 og 75 slag, kan det konstateres at det faktum at hulrommet blir mindre med mer kompaktering gjelder også for prøver der filleret består av glimmer. Det kan i tillegg se ut som om mindre kompakterte prøver blir mer utsatt for reduksjon i strekkfastheten når glimmerandelen øker.



## 6. Veien videre

For å utforske glimmerets innvirkning på asfaltens egenskaper nøyere bør det brukes naturlig knust materiale, ettersom finstoffet da antagelig har en mer flisig kornform enn når det blir malt ned med kulemølle som i denne studien. Når glimmerkonsentratet som ble brukt ble undersøkt i mikroskop virket ikke kornformen like stenglete og flisig som glimmerminerale vanligvis er. Det bør også gjøres tester med glimmer tilsatt flere fraksjoner av tilslaget, ettersom fillerfraksjonen alene ikke ser ut til å ha så stor innvirkning. I dette forøket kunne man se indikasjoner på at hulrommet økte og strekkfastheten ble lavere med økende grad av glimmer, men differansen kun ca. 20% reduksjon, mens andre forsøk har påvist en reduksjon på 73 %. Eventuelt kan en bruke bergarter som er naturlig glimmerrike og sammenligne dem med asfaltprøver hver det er brukt glimmerfattig materiale. Flere prøver lagd med 50 slag bør undersøkes, ettersom det virker som finstoffet spiller en større rolle her med tanke på strekkfasthet. I denne studien var det de seks siste prøvene som var laget med 50 slag som ga synkende strekkstyrke med glimmerandel som resultat. Dersom en finner en betydelig forskjell på egenskapene til asfalt med glimmerrikt og glimmerfattig tilslag kan en utføre forsøk med volumbasert tilsetning av filler. Da er det kanskje grunn til å vurdere å volumproporsjonere flere fraksjoner enn bare fillerfraksjonen ( $<0,063$ ), dersom en kommer fram til at glimmer i større fraksjoner virker inn. Det var dessverre ikke hensiktsmessig å utføre forsøk med volumbasert tilsetning av filler i denne oppgaven ettersom differansen på resultatene fra prøvene med og uten glimmer var så liten. For Statens vegvesen sin del kan det være aktuelt å bruke glimmer som er sendt fra Quartz corp i USA, men som ikke ankom tidsnok til å bli testet i denne oppgaven.



## Referanser

- ANDERSEN, E. O. & TELLE, R. 2010. Mørtelfasens betydning for asfaltkvalitet. *NVF-rapporter*.
- BRODIN, A. 2008. *Extra noga med Vännäsvägen* [Online]. Västerbottens-Kuriren. Available: <http://www.vk.se/Article.jsp?article=180725>.
- BÄCKSTRÖM, F. & ANDERSSON, M. 2007. *En studie om glimmers förmåga att absorbera och kvarhålla fukt genom kapillära krafter i jämförelse med finfraktion utan glimmer samt glimmers kohesiva egenskaper*. Luleå tekniska universitet.
- HAKIM, H. & SAID, S. 2003. Glimmer i bitumenbundna beläggningar. Vägverket.
- LOORENTS, K.-J., JOHANSSON, E. & ARVIDSSON, H. 2007. Free mica grains in crushed rock aggregates. *Bulletin of Engineering Geology and the Environment*, 66, 441-447.
- MESCH, J., PETTERSON, S. & VÄGBYGGNAD, K. T. H. I. F. 1982. *Inverkan av glimmerinblandning på egenskaper hos asfaltmassa*.
- MISKOVSKY, K. 2004. Enrichment of fine mica originating from rock aggregate production and its influence on the mechanical properties of bituminous mixtures. *Journal of Materials Engineering and Performance*, 13, 607-611.
- MURAYA, P. M. 2009. Mix Design - Marshall. In: UNIVERSITET, N. N. T.-N. (ed.). Institutt for bygg anlegg og transport: Institutt for bygg anlegg og transport.
- NORDAL, R. S., TØAN, A. K. & MORK, J. A. O. H. 1991. *Oversikt over asfaltdekker*, NTNU, Institutt for bygg anlegg og transport.
- READ, J. & WHITEOAK, D. 2003. *The Shell bitumen handbook*, London, Published for Shell Bitumen by Thomas Telford.
- STANDARD NORGE 2003a. Bituminøse masser - Prøvingsmetoder for varmblandet asfalt - Del 6: Bestemmelse av densitet av bituminøse prøvelegemer (NS-EN 12697-6:2003+A1:2007).
- STANDARD NORGE 2003b. Bituminøse masser - Prøvingsmetoder for varmblandet asfalt - Del 8: Bestemmelse av hulrominnhold i bituminøse prøvelegemer (NS-EN 12697-8:2003).
- STANDARD NORGE 2003c. Bituminøse masser - Prøvingsmetoder for varmblandet asfalt - Del 23: Bestemmelse av indirekte strekkfasthet av bituminøse prøvelegemer (NS-EN 12697-23:2003).

STANDARD NORGE 2004. Bitumiøsemasser - Prøvingsmetoder for varmblandet asfalt - Del 30: Tillaging av prøvelegemer ved slagkomprimering - (NS-EN 12697-30:2004+A1:2007).

STANDARD NORGE 2005. Bituminøse masser - Prøvingsmetoder for varmblandet asfalt - Del 1: Ekstrahert bindemiddelinhold (NS-EN 12697-1:2005).

STANDARD NORGE 2009. Bituminøse masser - Prøvingsmetoder for varmblandet asfalt - Del 5: Bestemmelse av maksimal densitet (NS-EN 12697-5:2009/AC:2012).

STARCK, P. & LÖFGREN, B. 2007. Influence of de-icing agents on the viscoelastic properties of asphalt mastics. *Journal of Materials Science*, 42, 676-685.

STATENS VEGVESEN 2005. *Laboratorieundersøkelser*, Oslo.

STATENS VEGVESEN 2010. *Vegbygging*, Oslo, Vegdirektoratet.

STATENS VEGVESEN 2011. *Vegbygging*, [Oslo], Vegdirektoratet.

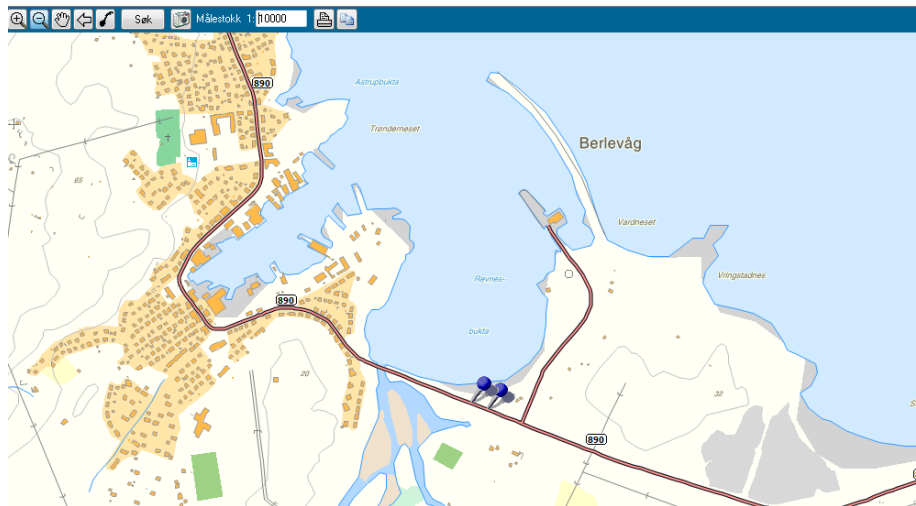
ULVIK, A. 2012. *RE: Forklaring og informasjon om bilder av tynnslip*. Type to SÆLEN, P.

## Bilag

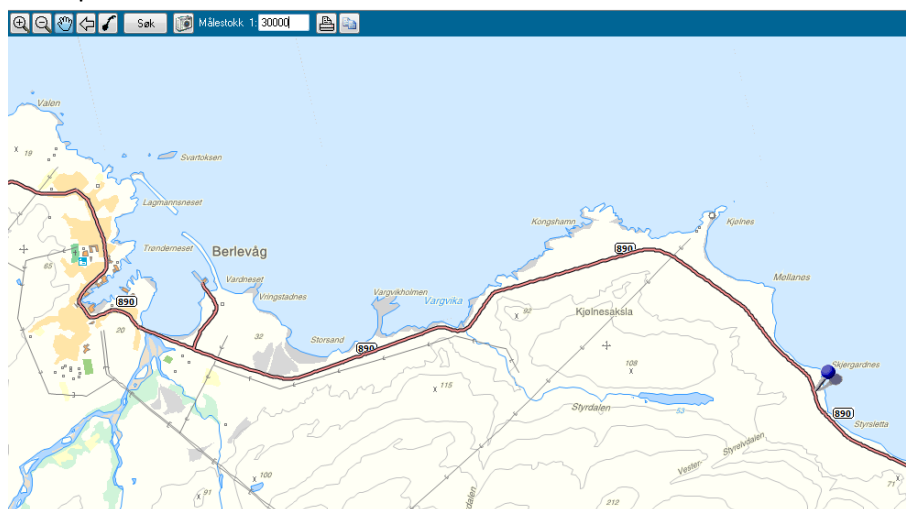
Bilag 1: Kart over prøvepunktene .....	2
Bilag 2: Hulrom .....	7
Bilag 3: Indirekte strekktest.....	9
Bilag 4: Marshalltest .....	10

## Oversikt over prøvepunktene hvor borekjernene ble hentet fra

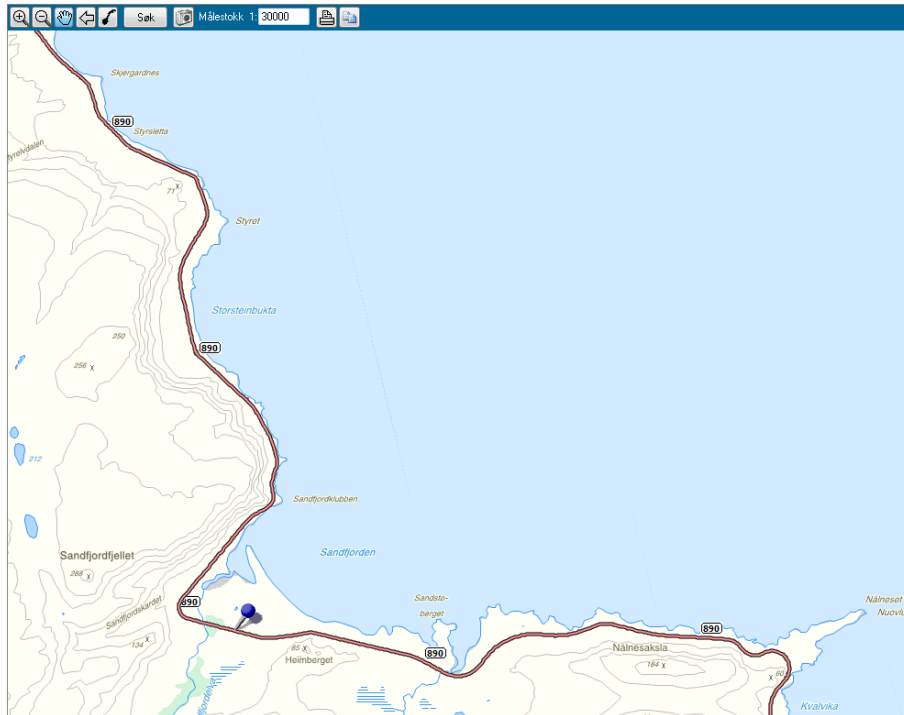
### Prøvepunkt 7 og 8



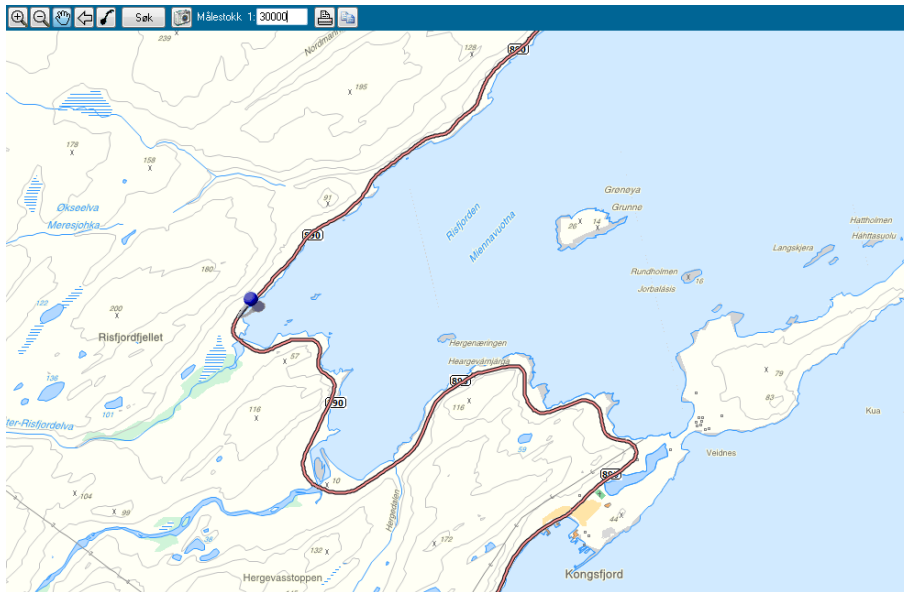
### Prøvepunkt 6



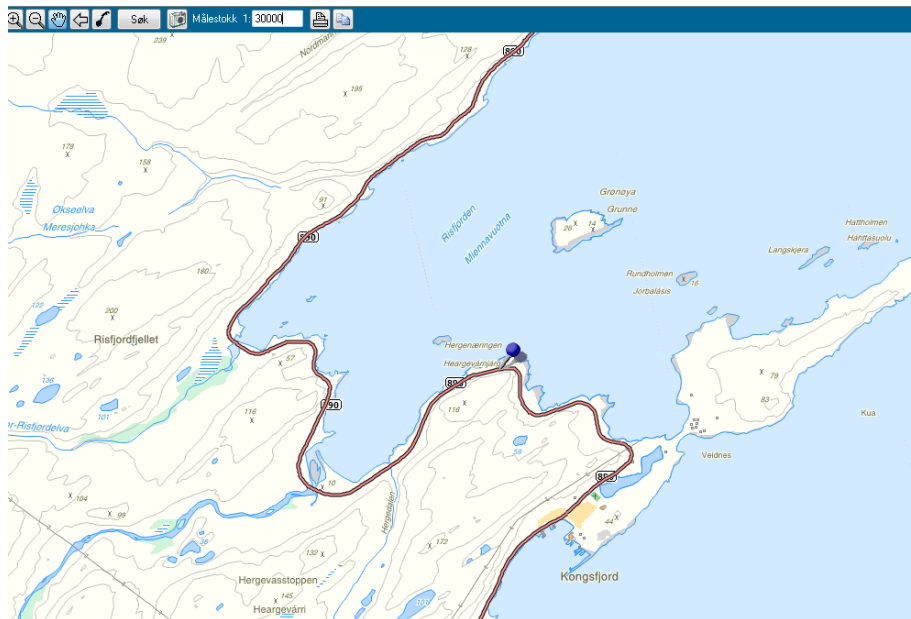
### Prøvepunkt 5



### Prøvepunkt 4

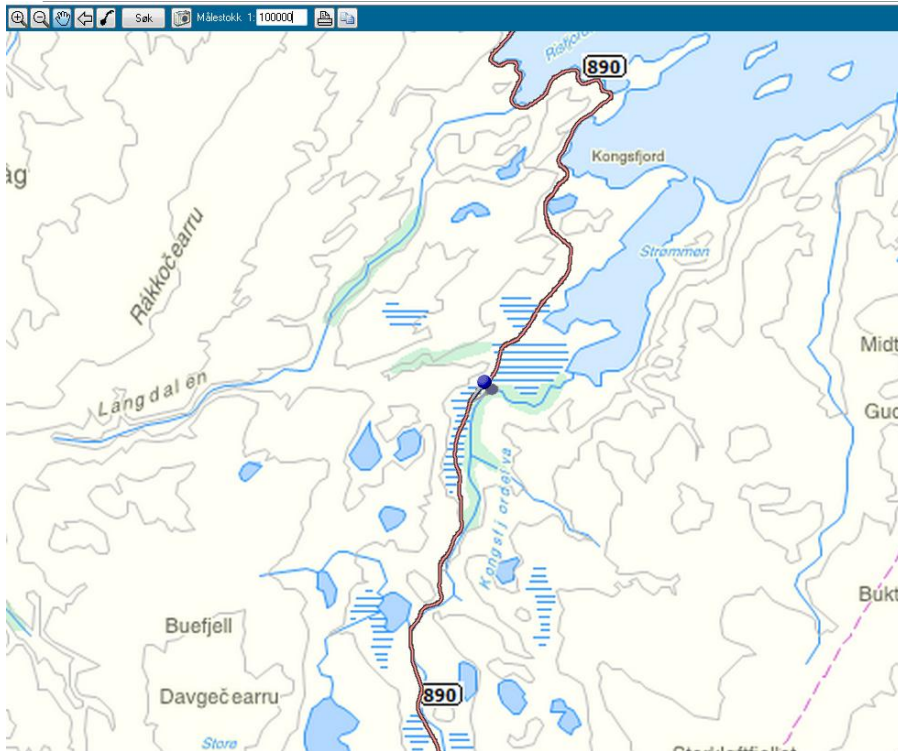


## Prøvepunkt 3

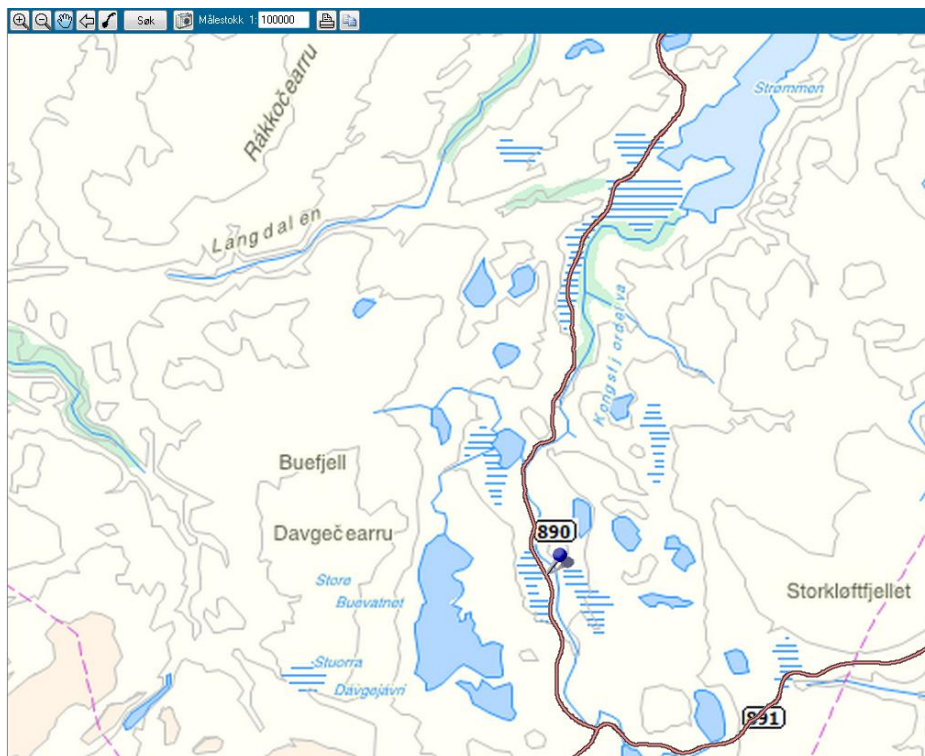


(pluss ekstra prøve 20 m fra P3)

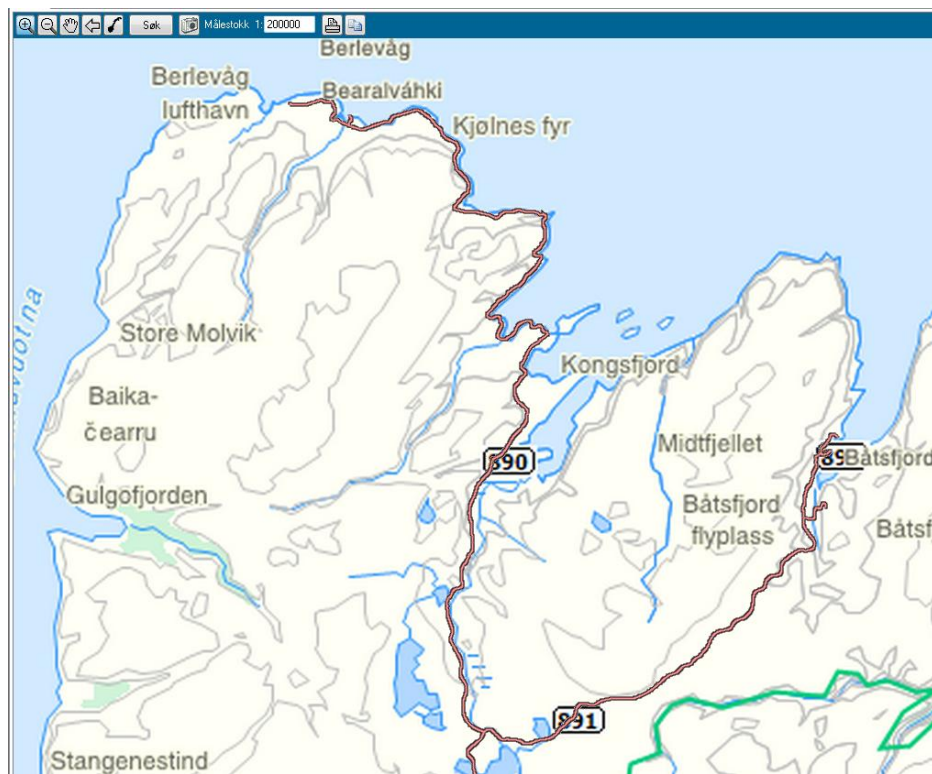
Prøvepunkt 2



Prøvepunkt 1



Hele strekningen

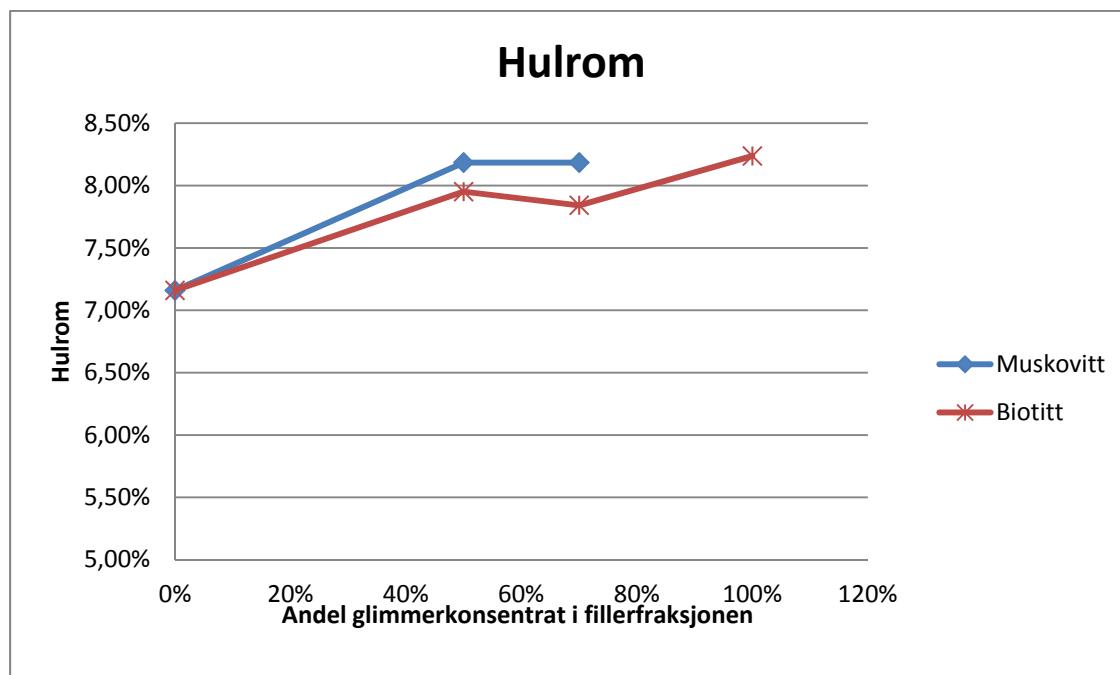




## Hulrom

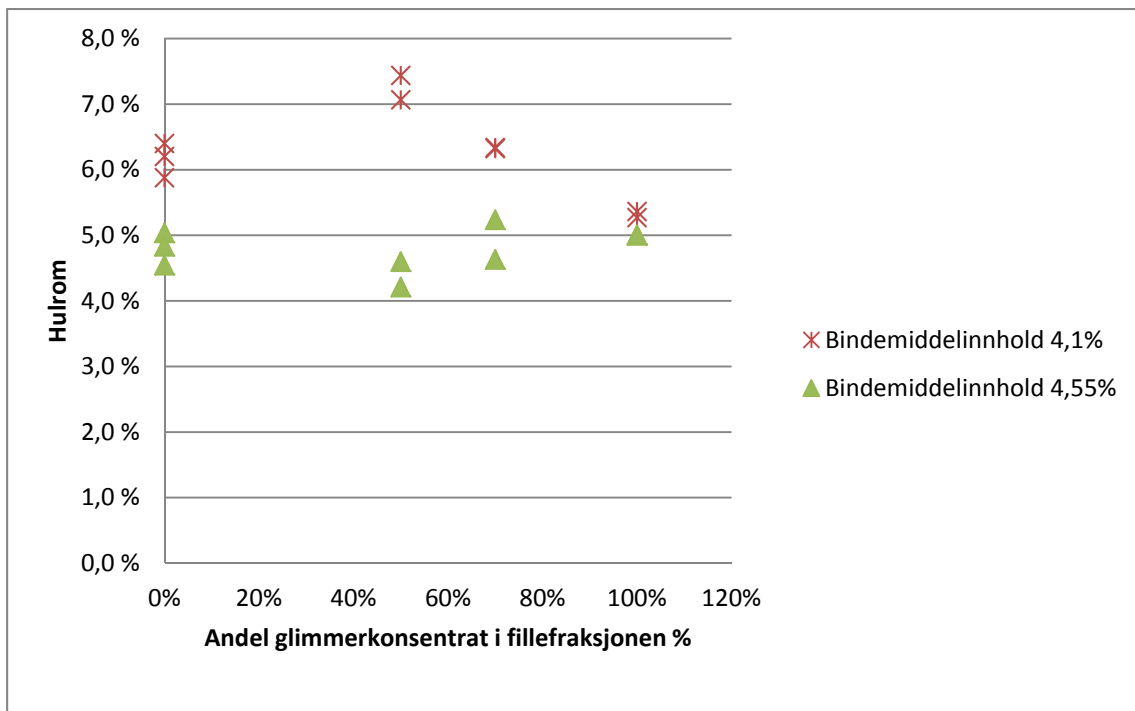
Prøver laget med biotittkonsentrat og 75 slag:

Bindemiddelinnhold 4,1%		Bindemiddelinnhold 4,55%	
Hulrom	Glimmer	Hulrom	Glimmer
6,4 %	0 %	5,0 %	0 %
6,2 %	0 %	4,8 %	0 %
5,9 %	0 %	4,5 %	0 %
7,1 %	50 %	4,2 %	50 %
7,4 %	50 %	4,6 %	50 %
6,3 %	70 %	4,6 %	70 %
6,3 %	70 %	5,2 %	70 %
5,3 %	100 %	5,0 %	100 %
5,4 %	100 %	5,0 %	100 %



Prøver laget med 4,1 % bindemiddel og 50 slag:

Muskovitt		Biotitt	
Hulrom	Glimmer	Hulrom	Glimmer
7,16 %	0 %	7,16 %	0 %
8,18 %	50 %	7,95 %	50 %
8,18 %	70 %	7,84 %	70 %
		8,24 %	100 %



## Indirekte strekktest

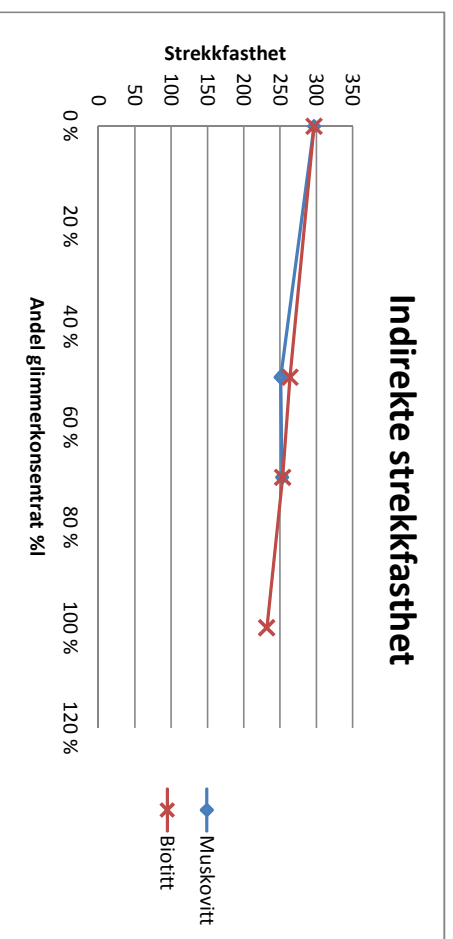
Prøver laget med biotittkonsentrat og 75 slag:

Bindebiddelinnhold 4,1%					Bindebiddelinnhold 4,55%				
Dato	Glimmerekstrakt	Strekkfasthet [kPa]	E-modul [MPa]	Lastfordelingkoeffisient	Glimmerekstrakt	Strekkfasthet [kPa]	E-modul [MPa]	Lastfordelingkoeffisient	
28.05.2012	0%	382	2430	2,76	0%	312	2000	2,58	
04.jun	0%	326	2086	2,61	0%	349	2230	2,68	
05.jun	50%	285	1837	2,50	50%	346	2213	2,67	
08.jun	70%	314	2014	2,58	70%	310	1993	2,57	
09.jun	100%	265	1719	2,44	100%	330	2116	2,63	

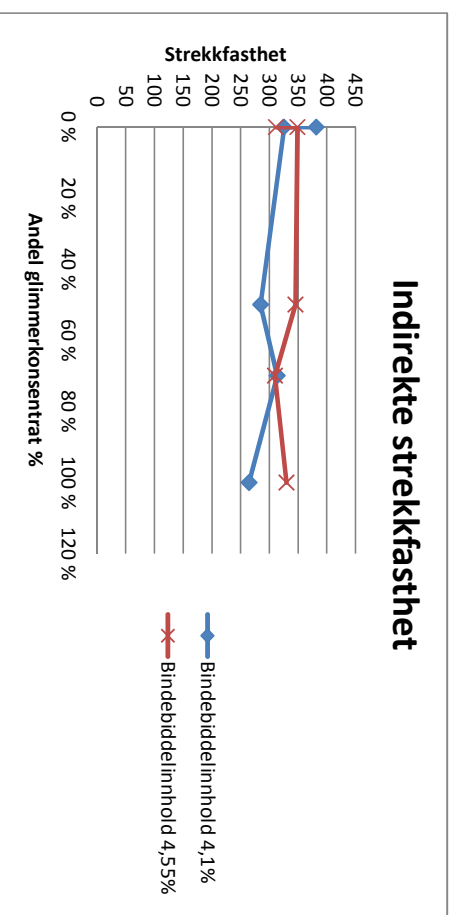
Prøver laget med 4,1 % bindemiddel og 50 slag:

Muskovitt					Biotitt				
Dato	Glimmerekstrakt	Strekkfasthet [kPa]	E-modul [MPa]	Lastfordelingkoeffisient	Glimmerekstrakt	Strekkfasthet [kPa]	E-modul [MPa]	Lastfordelingkoeffisient	
22.06.2012	0%	297	1910	2,53	0%	297	1910	2,53	
23.06.2012	50%	251	1631	2,4	50%	264	1712	2,44	
24.06.2012	70%	253	1641	2,40	70%	254	1648	2,41	
25.06.2012					100%	232	1514	2,33	
26.06.2012									

### Indirekte strekkfasthet



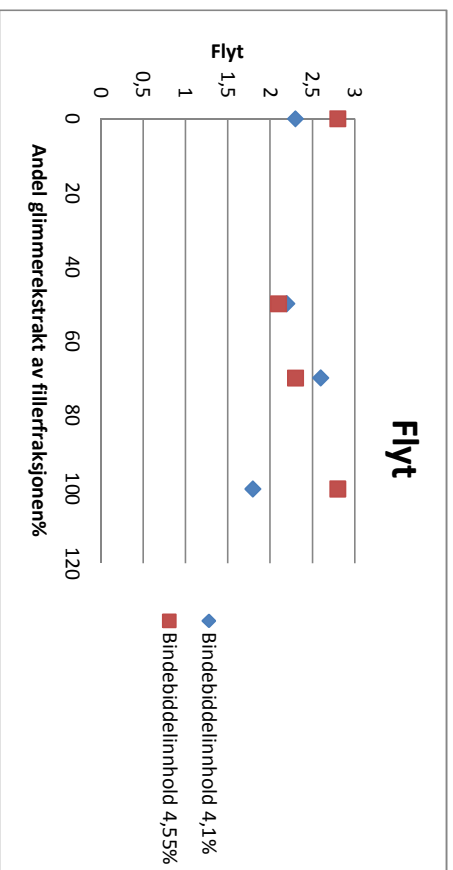
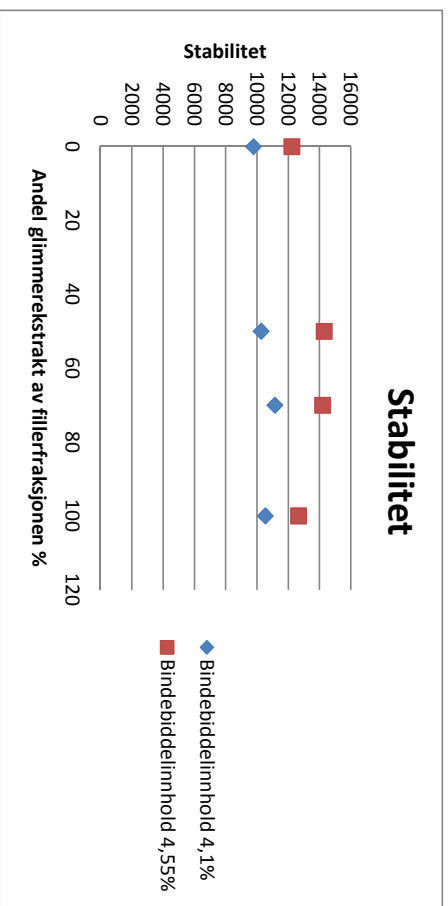
### Indirekte strekkfasthet



## Marshalltest

Prøver laget med biotittestrakt og 75 slag:

Bindebiddelinhold 4,1%				Bindebiddelinhold 4,55%			
Glimmerrekstrakt	Stabilitet [N]	Flyt [mm]	Stivhet [N/mm]	Glimmerrekstrakt	Stabilitet [N]	Flyt [mm]	Stivhet [N/mm]
0	9803	2,3	5336	0	12254	2,8	6287
50	10280	2,2	6449	50	14319	2,1	9182
70	11163	2,6	5544	70	14214	2,3	8248
100	10557	1,8	8829	100	12691	2,8	6175



## Vedlegg

Vedlegg 1: Oppgavetekst.....	2
Vedlegg 2: Resultatoversikt.....	6
Vedlegg 3: Laboratorieutskrifter .....	7
Vedlegg 4: Bilder av tynnslip.....	33
Vedlegg 5: XRD-analyse av prøver fra Veidnes, 0 - 4 mm .....	41
Vedlegg 6: Tidligere hulromsberegninger gjort av Statens vegvesen.....	45

## **MASTEROPPGAVE**

(TBA4940 VEG, masteroppgave)

VÅREN 2012  
for  
**Pernille Sælen**

### Fritt glimmers innvirkning på asfaltens egenskaper

#### **BAKGRUNN**

På mange av våre veger, spesielt de med lav trafikk kan økt dekkelevetid oppnås ved å forbedre dekkenes bestandighet mot klimatiske påkjenninger. En viktig faktor som lett kan forårsake redusert bestandighet er svake mineraler som glimmer i steinmaterialet som er benyttet. Det er ikke krav til glimmerinnhold for tilslag til norske asfaltdekker, mens det for mekanisk stabiliserte materialer er slik at egnetheten skal vurderes dersom glimmerinnholdet er "høyt". For dekketilslag antas det at et for høyt glimmerinnhold vil avsløres ved at micro-Deval- (evt. kule mølle-) verdien er høy. Et problem i denne sammenhengen kan være at disse forsøkene normalt utføres på fraksjonene 10/14 og 11.2/16 mm, mens et eventuelt glimmerholdig materiale ved nedknusing vil gi anriking av glimmerinnholdet nedover i fraksjonene, slik at en eventuell egenfyller basert på slike materialer kan ha et mye høyere glimmerinnhold enn det som testes ved micro-Deval og/eller kule mølle.

Det har ved enkelte tilfeller blitt produsert asfaltdekker med tilslag av glimmerinnholdig materiale, der dette har gitt skader etter kort tid under trafikk. Særlig har dette vært tydelig i tilknytning til horisontale vridningskrefter, men det har også ført til problemer under mer "normale" forhold.

Av grunner som nevnt over ønsker en å se nærmere på hvordan glimmer innvirker på asfaltdekkers bestandighet. Dette vil bl.a. omfatte rapporterte erfaringer med "glimmerholdig asfalt" både i Norge og utlandet, hvilke kriterier og krav til glimmerinnhold som er satt i ulike land, laboratorietesting for å kartlegge og avdekke ulike asfaltdekkers følsomhet for glimmer, en vurdering av hvilke skader som kan opptre, og eventuelt å etablere et regelverk for bruk/krav til maksimalt innhold av glimmer.

En del av disse momentene ble behandlet i kandidatens prosjektoppgave "Glimmer i asfalt" ved NTNU høsten 2011. En ønsker i masteroppgaven å gå lenger inn i materien, og starte arbeidet med å undersøke mer dekkende metoder for å måle glimmerinnhold i lab, og på basis av dette gi innspill til krav til glimmer i asfalt.

**OPPGAVE**

Litteraturstudiet i kandidatens prosjektoppgave viser at høyt glimmerinnhold (i vekt%) i asfalt i første rekke er skadelig på grunn av glimmers kornform som gir høy spesifikk overflate for tilslaget, noe som medfører at hulrommet øker. Men glimmer påvirker også vedheften mellom tilslag og bindemiddel i negativ retning, og på grunn av høy spesifikk overflate har det høy absorpsjonsevne overfor bindemiddel. Det er også relativ stor grad av samstemmighet i litteraturen om at glimmerinnholdet oppmagasineres nedover i kornfraksjonene ved nedkusing, slik at indirekte metoder som micro-Deval og kulemlølle ikke er velegnet til å avsløre høyt glimmerinnhold. Det anbefales derfor at glimmerinnholdet måles på de mindre kornfraksjonene, og da ved mer direkte metoder som for eksempel visuell glimmertelling i stereomikroskop, røntgendiffraksjon (XRD) eller skannende elektronmikroskop (SEM).

**Beskrivelse av oppgaven**

I denne masteroppgaven skal en først gjøre en vurdering av hvilke asfaltegenskaper glimmer i finfraksjonen påvirker. Dette ut fra undersøkelser og erfaringer som er gjort tidligere. Dette skal danne grunnlag for hvilke testmetoder og undersøkelser som skal utføres i det videre laboratoriearbeidet.

Som andre trinn i oppgaven skal en gjennomføre analyse av uttatte prøver fra FV890 i Finnmark. På disse prøvene skal en ut fra tidligere utførte analyser og egne analyser gjøre en vurdering av glimmerinnholdets betydning for dekkets levetid.

Neste trinn i oppgaven vil være å se nærmere på hvordan og hvorfor glimmer i finfraksjonen påvirker asfaltens egenskaper. I denne delen av oppgaven skal en gjøre kontrollerte prøveblandinger med varierende innhold av glimmer i finfraksjonen. Gjennom kontrollerte forsøk vil en kunne begrense variasjonsfaktorene og få et bedre grunnlag for å vurdere glimmers betydning for asfaltens egenskaper. En bør også i denne delen av oppgaven vurdere å gjennomføre forsøk med volumbasert tilsetning.

Ut fra utførte laboratorieforsøk og tidligere erfaringer skal en gjennomføre en analyse og gjøre en vurdering som kan danne grunnlag for fremtidige krav.

## GENERELT

Opgaveteksten er ment som en ramme for kandidatens arbeid. Justeringer vil kunne skje underveis, når en ser hvordan arbeidet går. Eventuelle justeringer må skje i samråd med faglærer ved instituttet.

Ved bedømmelsen legges det vekt på grundighet i bearbeidningen og selvstendighet i vurderinger og konklusjoner, samt at framstillingen er velredigert, klar, entydig og ryddig uten å være unødig voluminøs.

Besvarelsen skal inneholde

- standard rapportforside (automatisk fra DAIM, <http://daim.idi.ntnu.no/>)
- tittelside med ekstrakt og stikkord (mal finnes på siden <http://www.ntnu.no/bat/skjemabank>)
- forord
- sammendrag på norsk og engelsk (studenter som skriver sin masteroppgave på et ikke-skandinavisk språk og som ikke behersker et skandinavisk språk, trenger ikke å skrive sammendrag av masteroppgaven på norsk)
- innholdsfortegnelse inklusive oversikt over figurer, tabeller og vedlegg
- om nødvendig en liste med beskrivelse av viktige betegnelser og forkortelser benyttet
- hovedteksten
- referanser til kildemateriale som ikke er av generell karakter, dette gjelder også for muntlig informasjon og opplysninger.
- oppgaveteksten (denne teksten signert av faglærer) legges ved som Vedlegg 1.
- besvarelsen skal ha komplett paginering (sidenummerering).

Besvarelsen kan evt. utformes som en vitenskapelig artikkel. Arbeidet leveres da også med rapportforside og tittelside og om nødvendig med vedlegg som dokumenterer arbeid utført i prosessen med utforming av artikkelen.

Se forøvrig «Råd og retningslinjer for rapportskrivning ved prosjektarbeid og masteroppgave ved Institutt for bygg, anlegg og transport». Finnes på <http://www.ntnu.no/bat/skjemabank>

### Hva skal innleveres?

Rutiner knyttet til innlevering av masteroppgaven er nærmere beskrevet på <http://daim.idi.ntnu.no/>. Trykking av masteroppgaven bestilles via DAIM direkte til Skipnes Trykkeri som leverer den trykte oppgaven til instituttkontoret 2-4 dager senere. Instituttet betaler for 3 eksemplarer, hvorav instituttet beholder 2 eksemplarer. Ekstra eksemplarer må bekostes av kandidaten/ ekstern samarbeidspartner.

Ved innlevering av oppgaven skal kandidaten levere en CD med besvarelsen i digital form i pdf- og word-versjon med underliggende materiale (for eksempel datainnsamling) i digital form (f. eks. excel). Videre skal kandidaten levere innleveringsskjemaet (fra DAIM) hvor både Ark-Bibl i SBI og Fellestjenester (Byggsikring) i SB II har signert på skjemaet. Innleveringsskjema med de aktuelle signaturene underskrives av instituttkontoret før skjemaet leveres Fakultetskontoret.

Dokumentasjon som med instituttets støtte er samlet inn under arbeidet med oppgaven skal leveres inn sammen med besvarelsen.

Besvarelsen er etter gjeldende reglement NTNUs eiendom. Eventuell benyttelse av materialet kan bare skje etter godkjennelse fra NTNU (og ekstern samarbeidspartner der dette er aktuelt). Instituttet har rett til å bruke resultatene av arbeidet til undervisnings- og forskningsformål som om



det var utført av en ansatt. Ved bruk ut over dette, som utgivelse og annen økonomisk utnyttelse, må det inngås særskilt avtale mellom NTNU og kandidaten.

**(Evt) Avtaler om ekstern veiledning, gjennomføring utenfor NTNU, økonomisk støtte m.v.**

Oppgaven gjennomføres i samarbeid med Statens vegvesen Vegdirektoratet; Trafikksikkerhet, miljø og teknologiavdelingen.

**Helse, miljø og sikkerhet (HMS):**

NTNU legger stor vekt på sikkerheten til den enkelte arbeidstaker og student. Den enkeltes sikkerhet skal komme i første rekke og ingen skal ta unødige sjanser for å få gjennomført arbeidet. Studenten skal derfor ved uttak av masteroppgaven få utdelt brosjyren "Helse, miljø og sikkerhet ved feltarbeid m.m. ved NTNU".

Dersom studenten i arbeidet med masteroppgaven skal delta i feltarbeid, tokt, befaring, feltkurs eller ekskursjoner, skal studenten sette seg inn i "Retningslinje ved feltarbeid m.m.". Dersom studenten i arbeidet med oppgaven skal delta i laboratorie- eller verkstedarbeid skal studenten sette seg inn i og følge reglene i "Laboratorie- og verkstedhåndbok". Disse dokumentene finnes på fakultetets HMS-sider på nettet, se <http://www.ntnu.no/ivt/adm/hms/>.

Studenter har ikke full forsikringsdekning gjennom sitt forhold til NTNU. Dersom en student ønsker samme forsikringsdekning som tilsatte ved universitetet, anbefales det at han/hun tegner reiseforsikring og personskadeforsikring. Mer om forsikringsordninger for studenter finnes under samme lenke som ovenfor.

**Innleveringsfrist:**

Arbeidet med oppgaven starter 16. januar 2012

Besvarelsen leveres senest ved registrering i DAIM innen 11. juni 2012 kl 1500. Etter søknad er innleveringsfristen utsatt til 29. juni.

**Faglærer ved instituttet:** Helge Mork

**Veileder(eller kontaktperson) hos ekstern samarbeidspartner:** Arnhild Ulvik, Statens vegvesen Region Midt

Institutt for bygg, anlegg og transport, NTNU  
Dato: 13.01.2012, (tilpasset til ny mal 25.6.2012)

Underskrift



Helge Mork

## Resultatoversikt

Nummer	Glimmertype	Glimmerandel	Bindemiddel%	Hulrom%	Testmetode	Strekkefasthet [kPa]	E-modul [MPa]	Lastfordelingsk.	Stabilitet [N]	Flyt [mm]	Stivhet [N/mm]
1	-	0%	4,10 %	6,4 %	Indirekte strekk	382	2430	2,76	-	-	-
2	-	0%	4,55 %	5,0 %	Indirekte strekk	312	2000	2,58	-	-	-
3	-	0%	4,70 %	4,0 %	Indirekte strekk	297	1911	2,54	-	-	-
4	-	0%	4,90 %	4,0 %	Indirekte strekk	314	2017	2,58	-	-	-
4.1.0.A	-	0%	4,10 %	5,9 %	Marshall	-	-	-	9803	-	2,3
4.1.0.B	-	0%	4,10 %	6,2 %	Indirekte strekk	326	2086	2,61	-	-	-
4.1.50.A	biotitt*	50%	4,10 %	7,1 %	Marshall	-	-	-	10280	-	2,2
4.1.50.B	biotitt*	50%	4,10 %	7,4 %	Indirekte strekk	285	1837	2,50	-	-	-
4.1.70.A	biotitt*	70%	4,10 %	6,3 %	Indirekte strekk	314	2014	2,58	-	-	-
4.1.70.B	biotitt*	70%	4,10 %	6,3 %	Marshall	-	-	-	11163	-	2,6
4.1.100.A	biotitt*	100%	4,10 %	5,0 %	Indirekte strekk	265	1719	2,44	-	-	-
4.1.100.B	biotitt*	100%	4,10 %	5,0 %	Marshall	-	-	-	10557	-	1,8
4.55.0.A	-	0%	4,55 %	4,5 %	Marshall	-	-	-	12254	-	2,8
4.55.0.B	-	0%	4,55 %	4,5 %	Indirekte strekk	349	2230	2,68	-	-	-
4.55.50.A	biotitt*	50%	4,55 %	4,2 %	Marshall	-	-	-	14319	-	2,1
4.55.50.B	biotitt*	50%	4,55 %	4,6 %	Indirekte strekk	346	2213	2,67	-	-	9182
4.55.70.A	biotitt*	70%	4,55 %	4,6 %	Marshall	-	-	-	14214	-	2,3
4.55.70.B	biotitt*	70%	4,55 %	5,2 %	Indirekte strekk	310	1993	2,57	-	-	-
4.55.100.A	biotitt*	100%	4,55 %	5,0 %	Indirekte strekk	330	2116	2,63	-	-	-
4.55.100.B	biotitt*	100%	4,55 %	5,0 %	Marshall	-	-	-	12691	-	2,8
4.1.0.C	-	0%	4,10 %	7,2 %	Indirekte strekk	297	1910	2,53	-	-	-
4.1.50.C	biotitt*	50%	4,10 %	8,0 %	Indirekte strekk	264	1712	2,44	-	-	-
4.1.70.C	biotitt*	70%	4,10 %	7,8 %	Indirekte strekk	254	1648	2,41	-	-	-
4.1.100.C	biotitt*	100%	4,10 %	8,2 %	Indirekte strekk	232	1514	2,33	-	-	-
4.1.50.M	muskovitt	50%	4,10 %	8,2 %	Indirekte strekk	251	1631	2,40	-	-	-
4.1.70.M	muskovitt	70%	4,10 %	8,2 %	Indirekte strekk	253	1641	2,40	-	-	-

\* konsentrert med ca. 80% glimmer

Spaltestrek -

PROVENR.: 1 PROVEHOYDE.: 57.42 PROVETEMP.: 25.0 M/ Hor.Def Standard

PROVEDIAMETER.: 101.57 mm

c:\cbr\data\120531 10.23S

Strekfasthet

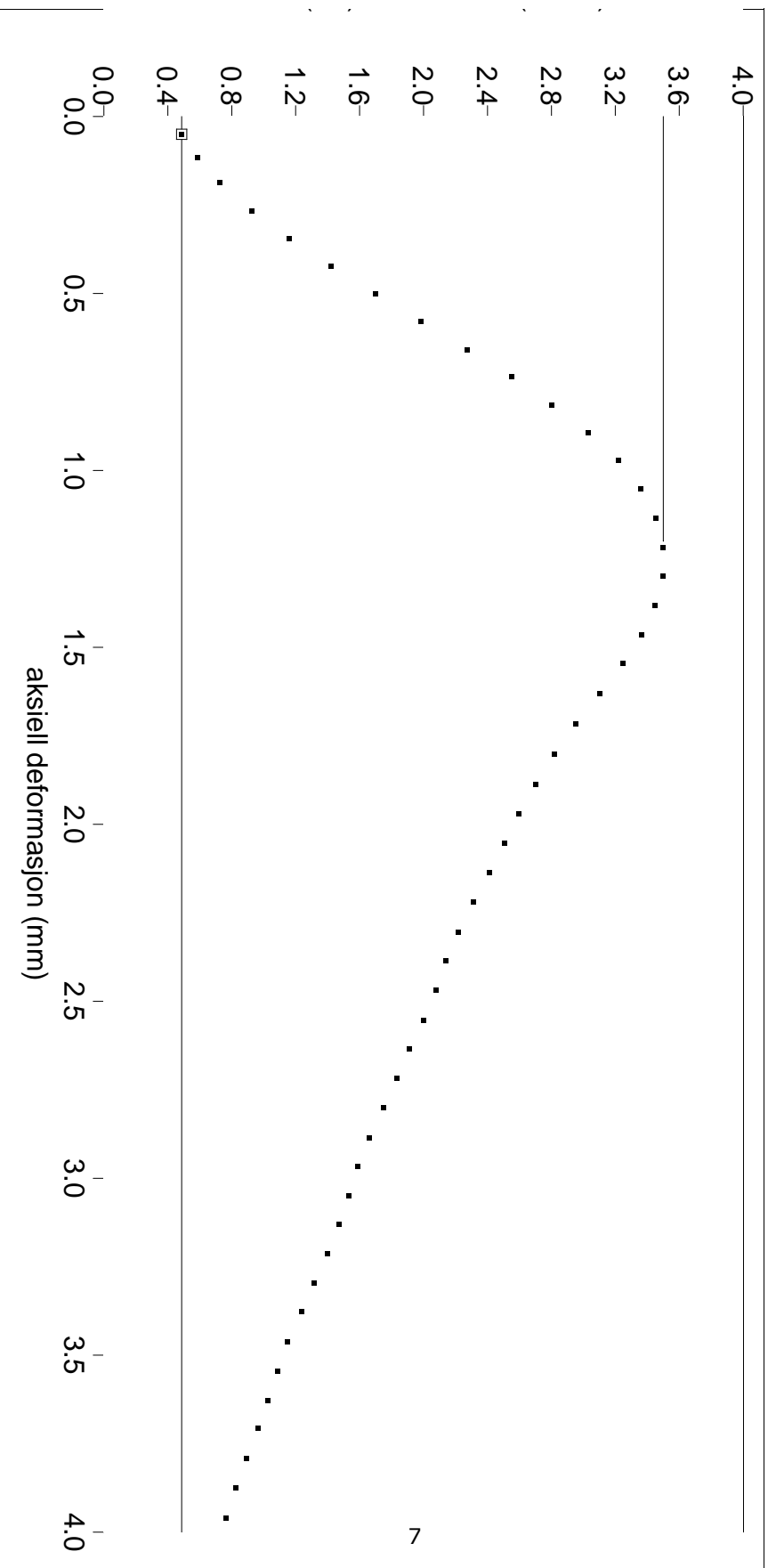
382 KPa

E-modul

2430 MPa

Lastford.koeff.

2.76



Spaltestrek -

PROVENR.: 2 PROVEHOYDE.: 57.67 PROVETEMP.: 25.0 M/ Hor.Def Standard

PROVEDIAMETER.: 101.40 mm

c:\cbr\data\120531 10.39S

Strekfasthet

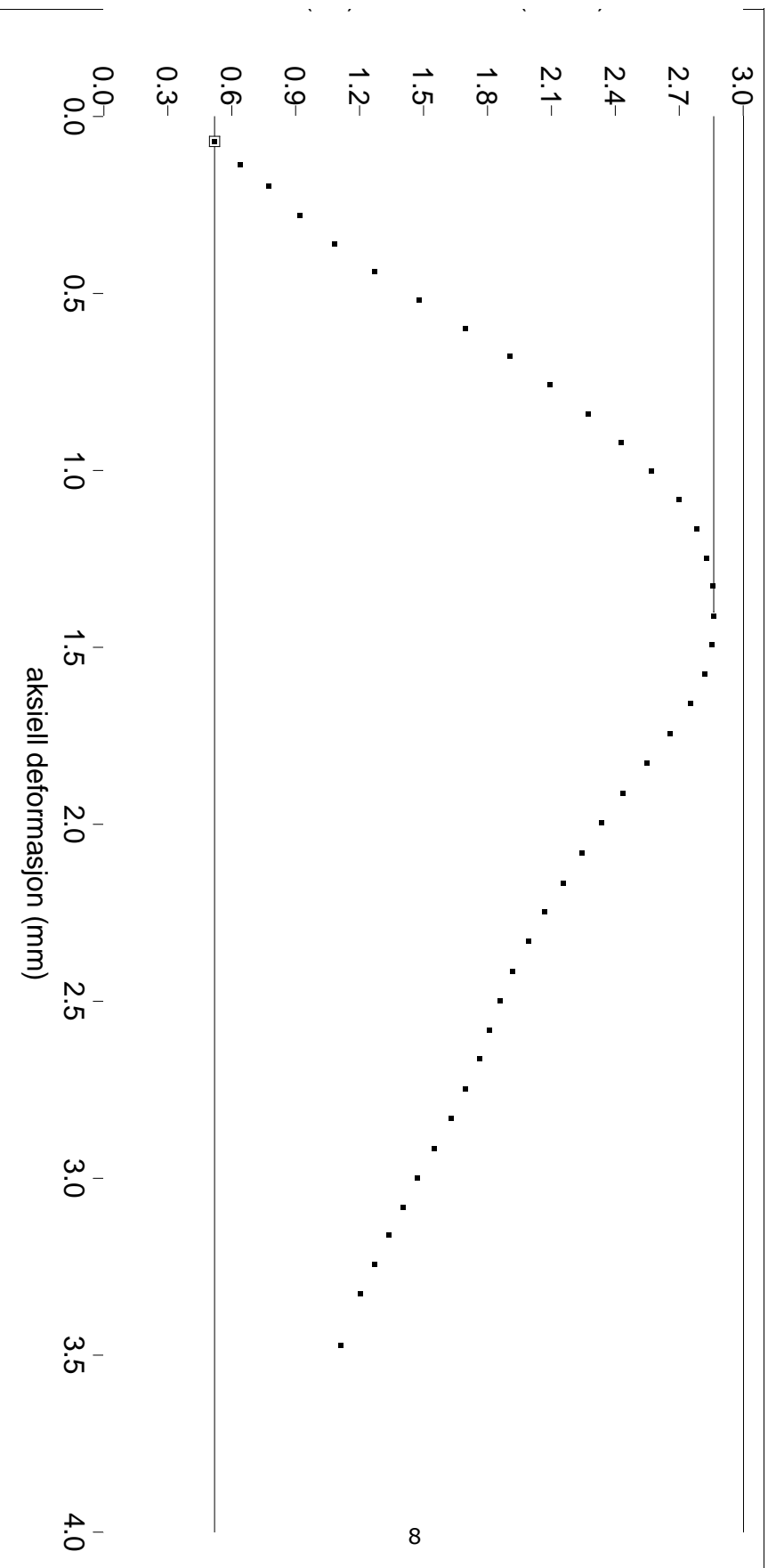
312 KPa

E-modul

2000 MPa

Lastford.koeff.

2.58



Spaltestrek -

PROVENR.: 3 PROVEHOYDE.: 57.72 PROVETEMP.: 25.0 M/ Hor.Def Standard

PROVEDIAMETER.: 101.56 mm

c:\cbr\data\120531 10.46S

Strekfasthet

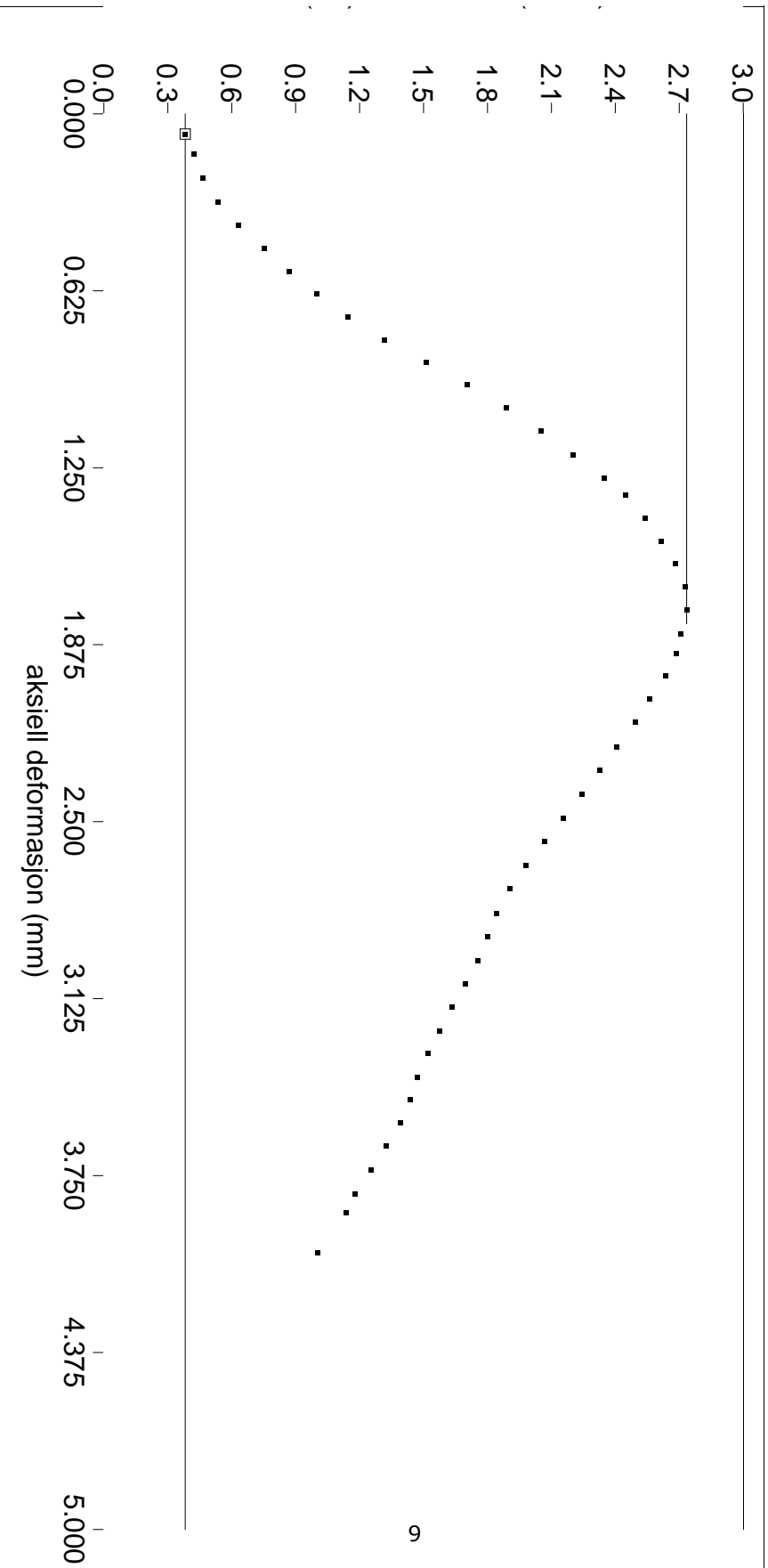
297 KPa

E-modul

1911 MPa

Lastford.koeff.

2.54



Spaltestrek -

PROVENR.:

4

PROVEHOYDE.:

57.48

PROVETEMP.:

25.0

M/ Hor.Def

Standard

PROVEDIAMETER.:

101.58

mm

c:\cbr\data\120531 10.53S

Strekfasthet

314

KPa

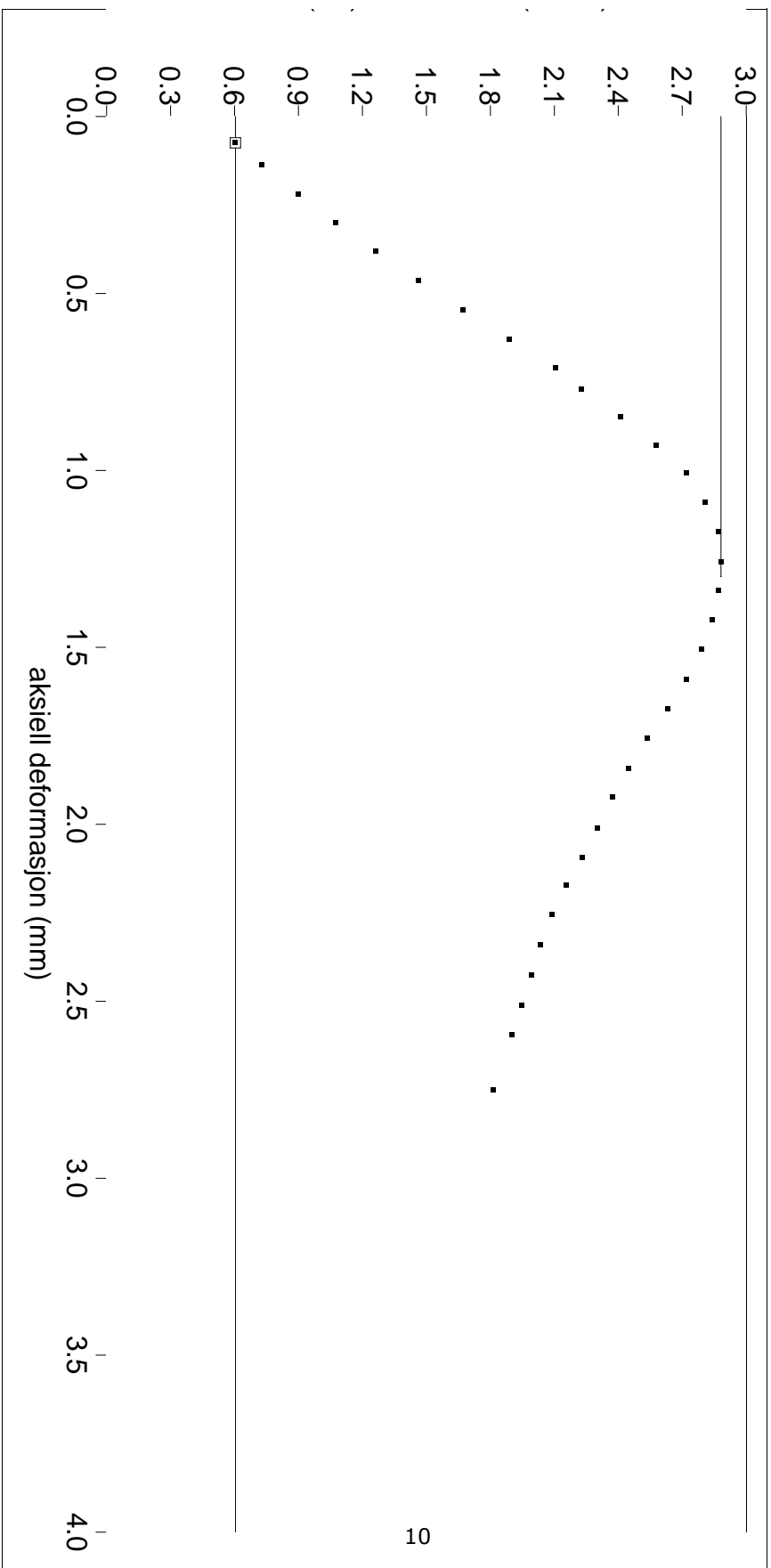
E-modul

2017

MPa

Lastford.koeff.

2.58



Spaltestrek -

PROVENR.: 4.1.0.B PROVEHOYDE.: 58.23 PROVETEMP.: 25.0 M/ Hor.Def Standard

PROVEDIAMETER.: 101.53 mm

Strekfasthet

c:\cbr\data\12060409.51S

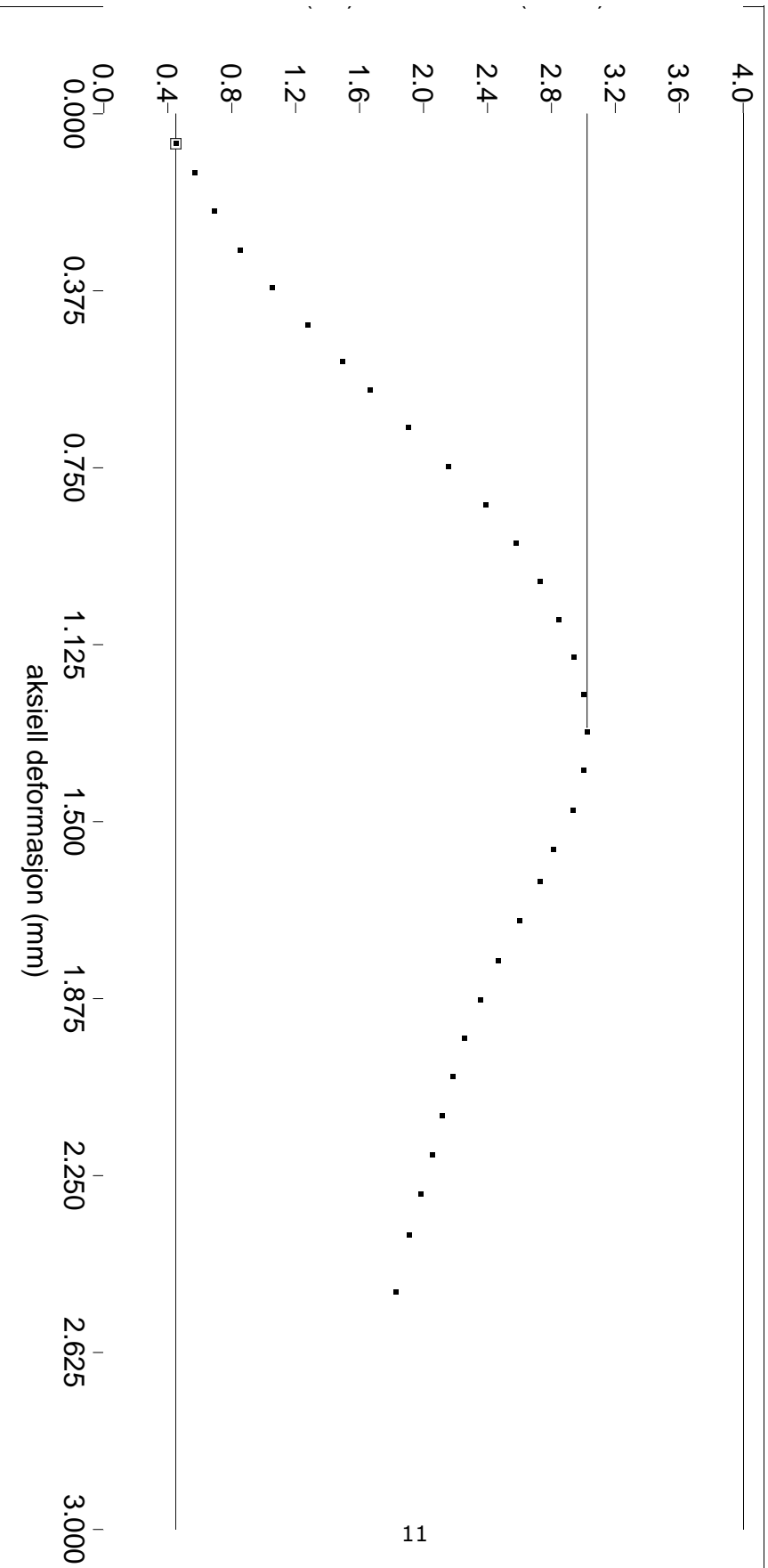
326 KPa

E-modul

2086 MPa

Lastford.koeff.

2.61



Spaltestrek -

PROVENR.:

4.1.0.C

PROVEHOYDE.:

58.48

PROVETEMP.:

25.0

M/ Hor.Def

Standard

PROVEDIAMETER.:

101.57

mm

c:\cbr\data\12062214.19S

Strekfasthet

297

KPa

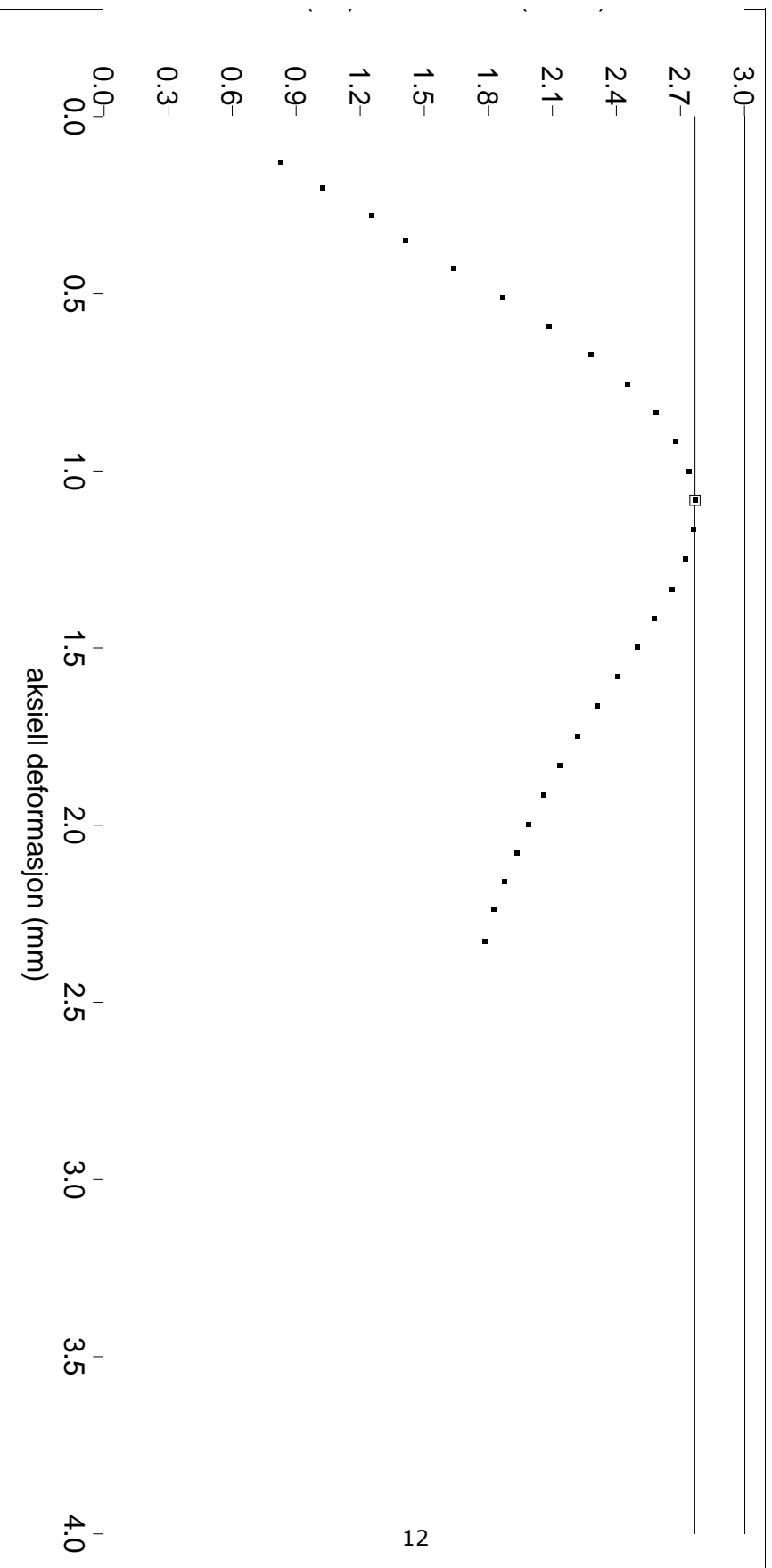
E-modul

1910

MPa

Lastford.koeff.

2.53





Spaltestrek -

PROVENR.: 4.1.50.B PROVEHOYDE.: 59.10 PROVETEMP.: 25.0 M/ Hor.Def Standard

PROVEDIAMETER.: 101.67 mm

c:\cbr\data\12060511.51S

Strekfasthet

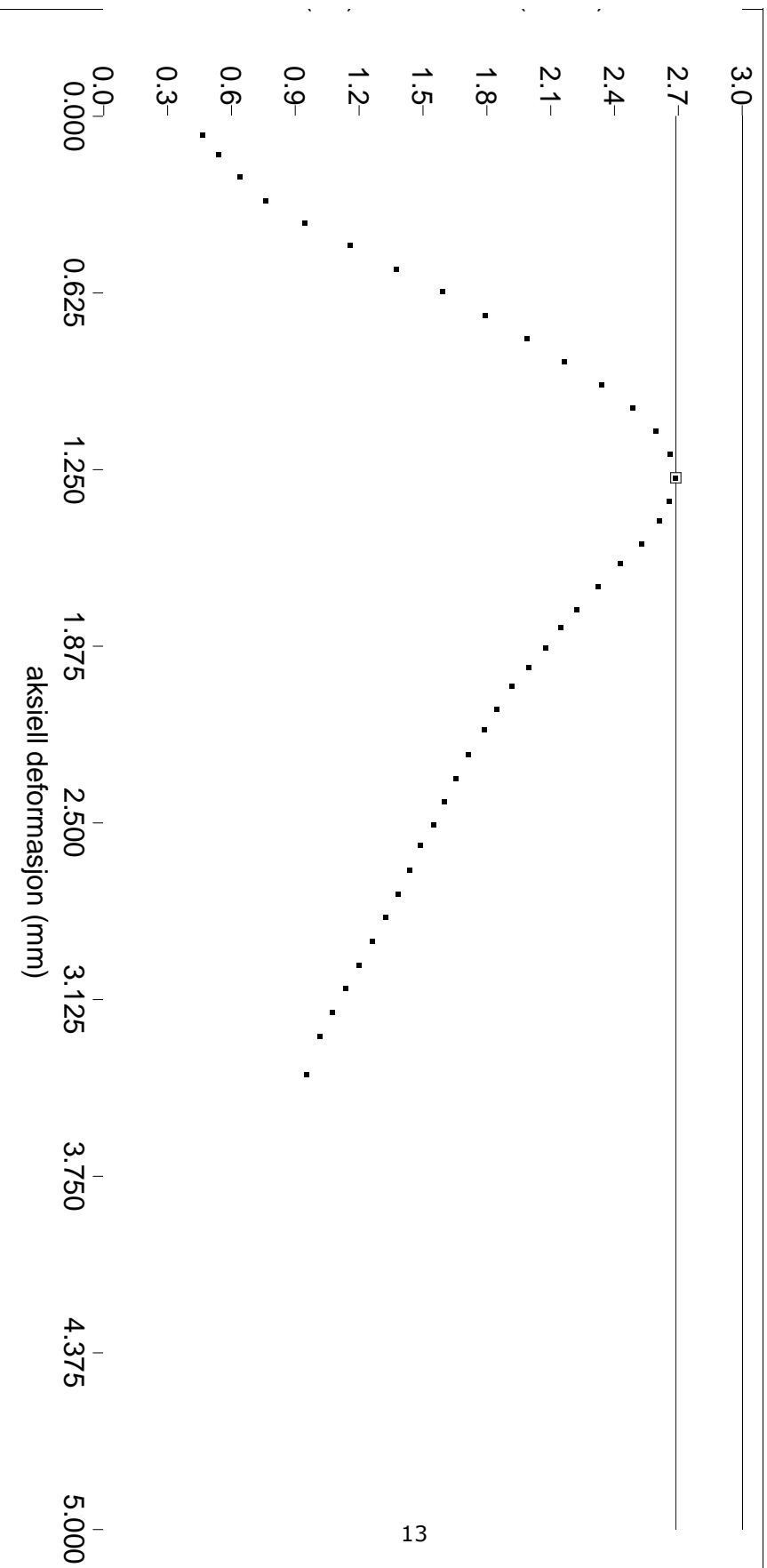
285 KPa

E-modul

1837 MPa

Lastford.koeff.

2.50



Spaltestrek -

PROVENR.: 4.1.50.C PROVEHOYDE.: 58.48 PROVETEMP.: 25.0 M/ Hor.Def Standard

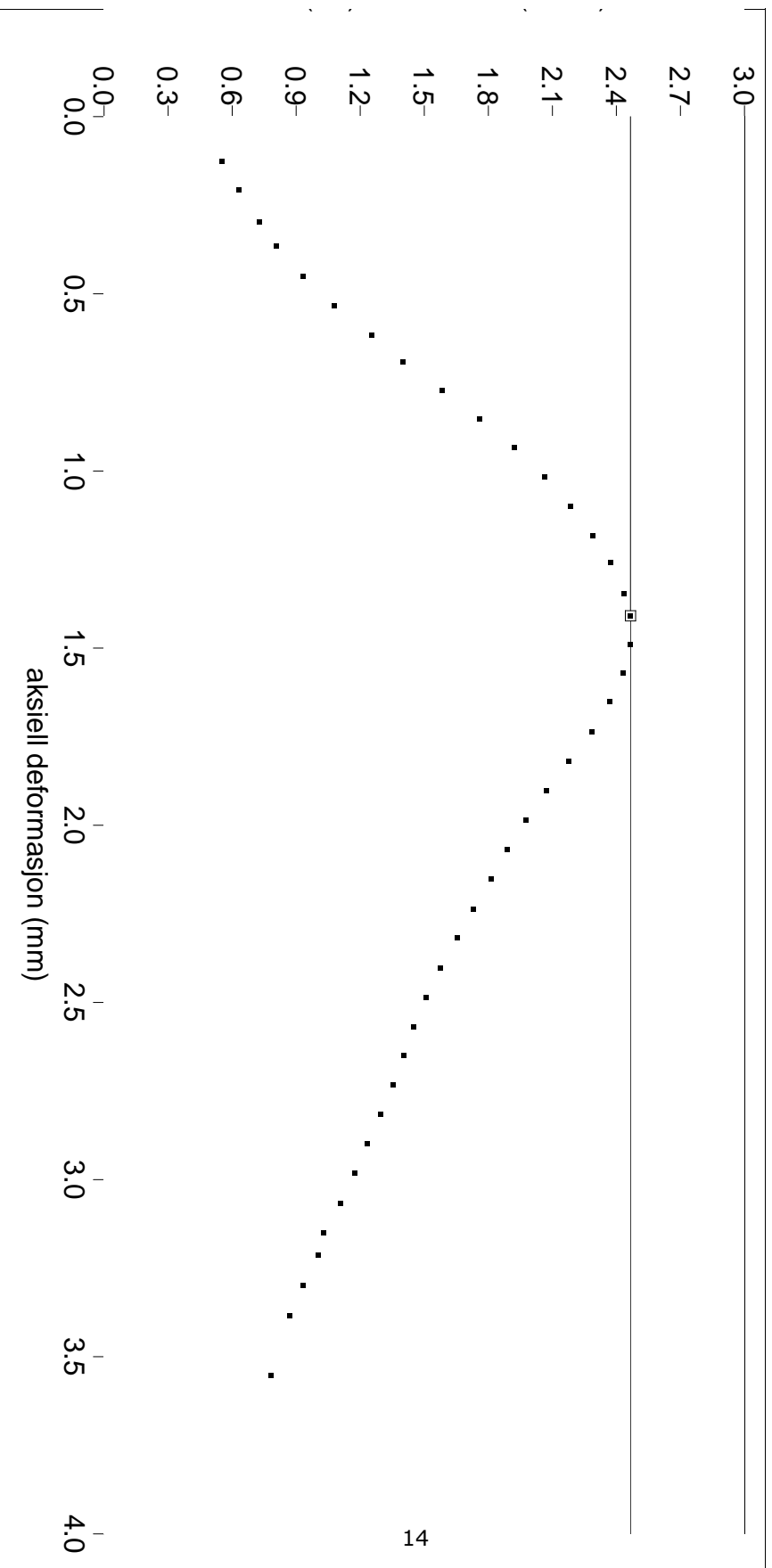
PROVEDIAMETER.: 101.57 mm

c:\cbr\data\12062214.28S

Strekfasthet 264 KPa

E-modul 1712 MPa

Lastford.koeff. 2.44



Spaltestrek -

PROVENR.:

4.1.50.M

PROVEHOYDE.:

58.94

PROVETEMP.:

25.0

M/ Hor.Def

Standard

PROVEDIAMETER.:

101.70

mm

c:\cbr\data\12062214.46S

Strekfasthet

251

KPa

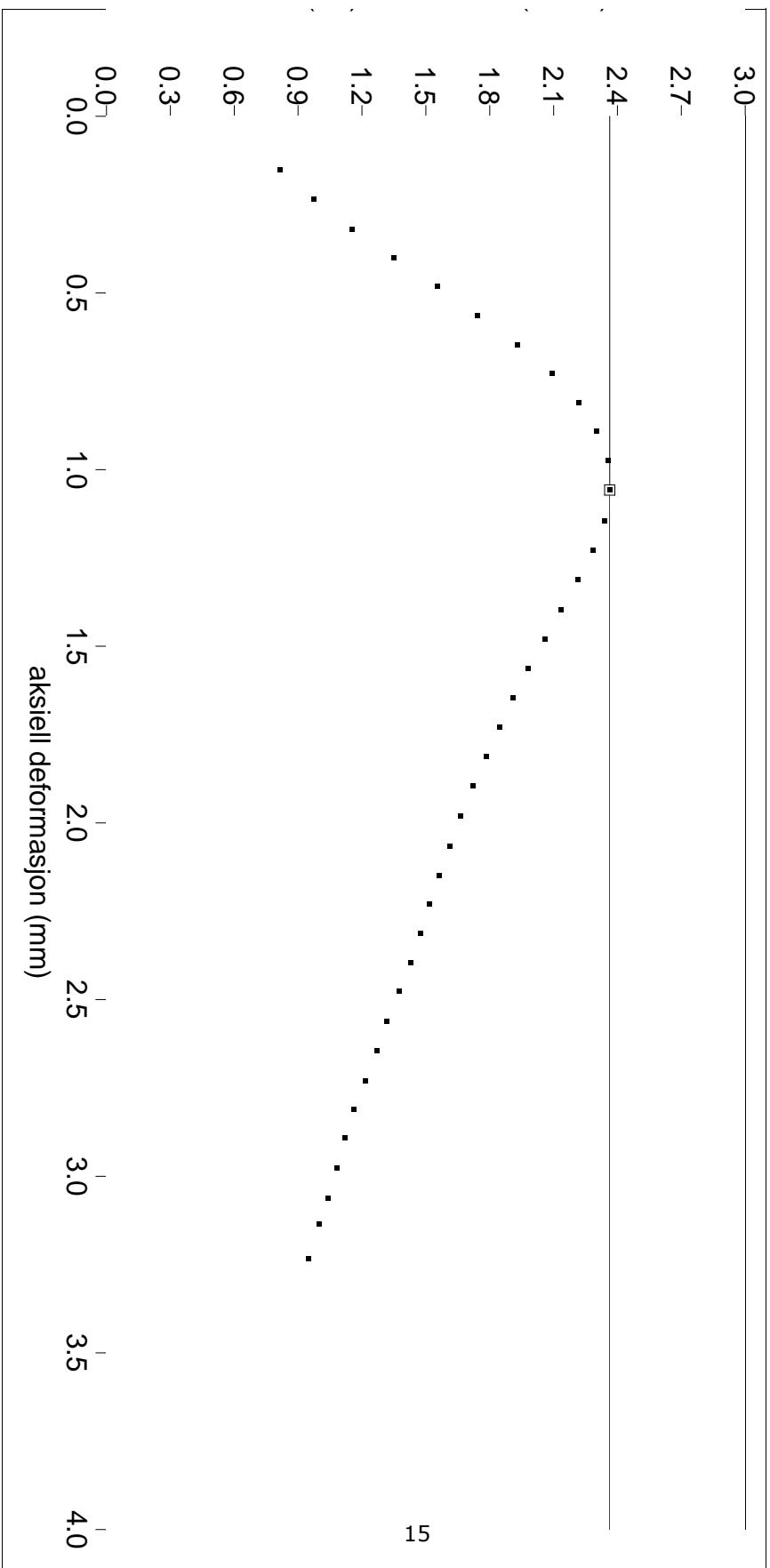
E-modul

1631

MPa

Lastford.koeff.

2.40



Spaltestrek -

PROVENR.:

4.1.70.A

PROVEHOYDE.:

57.42

PROVETEMP.:

25.0

M/ Hor.Def

Standard

PROVEDIAMETER.:

101.66

mm

c:\cbr\data\12060711.22S

Strekfasthet

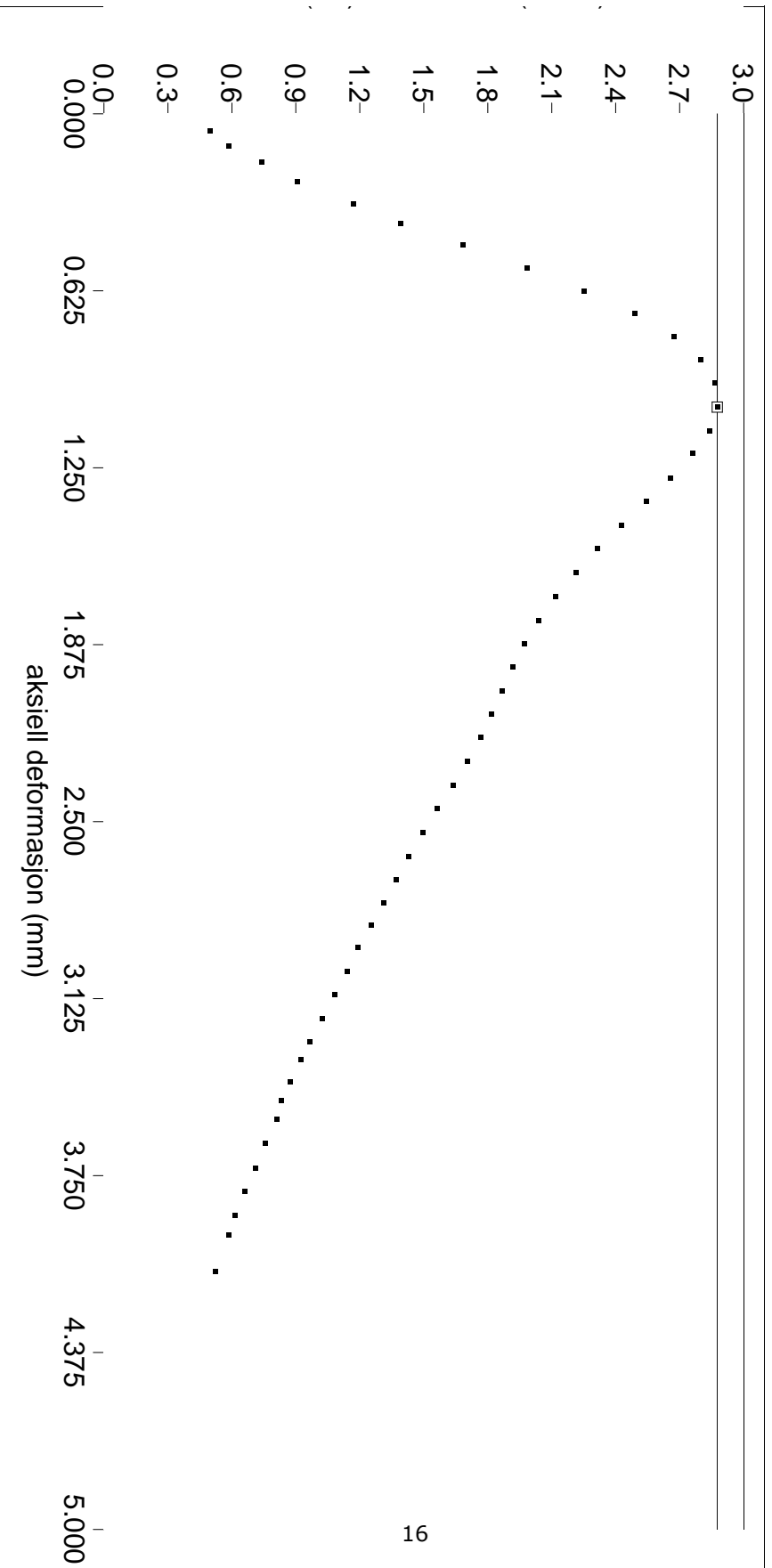
314 KPa

E-modul

2014 MPa

Lastford.koeff.

2.58



Spaltestrek -

PROVENR.: 4.1.70.C PROVEHOYDE.: 58.13 PROVETEMP.: 25.0 M/ Hor.Def Standard

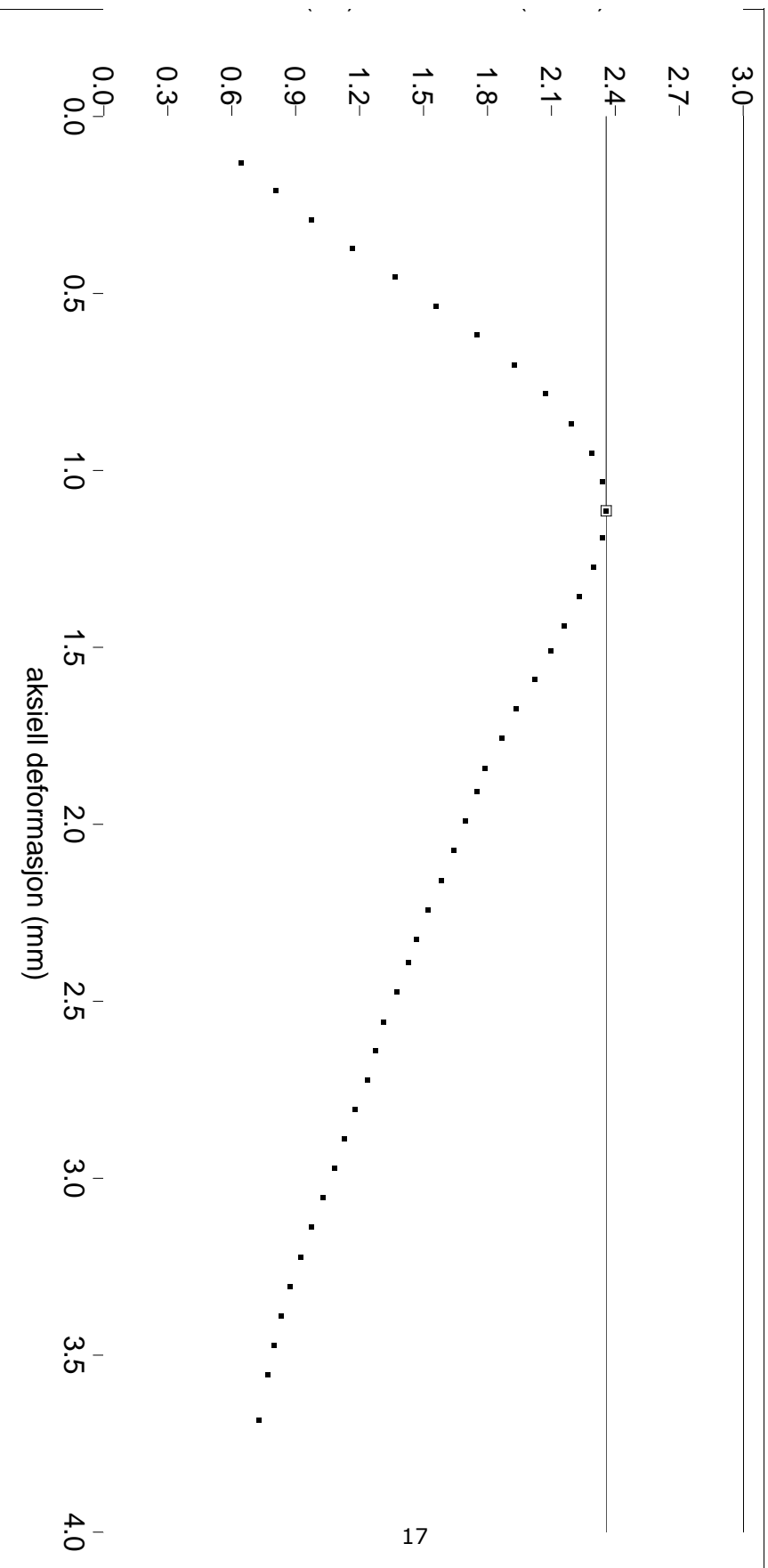
PROVEDIAMETER.: 101.68 mm

c:\cbr\data\12062214.34S

Strekfasthet 254 KPa

E-modul 1648 MPa

Lastford.koeff. 2.41



Spaltestrek -

PROVENR.: 4.1.70.M PROVEHOYDE.: 59.51 PROVETEMP.: 25.0 M/ Hor.Def Standard

PROVEDIAMETER.: 101.75 mm

c:\cbr\data\12062214.51S

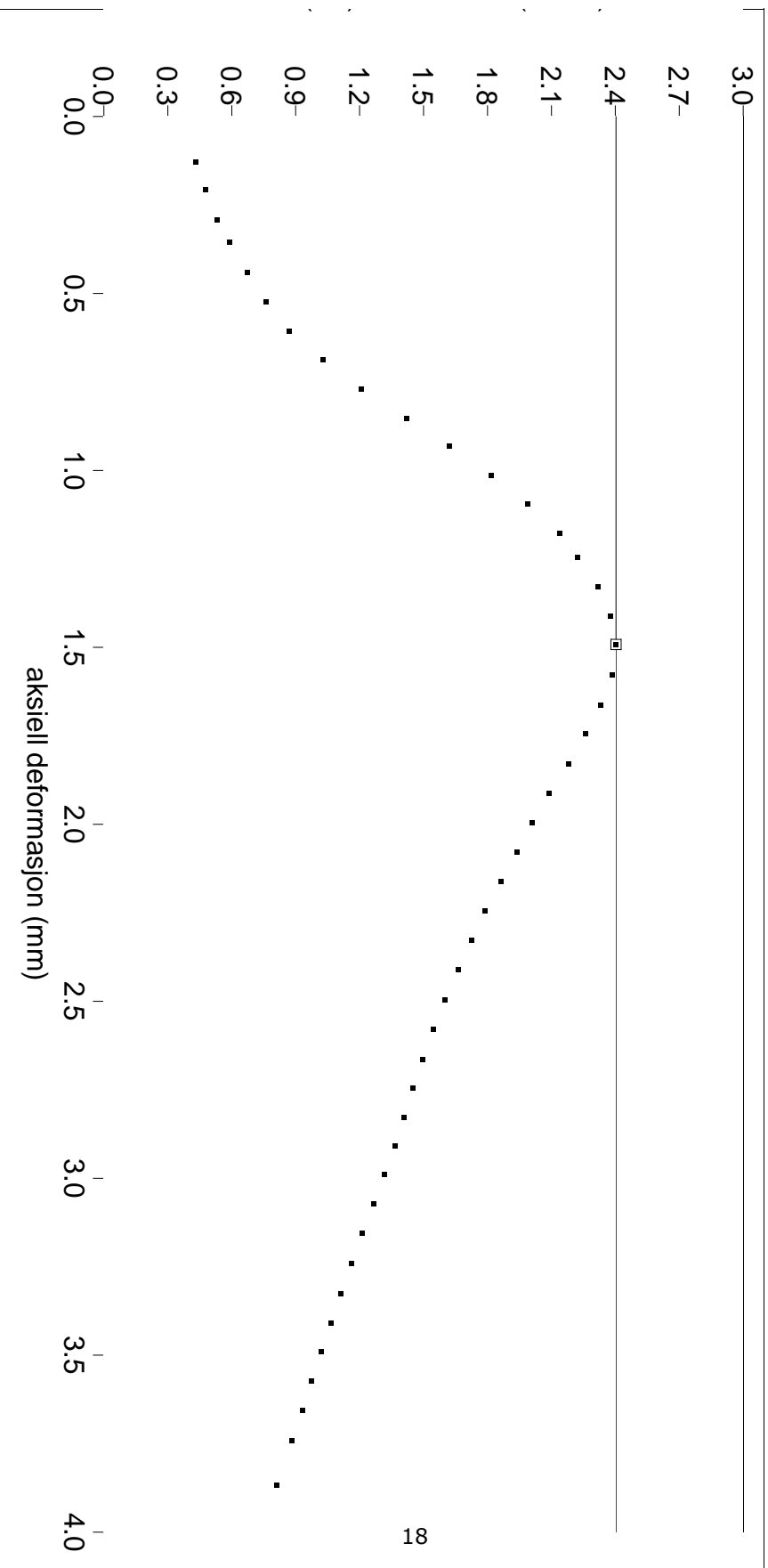
Strekfasthet 253 KPa

E-modul

1641 MPa

Lastford.koeff.

2.40



Spaltestrek -

PROVENR.: 4.1.100.A PROVEHOYDE: 57.56 PROVETEMP.: 25.0 M/ Hor.Def Standard

PROVEDIAMETER: 101.67 mm

c:\cbr\data\12060710.50S

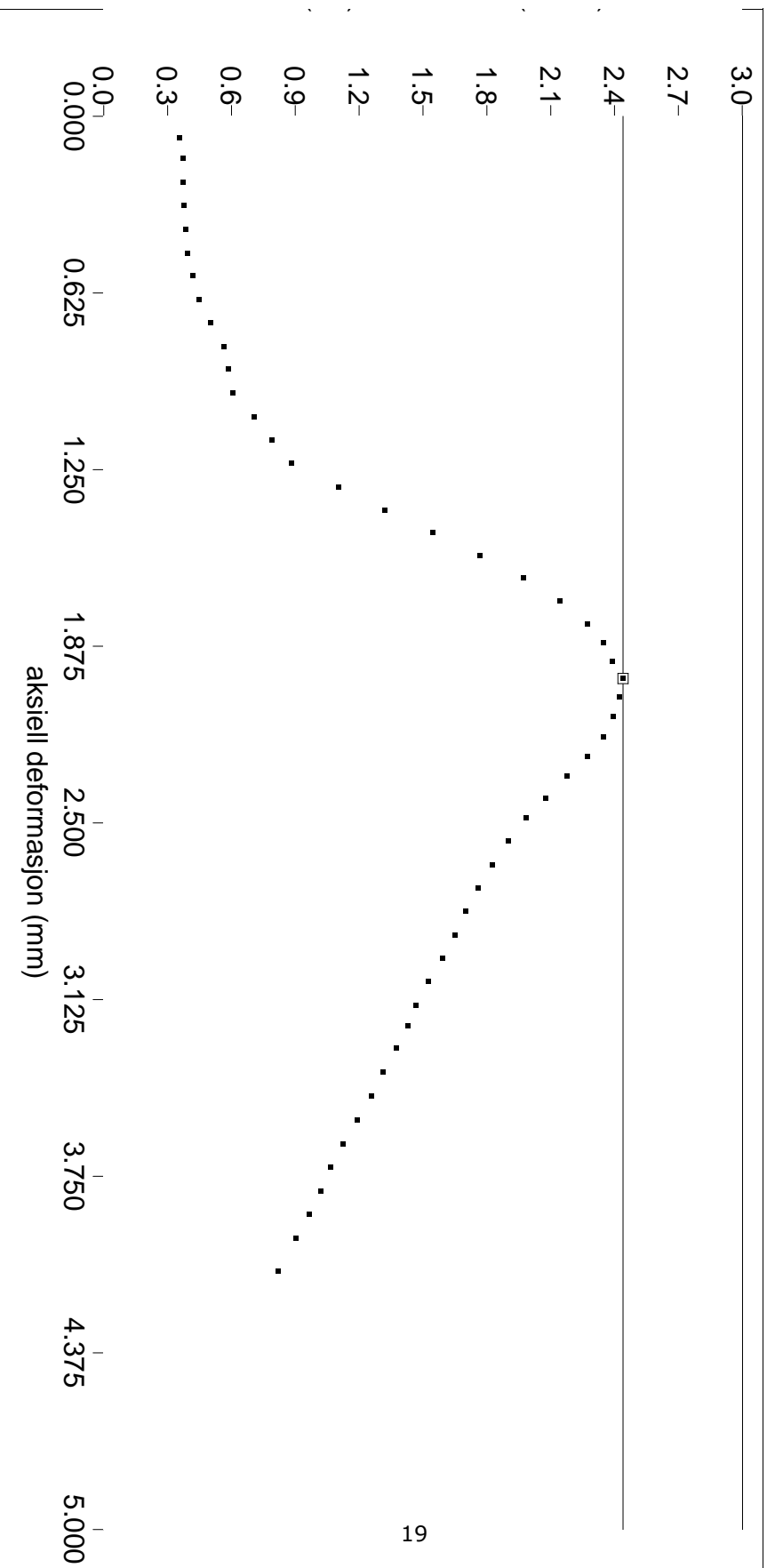
Strekfasthet 265 kPa

E-modul

1719 MPa

Lastford.koeff.

2.44



Spaltestrek -

PROVENR.: 4.1.100.C PROVEHOYDE.: 58.97 PROVETEMP.: 25.0 M/ Hor.Def Standard

PROVEDIAMETER.: 101.52 mm

c:\cbr\data\12062214.41S

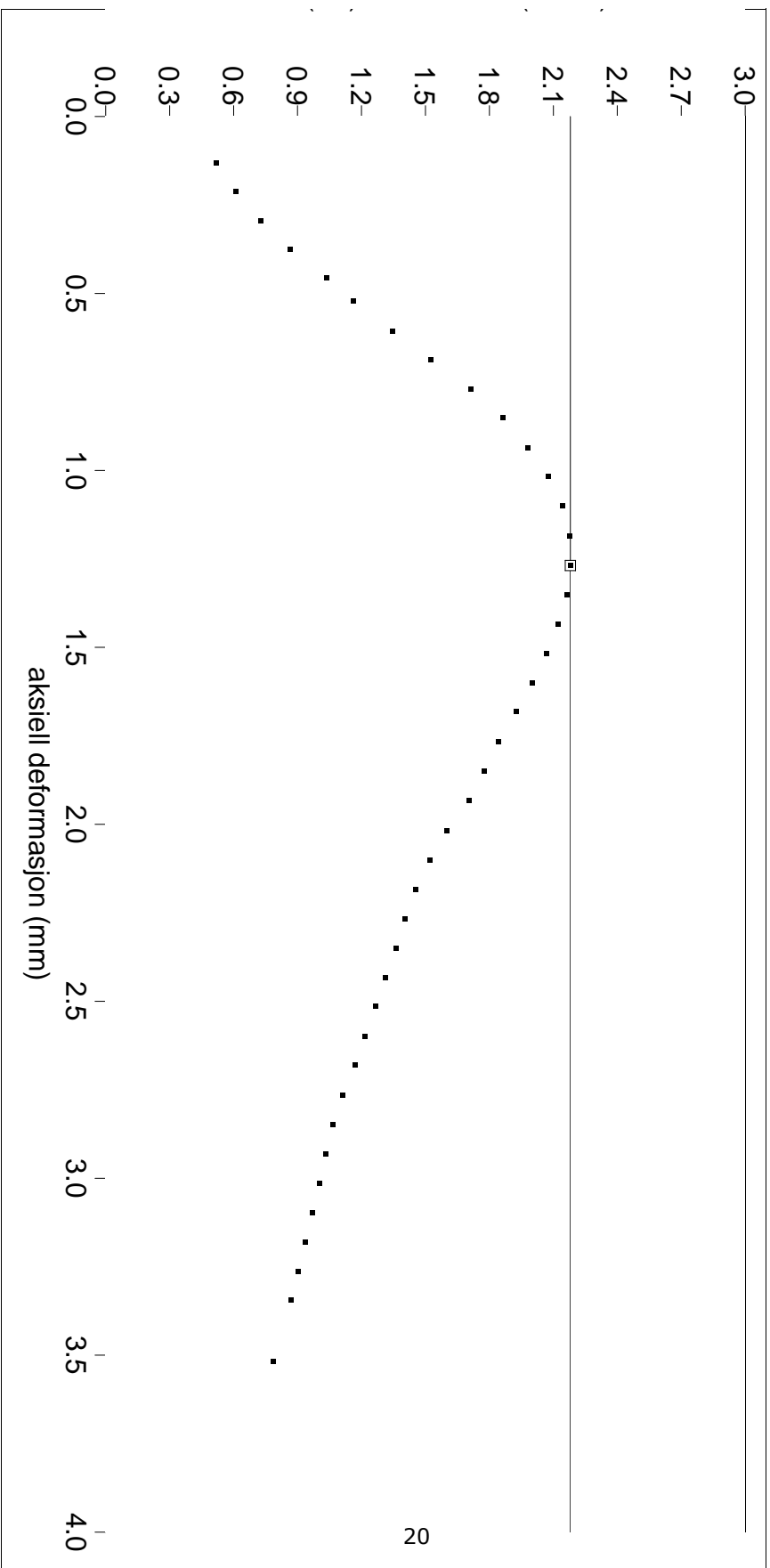
Strekfasthet 232 KPa

E-modul 2.4

1514 Mpa

Lastford.koeff.

2.33





Spaltestrek -

PROVENR.:

4.55.0.B

PROVEHOYDE.:

57.90

PROVETEMP.:

25.0

M/ Hor.Def

Standard

PROVEDIAMETER.:

101.55

mm

Strekfasthet

c:\cbr\data\12060410.09S

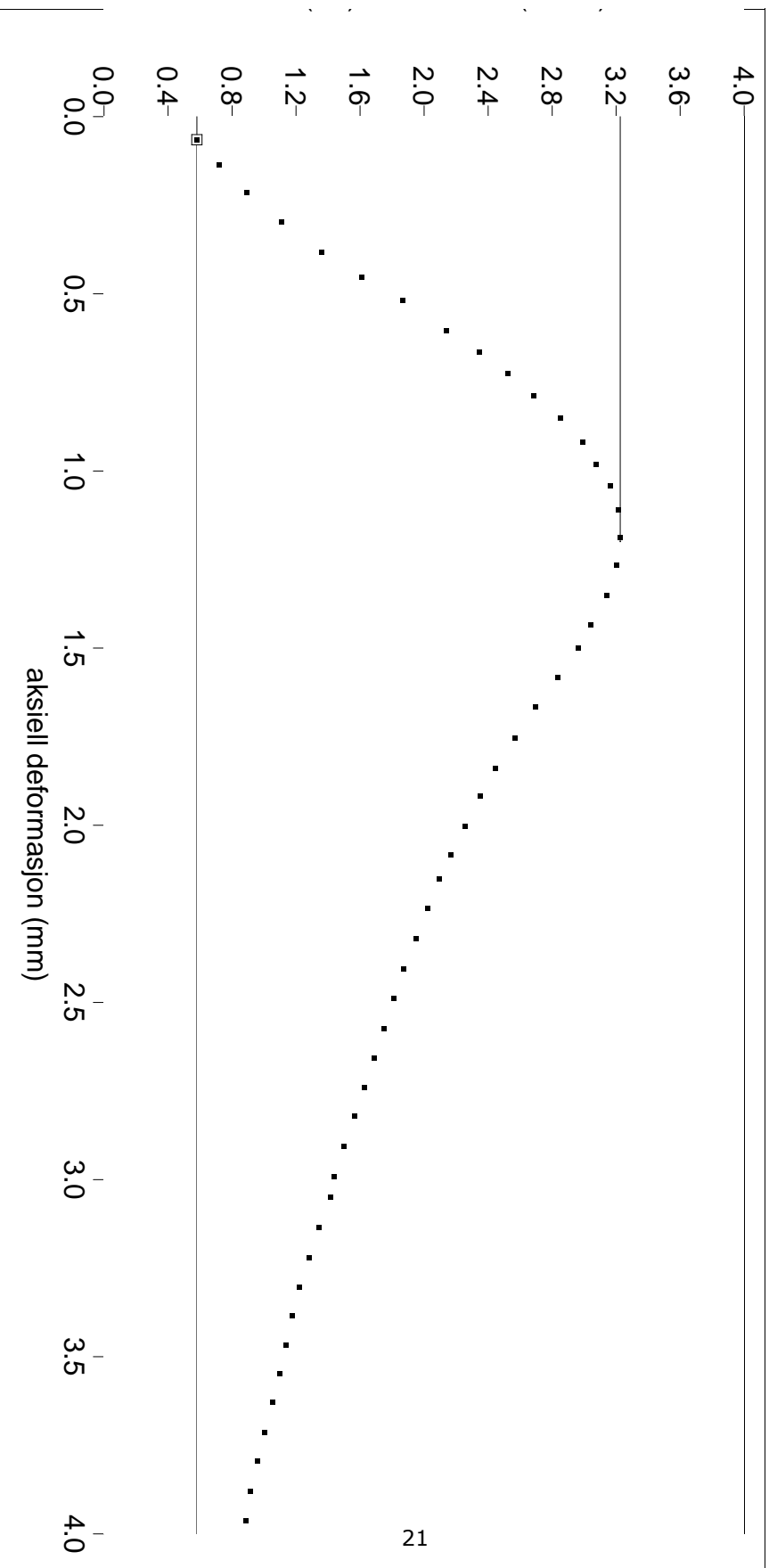
349 KPa

E-modul

2230 MPa

Lastford.koeff.

2.68



Spaltestrek -

PROVENR.: 4.55.50.B PROVEHOYDE.: 57.72 PROVETEMP.: 25.0 M/ Hor.Def Standard

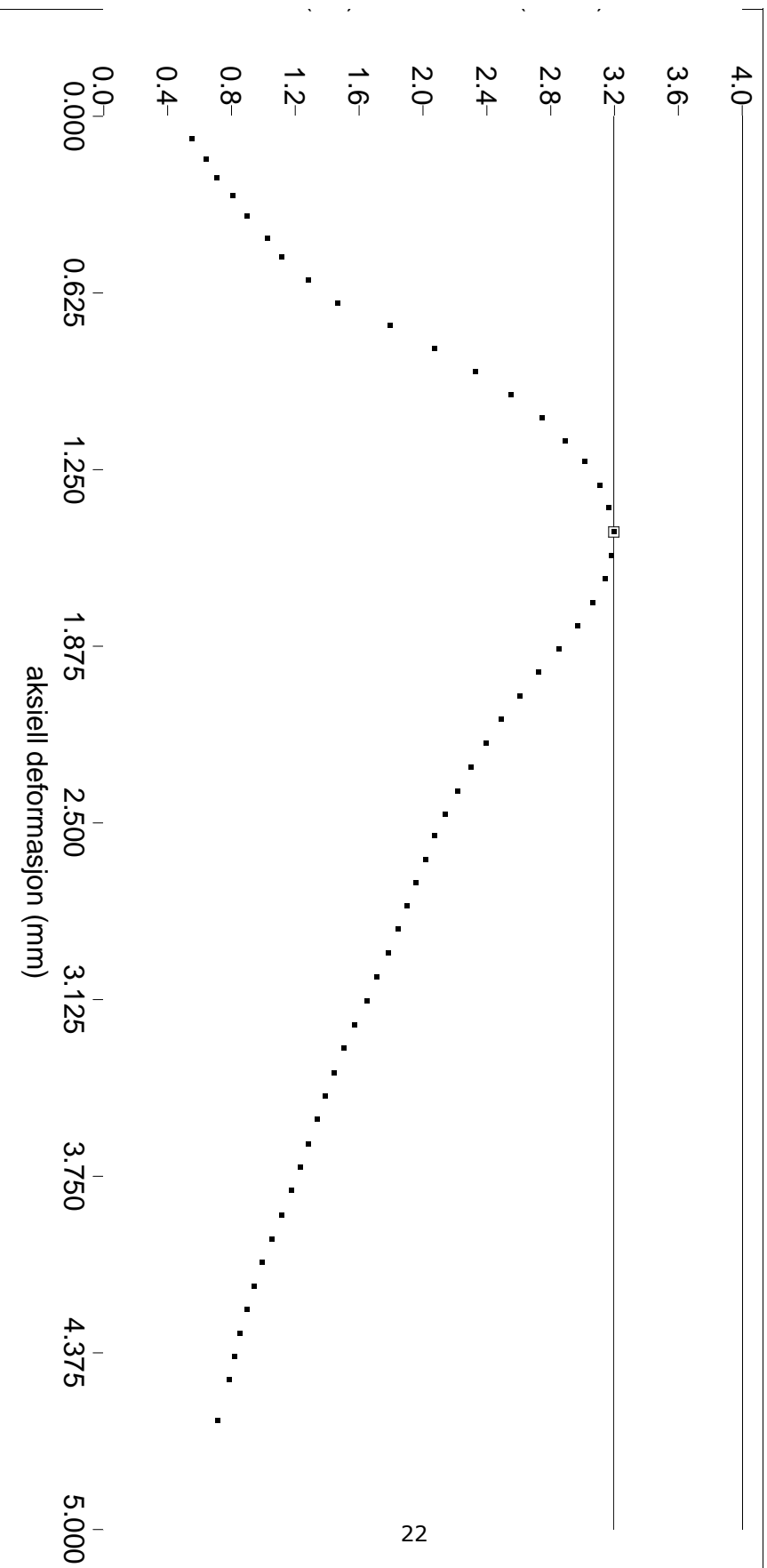
PROVEDIAMETER.: 101.75 mm

c:\cbr\data\12060512.07S

Strekfasthet 346 KPa

E-modul 2213 MPa

Lastford.koeff. 2.67



PROVENR.:

4.55.70.B

PROVEHOYDE.:

57.46

PROVETEMP.:

25.0

M/ Hor.Def

Standard

PROVEDIAMETER.:

101.72

mm

Strekfasthet

c:\cbr\data\12060711.59S

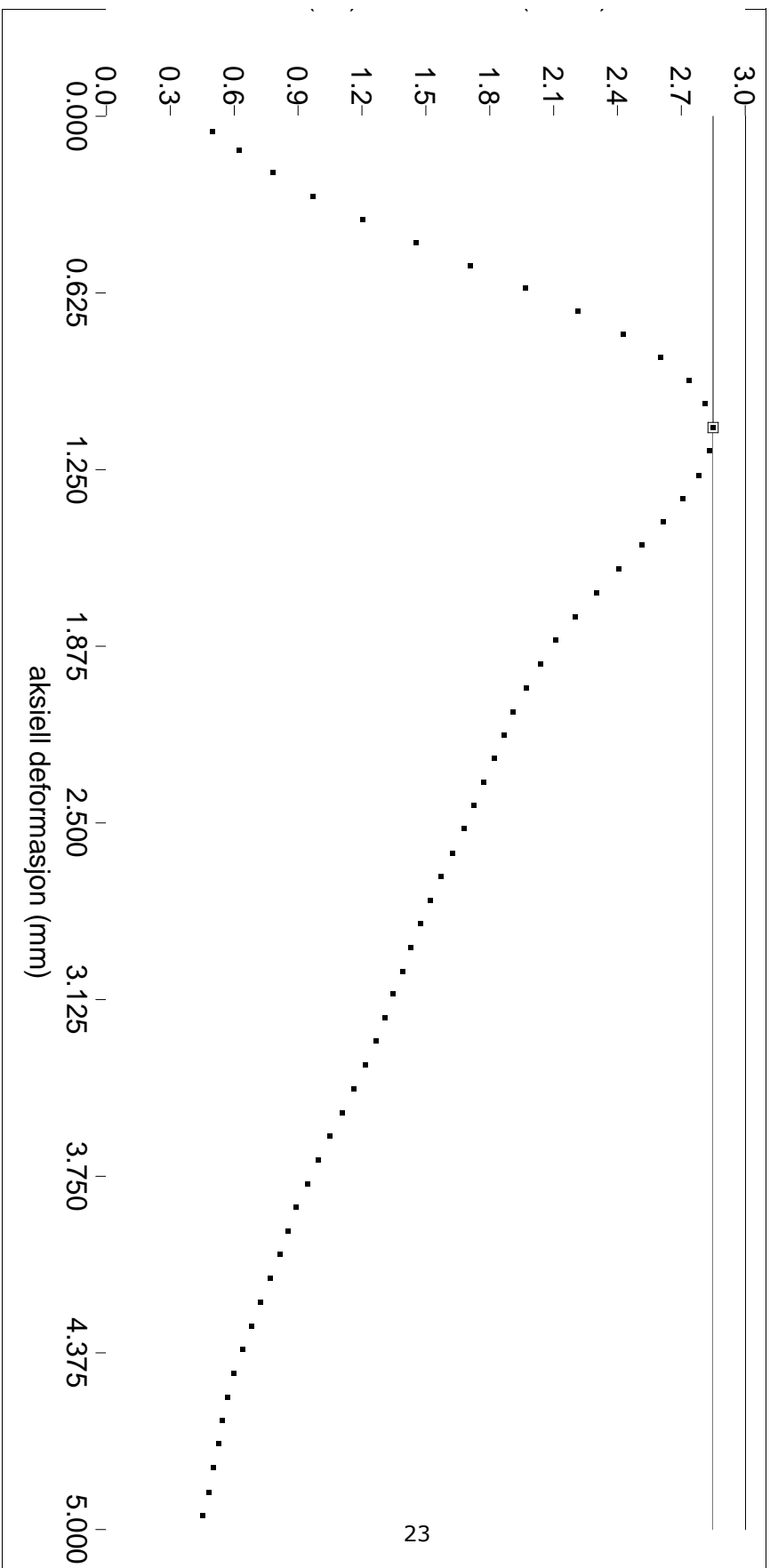
310 KPa

E-modul

1993 MPa

Lastford.koeff.

2.57



Spaltestrek -

PROVENR.: 4.55.100.A PROVEHOYDE.: 57.28 PROVETEMP.: 25.0 M/ Hor.Def Standard

PROVEDIAMETER.: 101.68 mm

c:\cbr\data\12060711.29S

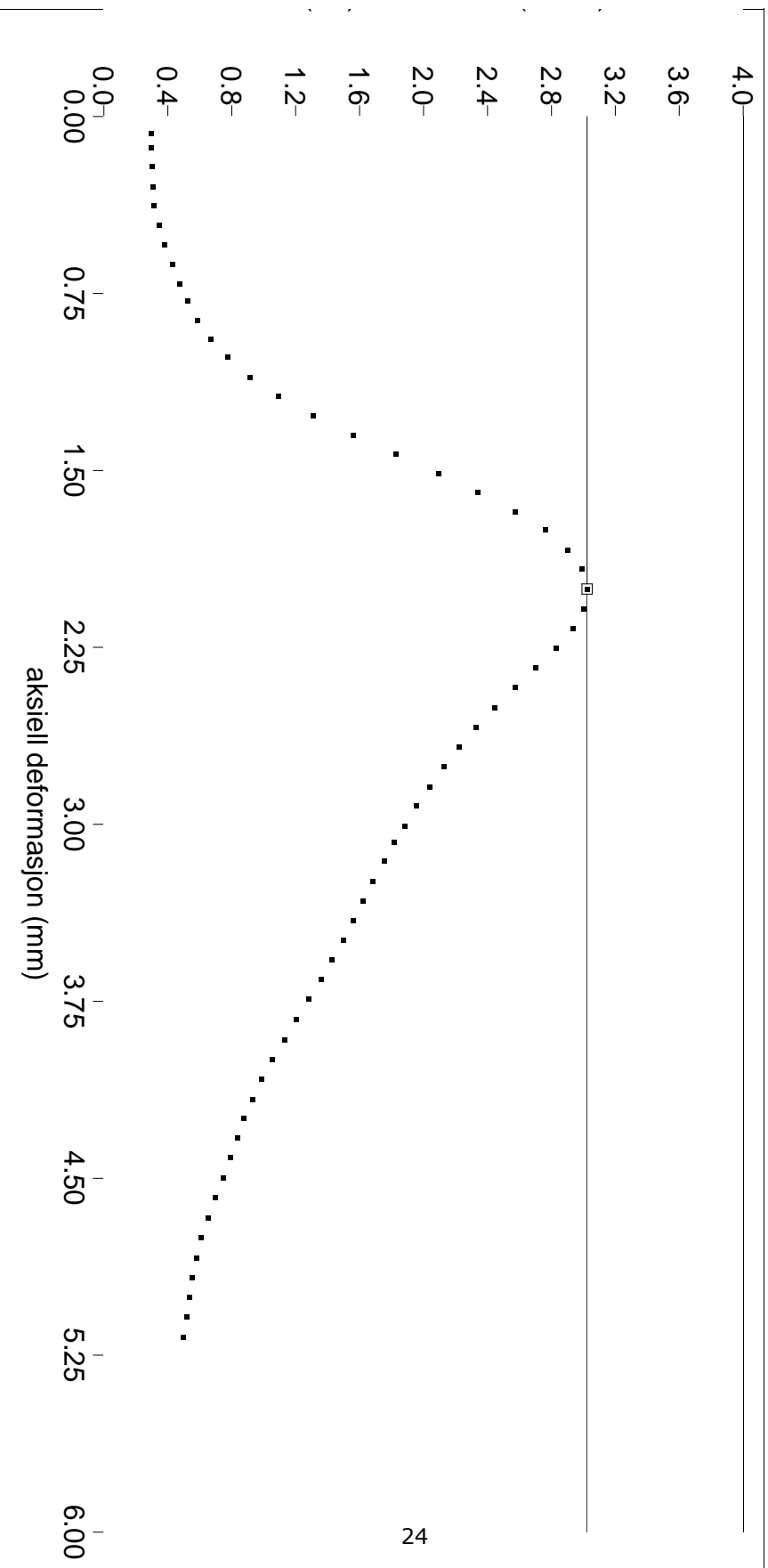
Strekfasthet 330 kPa

E-modul

2116 MPa

Lastford.koeff.

2.63



PROVENR.:

4.1.0.A

PROVEHØYDE.:

68.06

mm

c:\cbr\data\12060411.28M

K.Stabil.

9803 N

Flyt

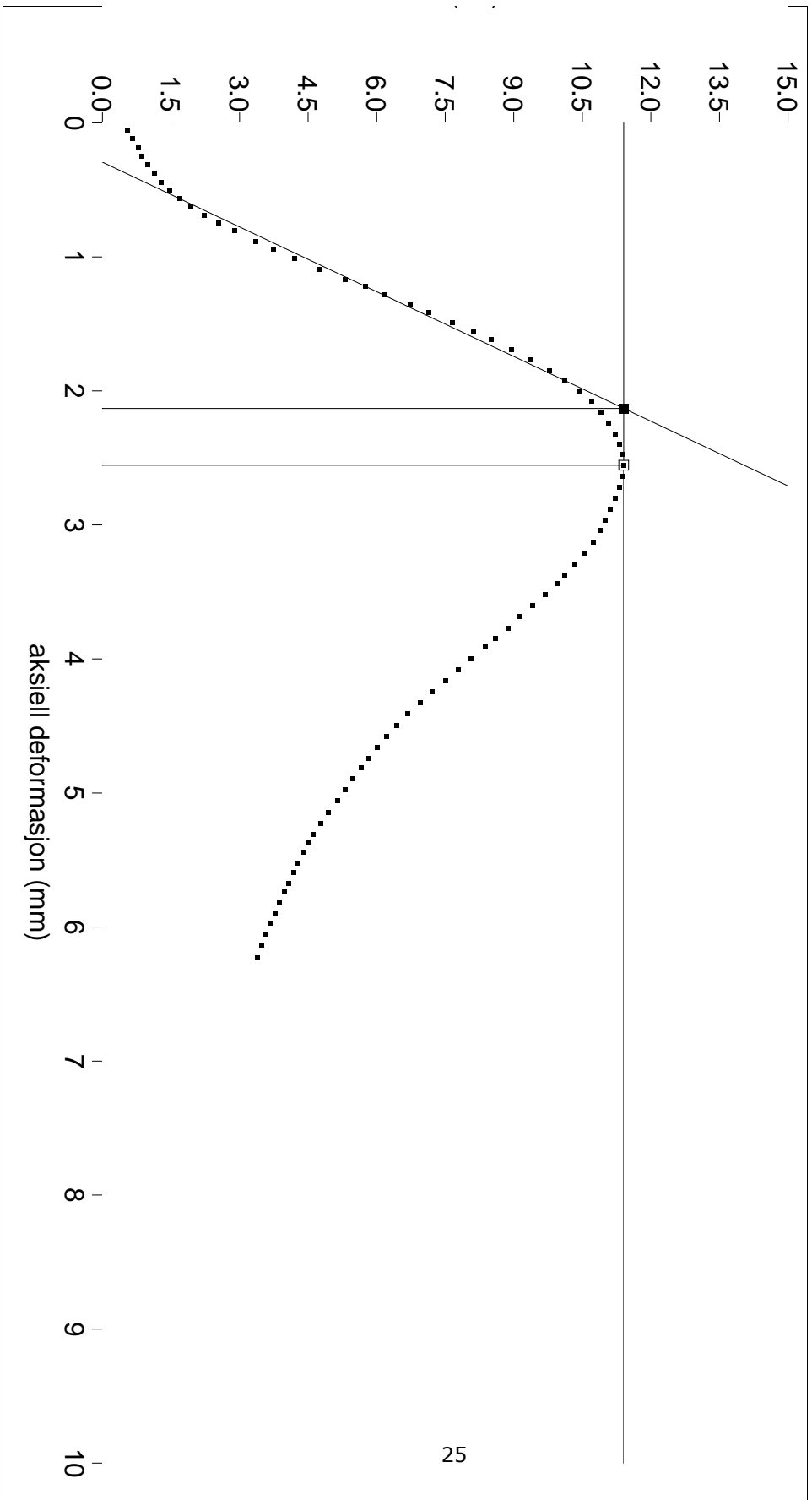
2.3 mm

Flyt(Ft)

1.8 mm

Stivhet

5336 N/mm



PROVENR.:

4.1.50.A

PROVEHØYDE.:

57.75

mm

c:\cbr\data\12060414.43M

K.Stabil.

10280  N

Flyt

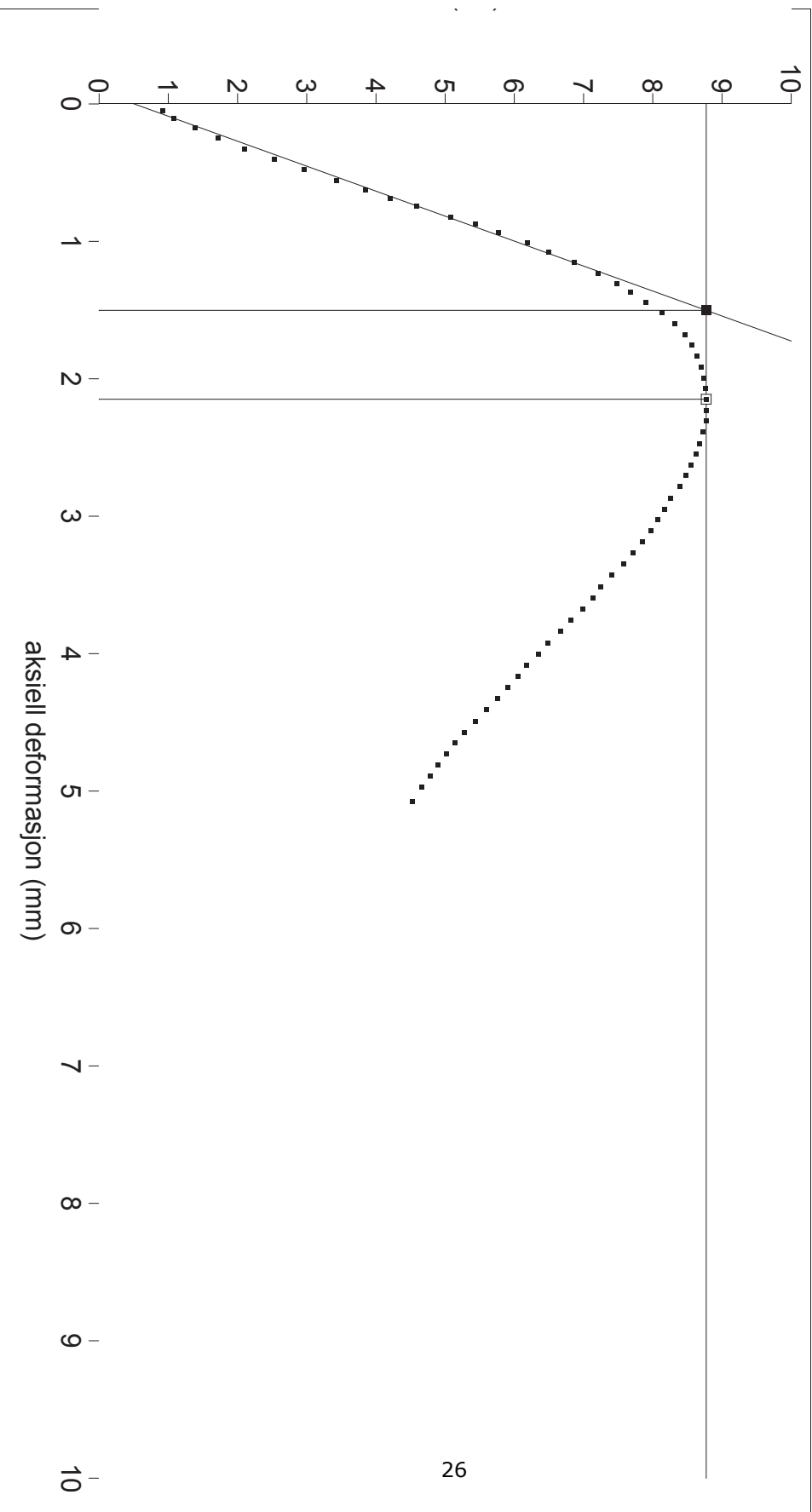
2.2  mm

Flyt(Ft)

1.6  mm

Stivhet

6449  N/mm



PROVENR.:

4.1.70.B

PROVEHØYDE:

58.30

mm

c:\cbr\data\12060713.55M

K.Stabil.

11163 N

Flyt

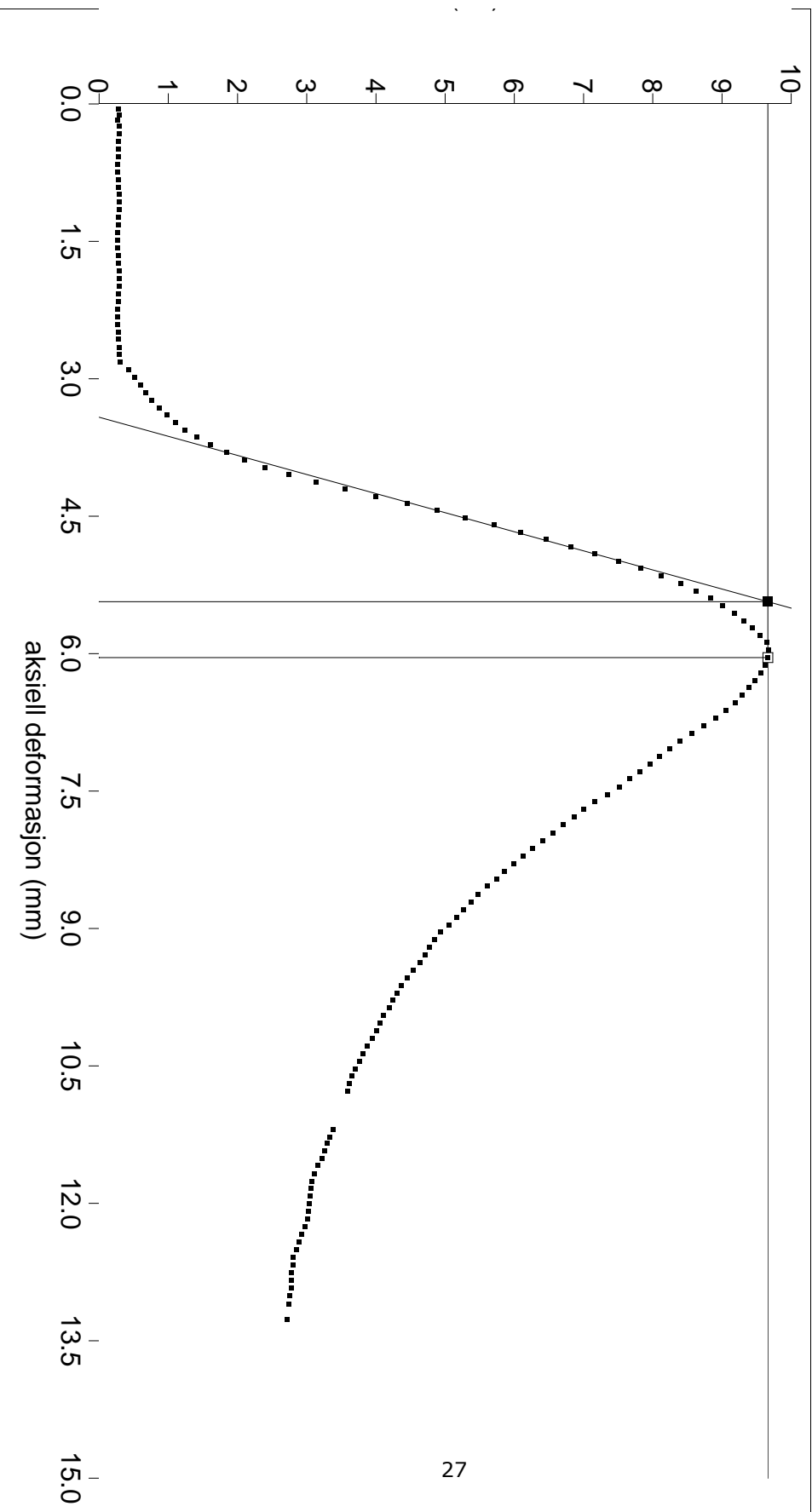
2.6 mm

Flyt(Ft)

2.0 mm

Stivhet

5544 N/mm



PROVENR.: 4.1.100.B

PROVEHØYDE: 57.28

mm

c:\cbr\data\12060713.41M

K.Stabil:

10557 N

Flyt

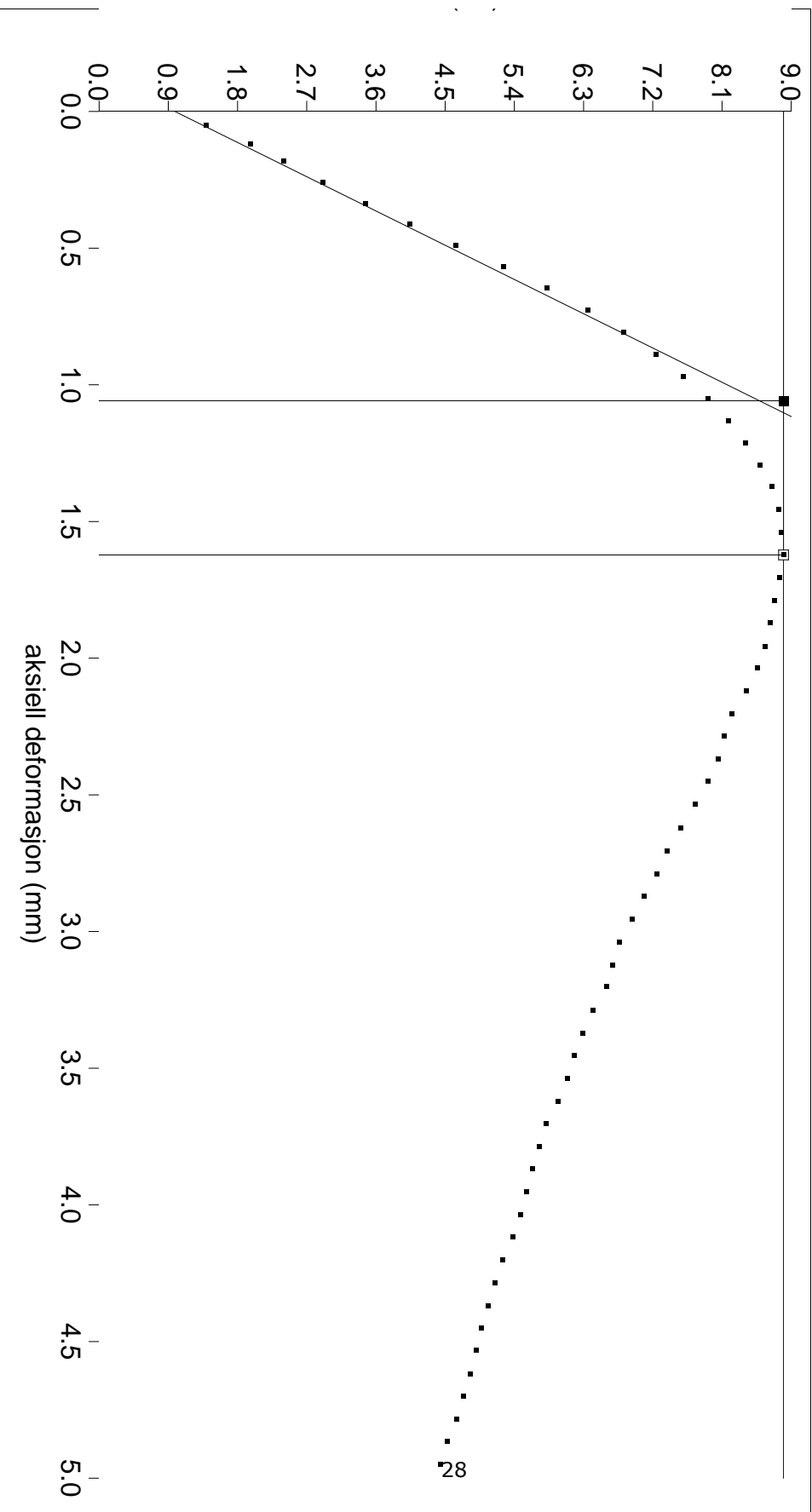
1.8 mm

Flyt(Ft)

1.2 mm

Stivhet

8829 N/mm





PROVENR.:

4.55.0.A

PROVEHØYDE.:

57.62

mm

c:\cbr\data\12060414.51M

K.Stabil.

12254 N

Flyt

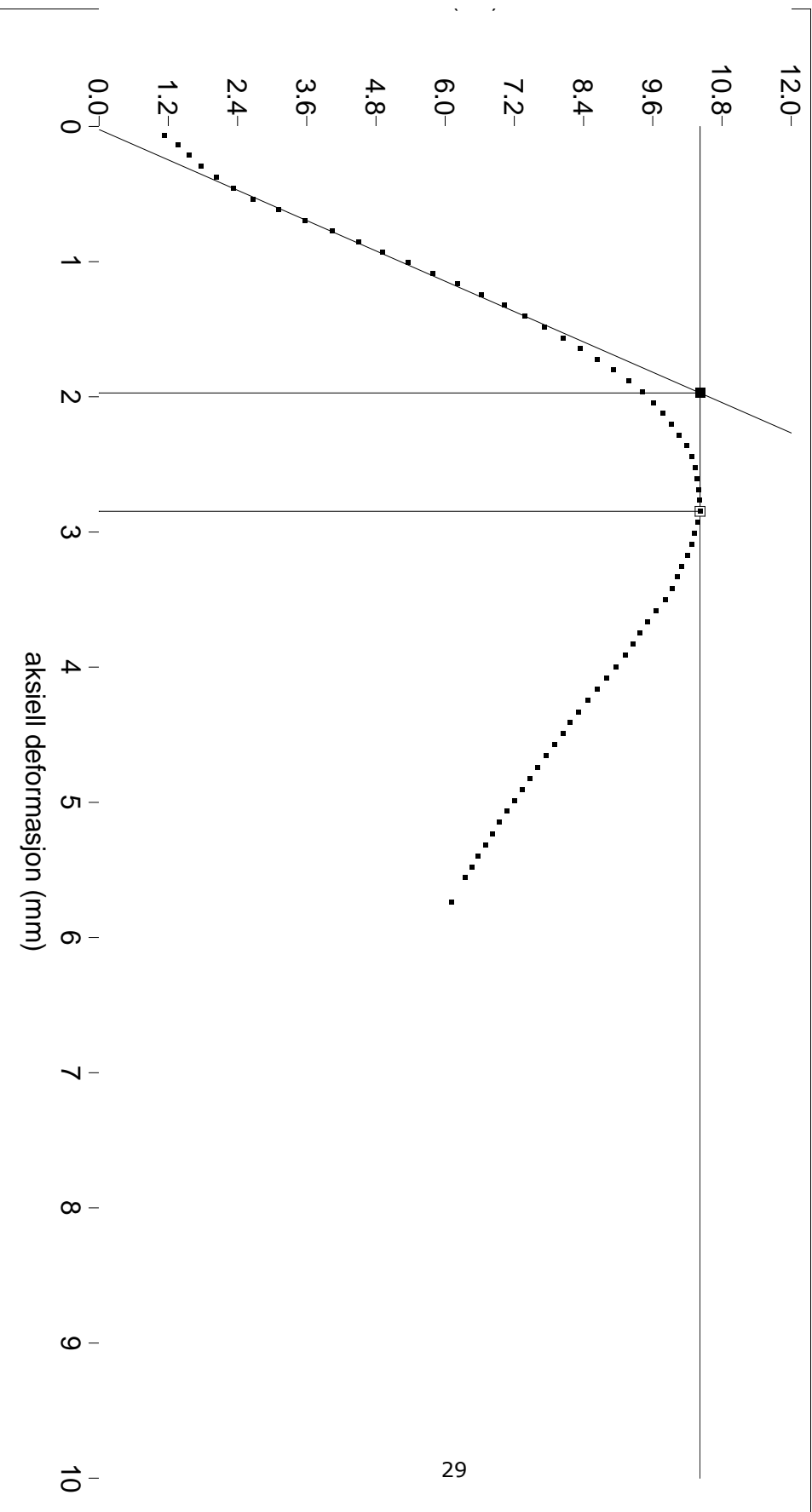
2.8 mm

Flyt(Ft)

1.9 mm

Stivhet

6287 N/mm



PROVENR.: 4.55.50.A

PROVEHØYDE.: 57.50

mm

c:\cbr\data\12060414.58M

K.Stabil.

14319 N

Flyt

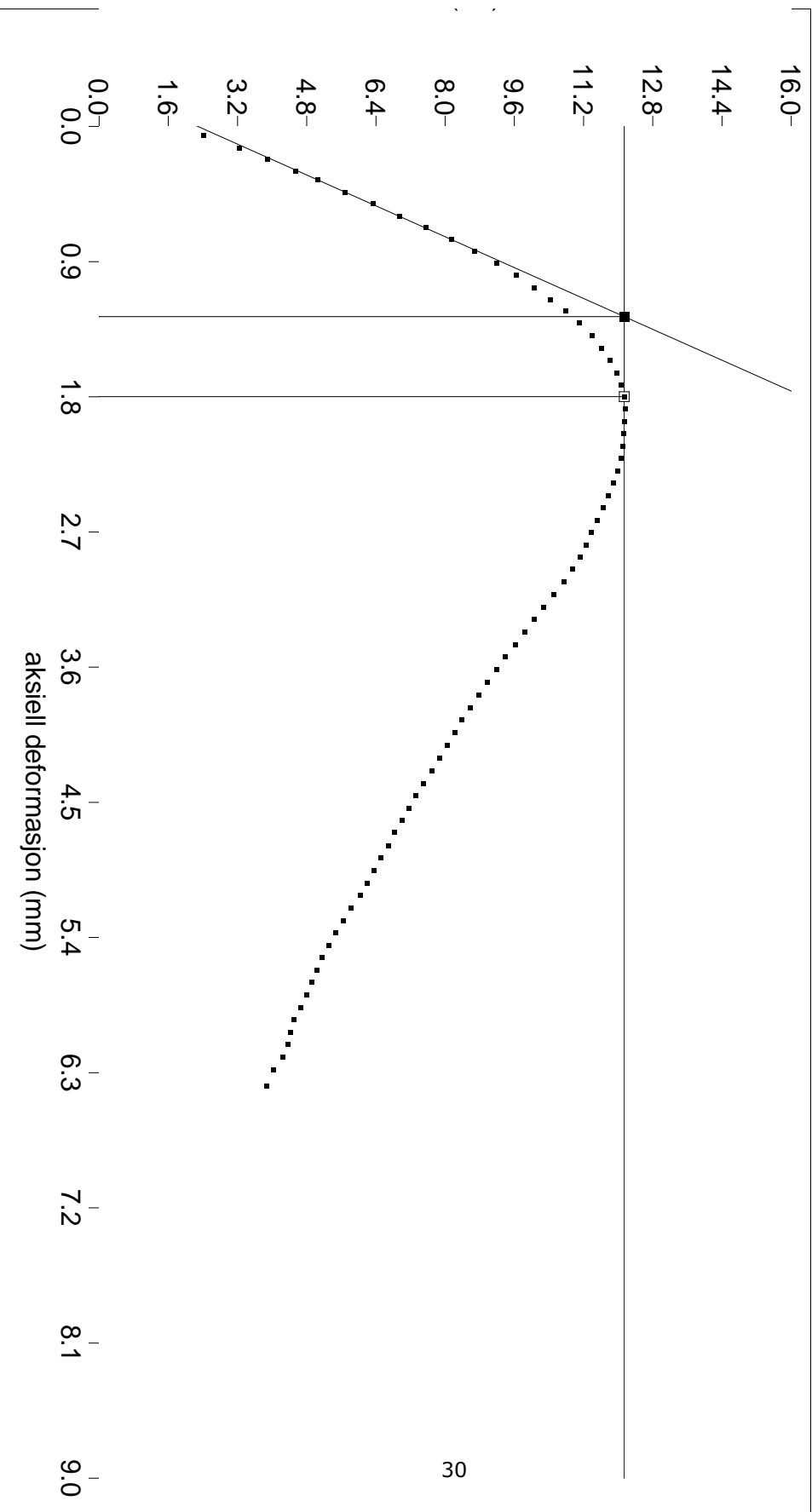
2.1 mm

Flyt(Ft)

1.6 mm

Stivhet

9182 N/mm



PROVENR.: 4.55.70.A

PROVEHØYDE.: 56.63

mm

c:\cbr\data\12060714.11M

K.Stabil.

14214 N

Flyt

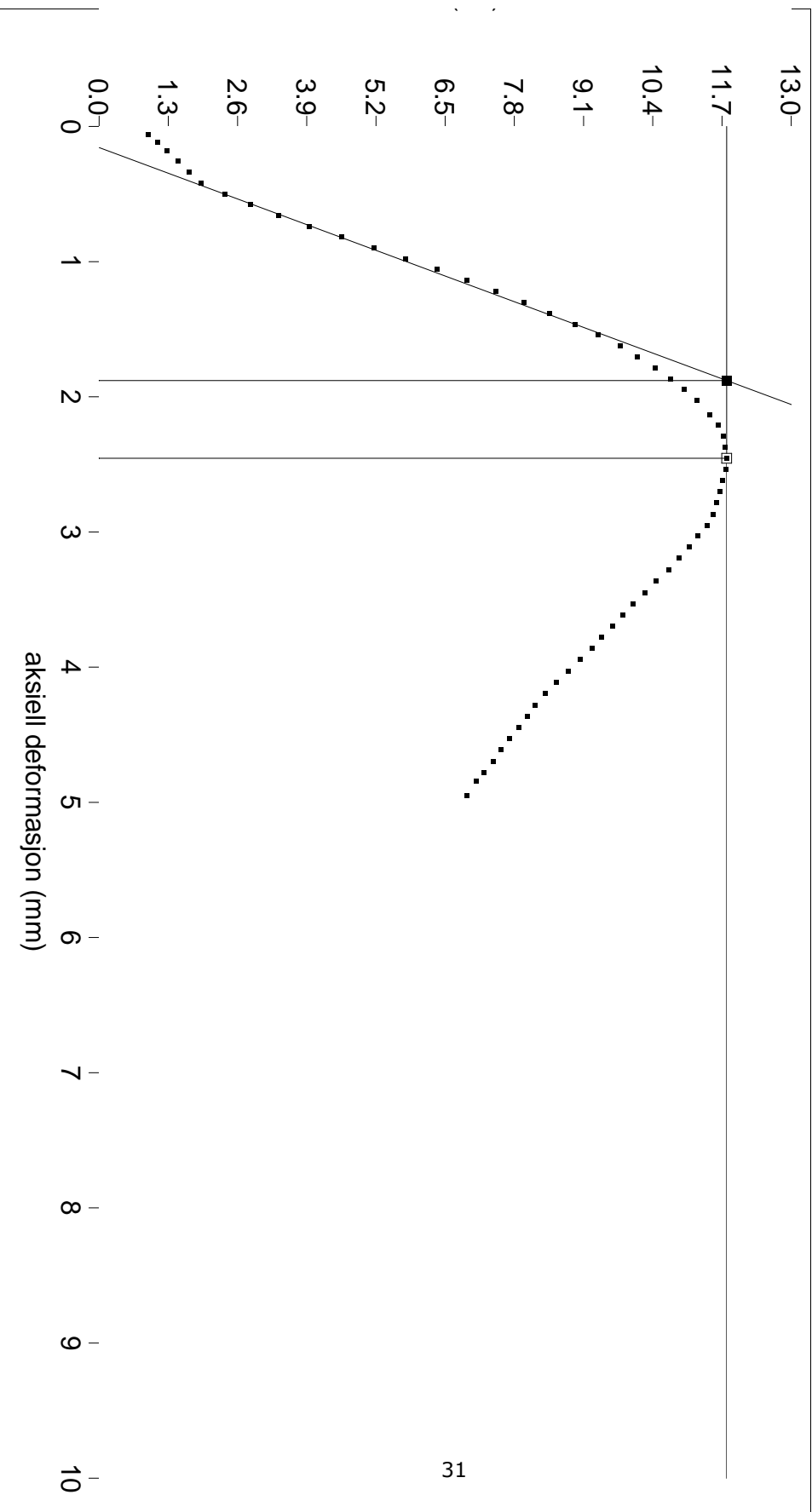
2.3 mm

Flyt(Ft)

1.7 mm

Stivhet

8248 N/mm



PROVENR.: 4.55.100.B

PROVEHØYDE: 57.56

mm

c:\cbr\data\12060714.03M

K.Stabil:

12691 N

Flyt

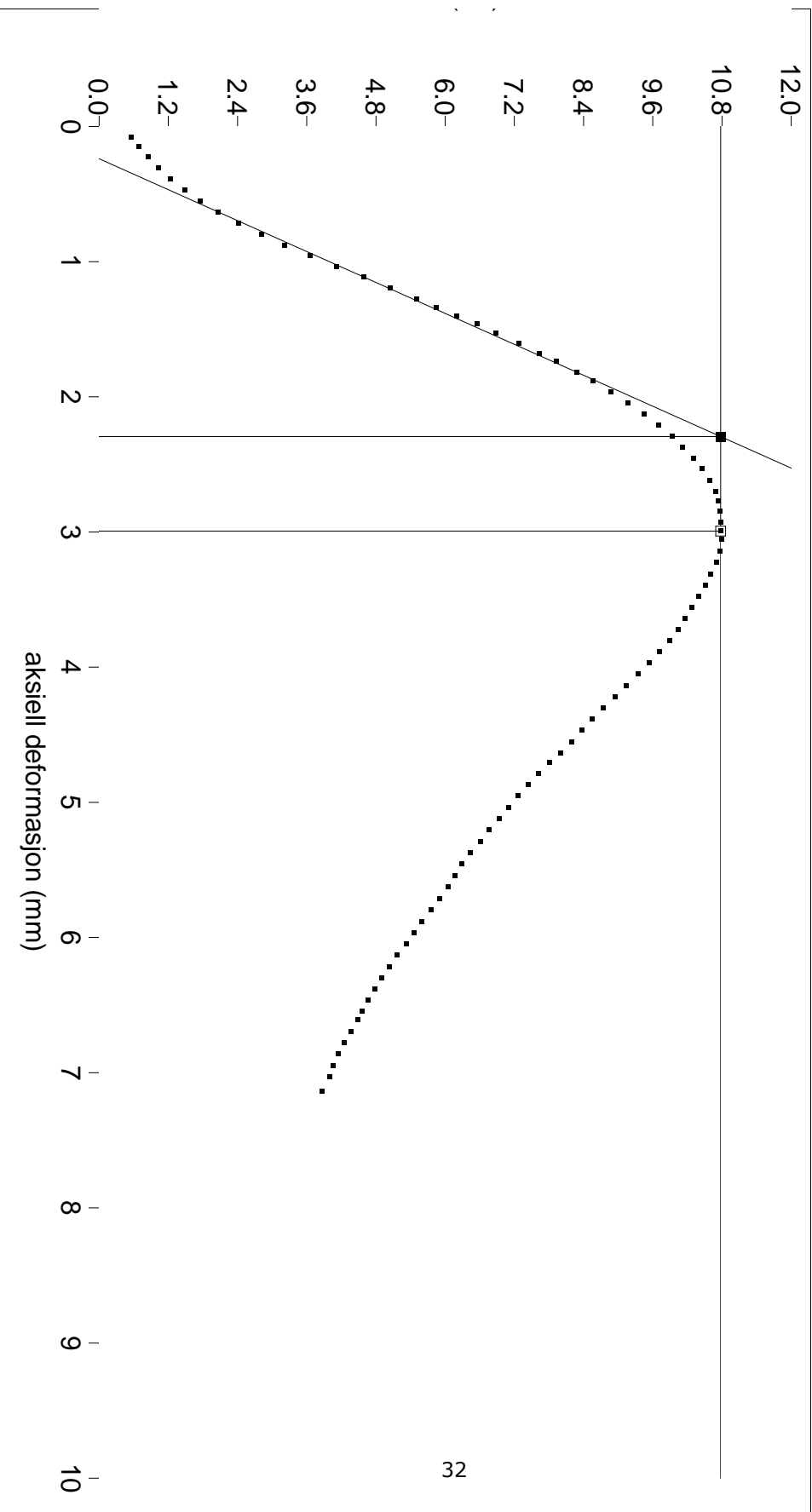
2.8 mm

Flyt(Ft)

2.1 mm

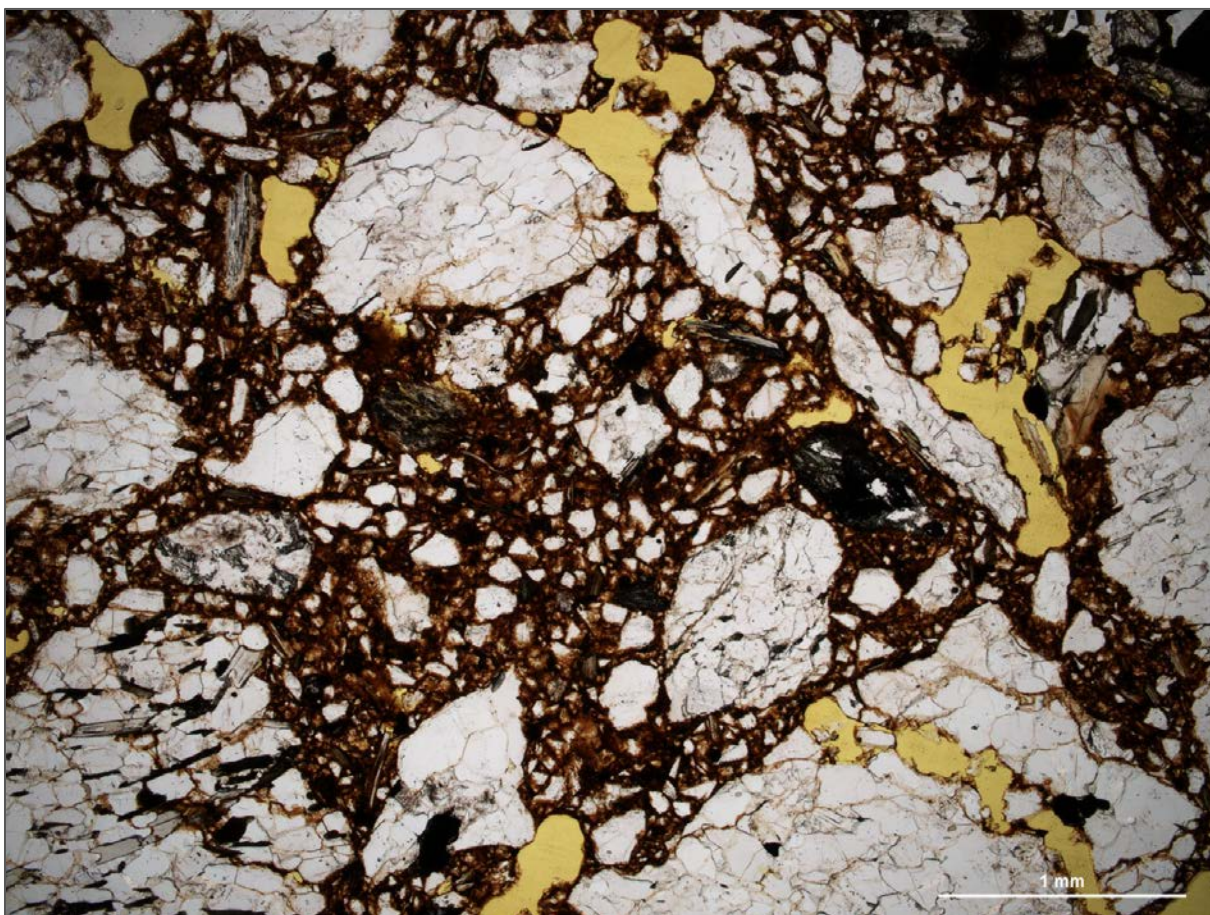
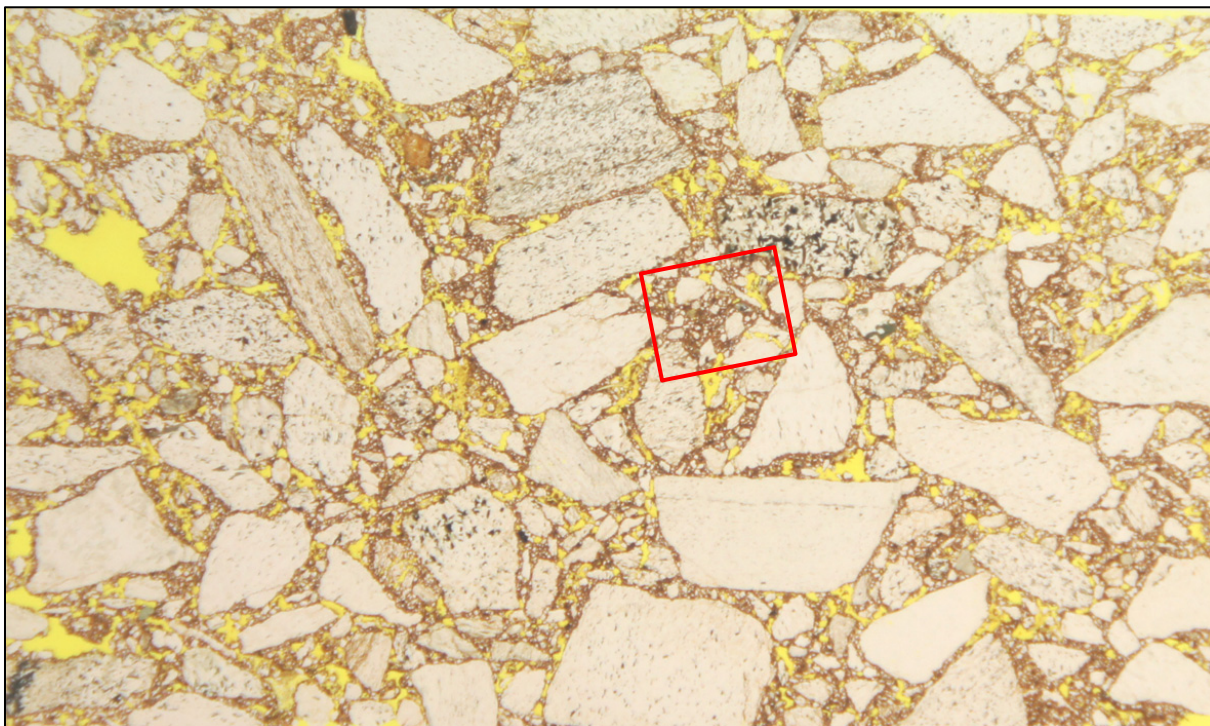
Stivhet

6175 N/mm



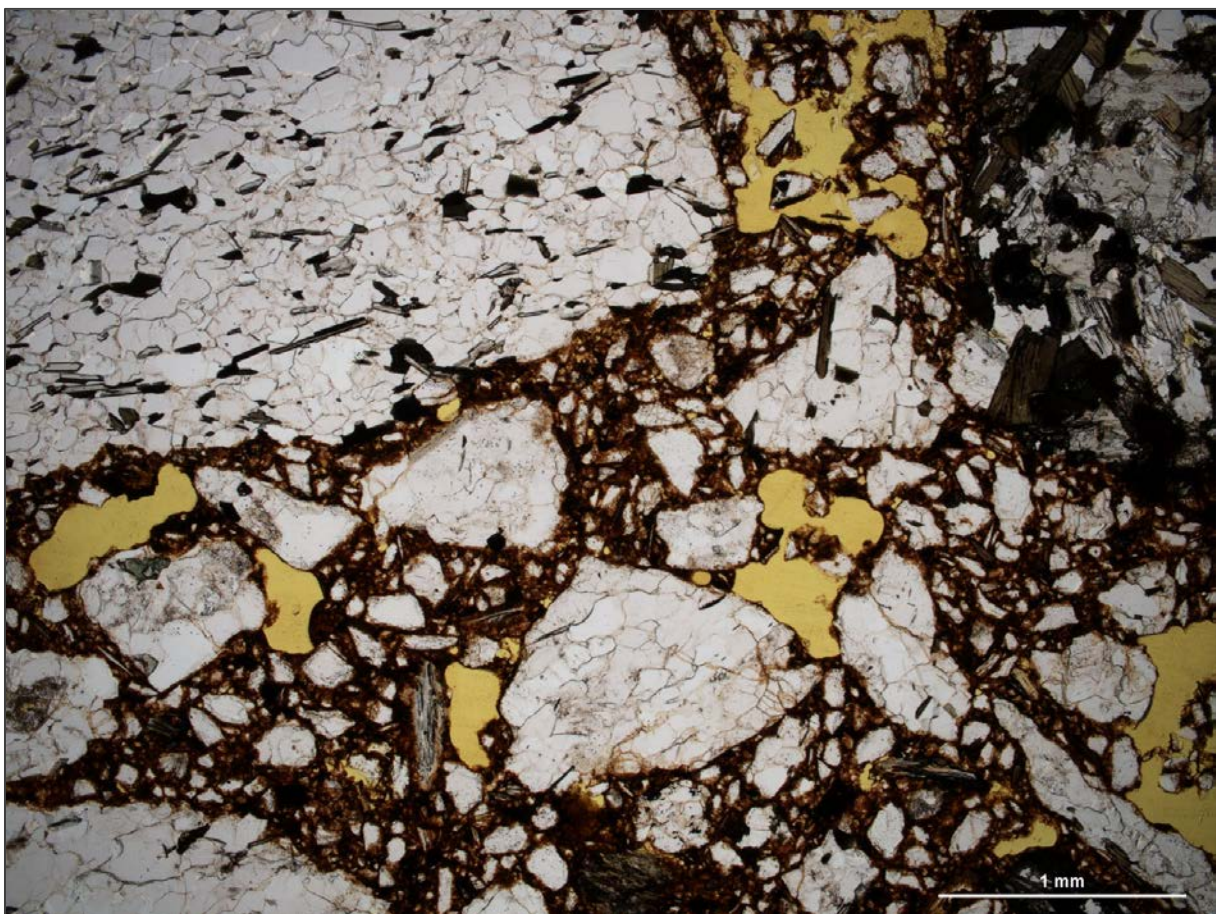
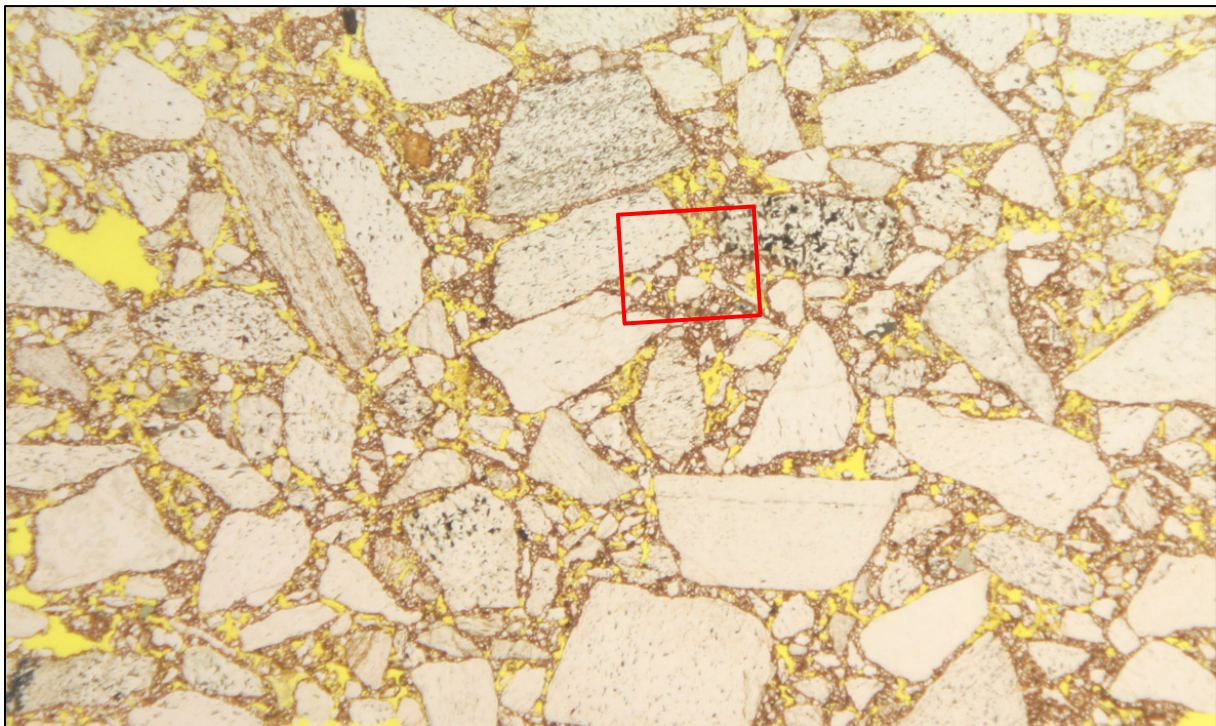
## Bilder av tynnslip fra Sintef

### Bildeutsnitt 1 fra boreprøve nr. 4.2



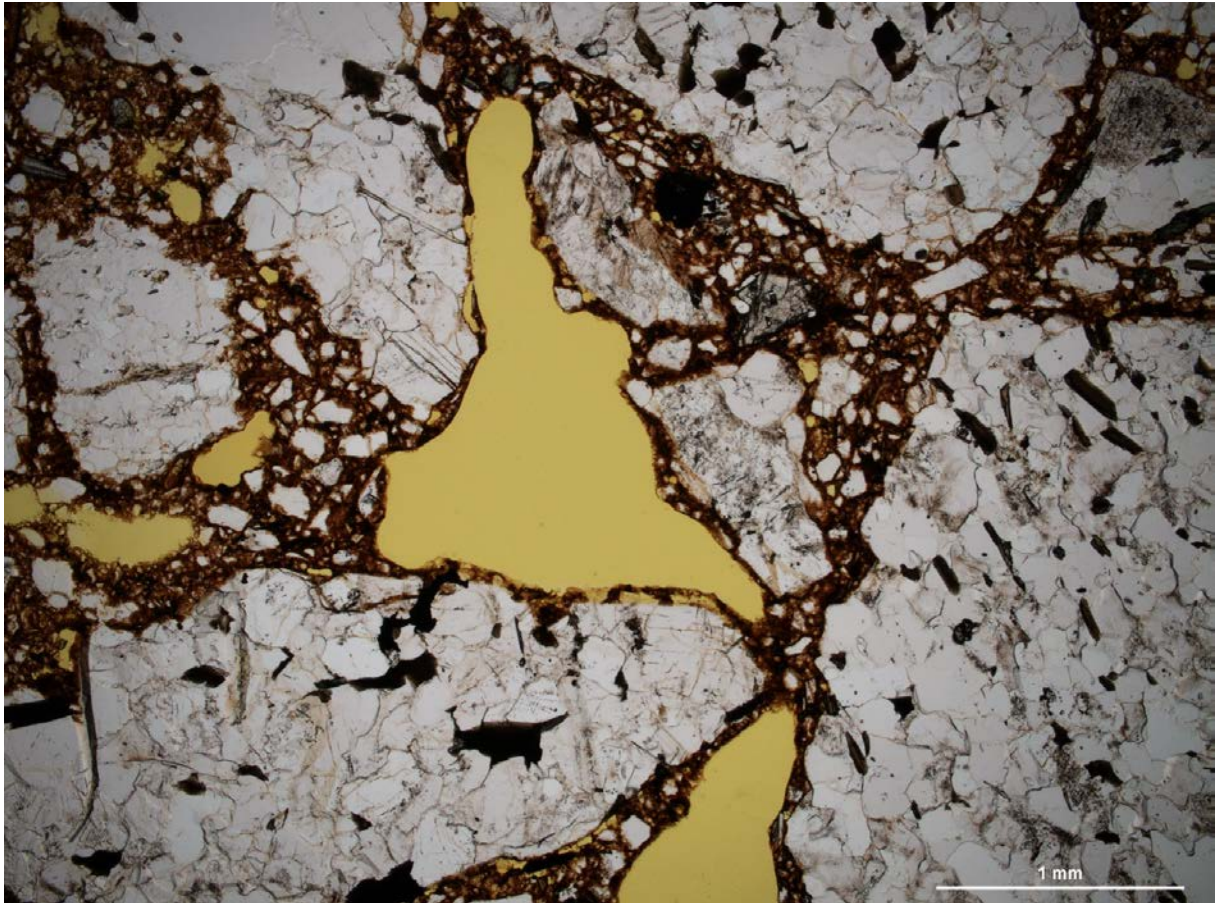
Den gule firkanten viser kornstørrelsen 0.063 mm (filler) . ■ Gul farge er hulrom.  
Bildet viser oppsamling av filler i «lommer». (Ulvik, 2012)

Bildeutsnitt 2 fra boreprøve nr. 4.2



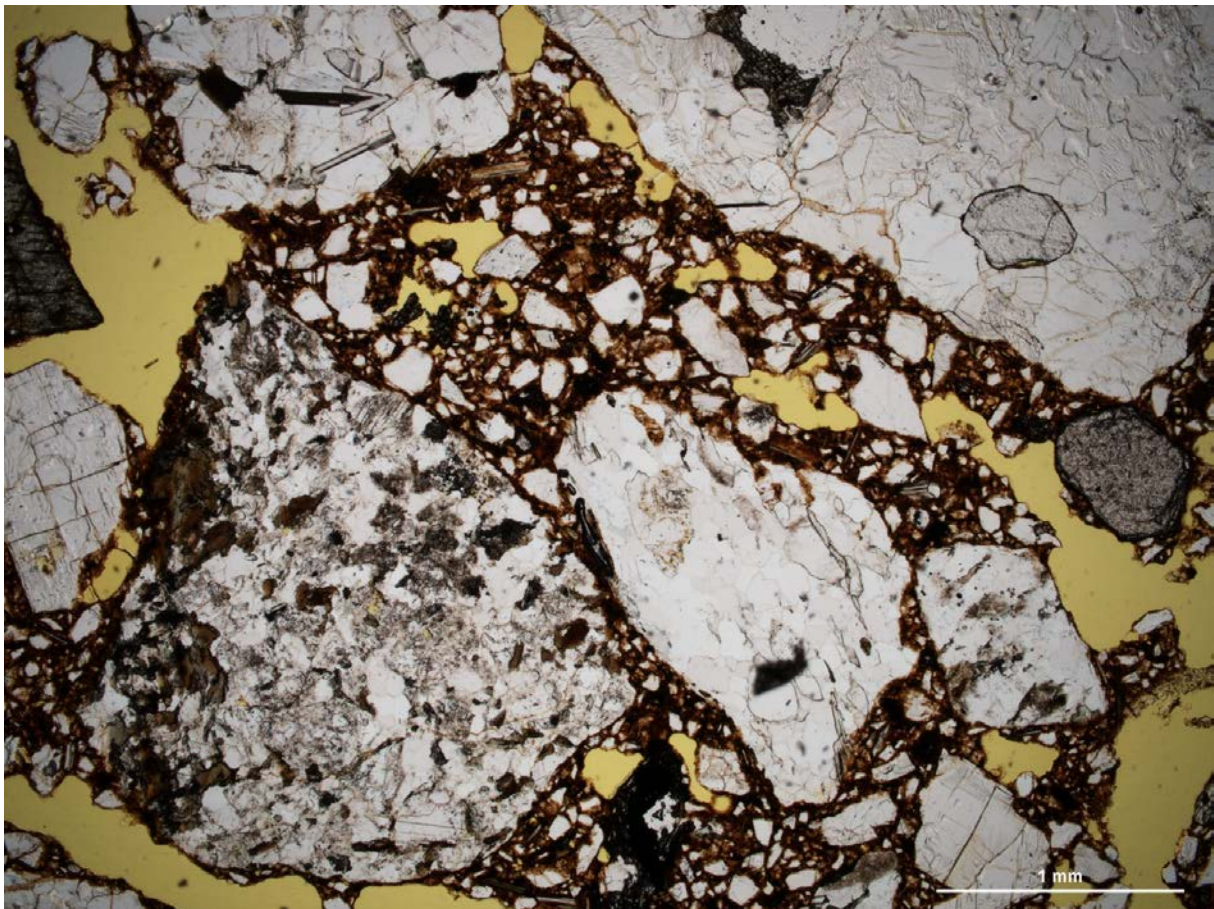
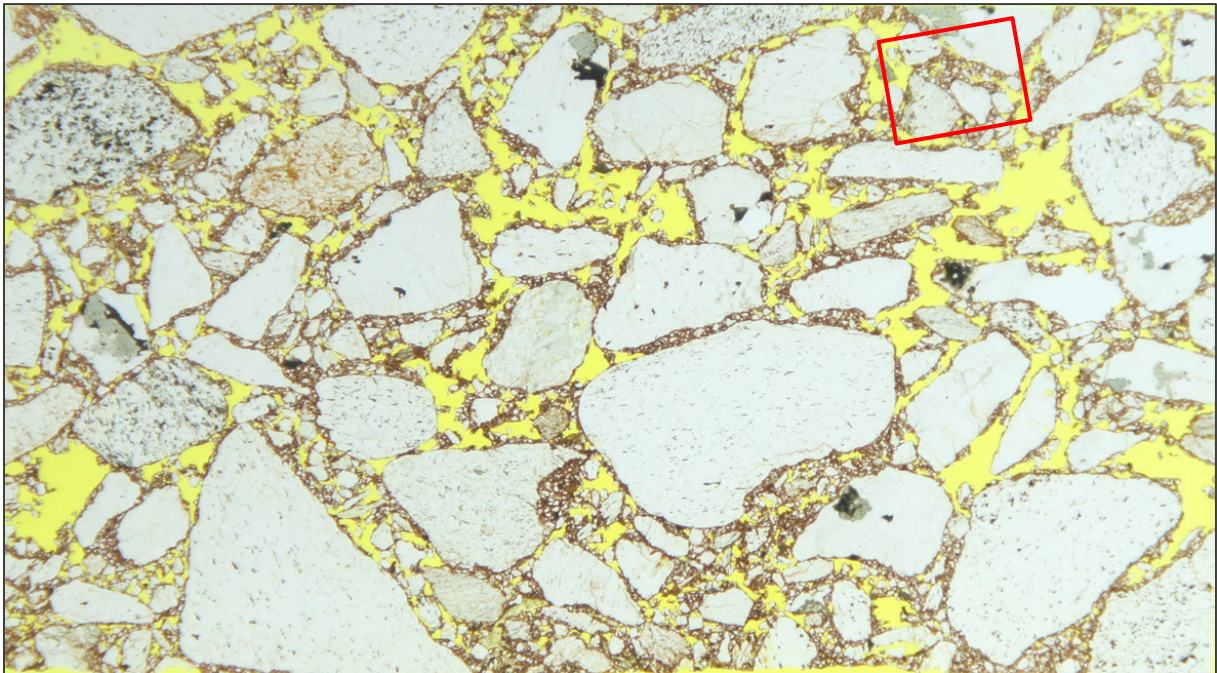
Den gule firkanten viser kornstørrelsen 0.063 mm (filler) ■ . Gul farge er hulrom.

Bildeutsnitt fra boreprøve nr. 1.2



Den gule firkanten viser kornstørrelsen 0.063 mm (filler) ■. Gul farge er hulrom. Bitumen (brun farge) limer kornene sammen. (Ulvik, 2012)

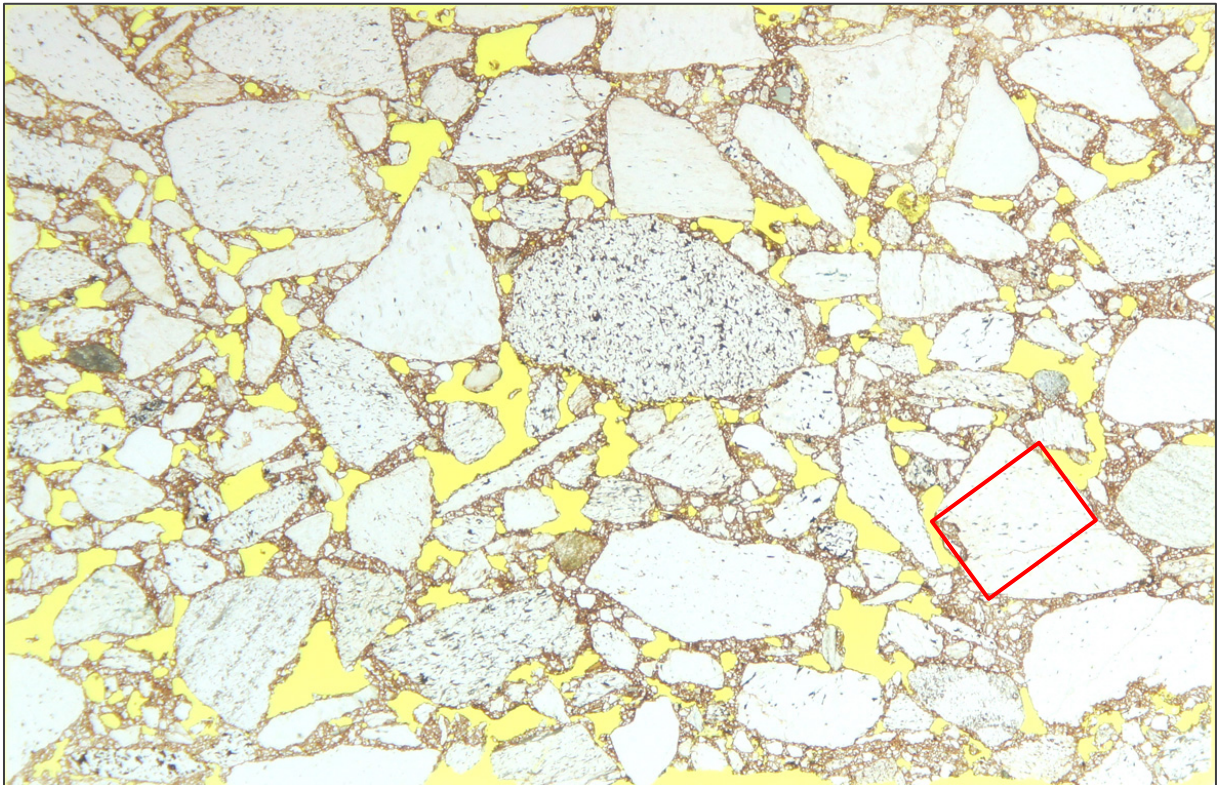
Bildeutsnitt fra boreprøve nr. 7.4



Den gule firkanten viser kornstørrelsen 0.063 mm (filler) ■ Gul farge er hulrom. Eksempel på at bitumen «spiser» små korn. (Ulvik, 2012)



Bildeutsnitt fra boreprøve nr. 1.2



Gul farge er hulrom

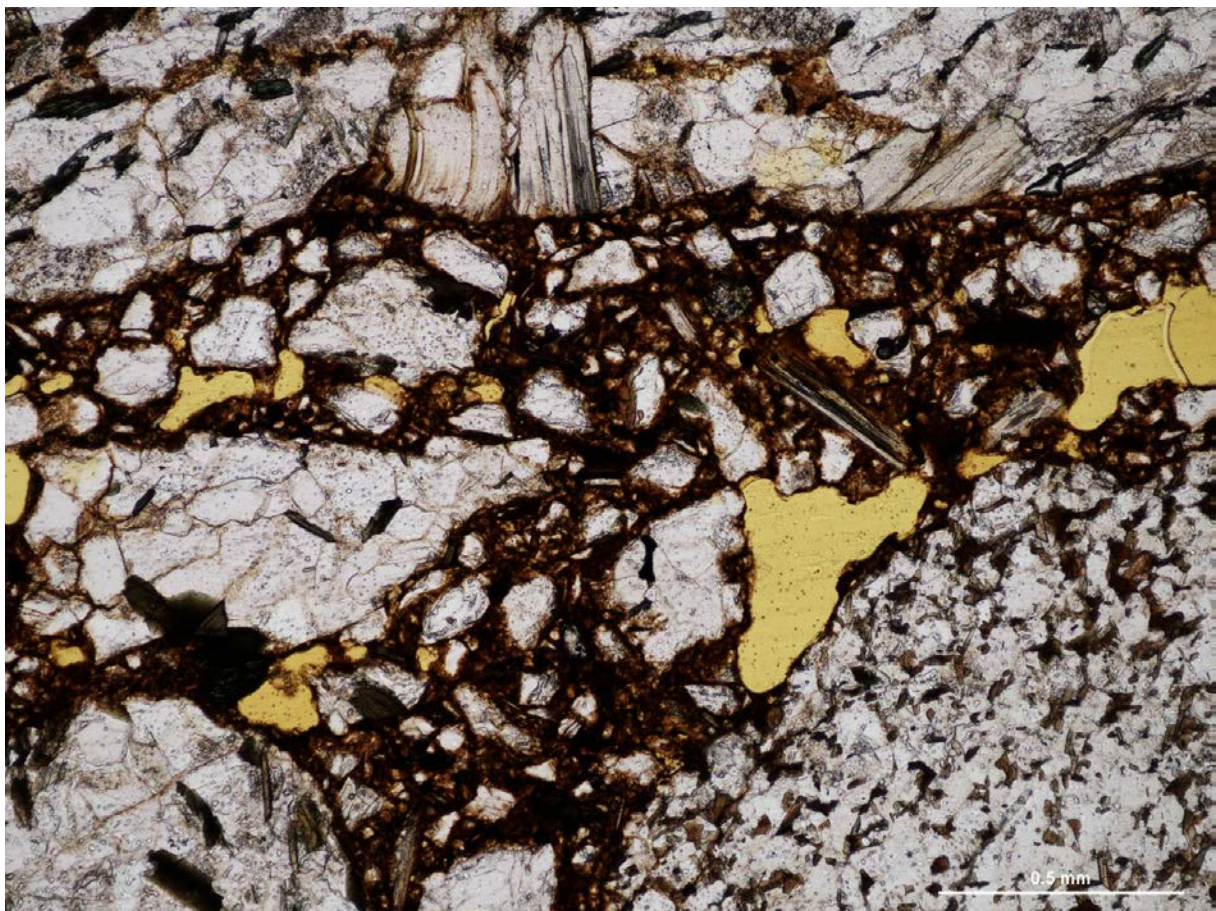
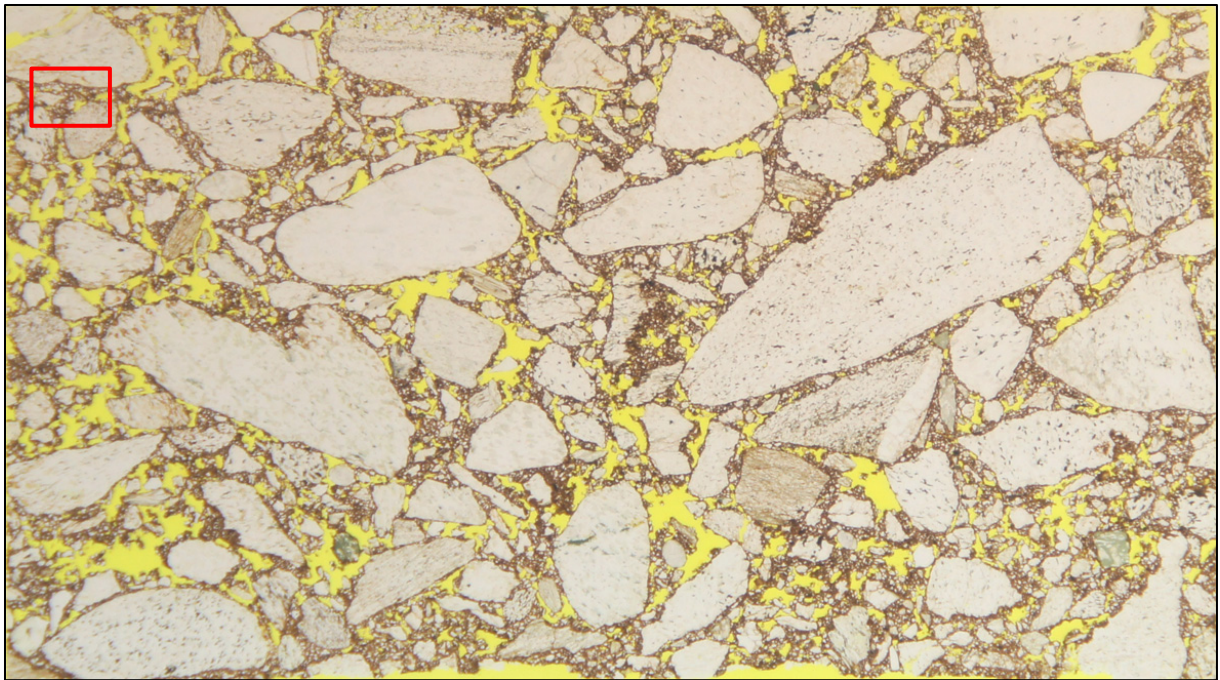




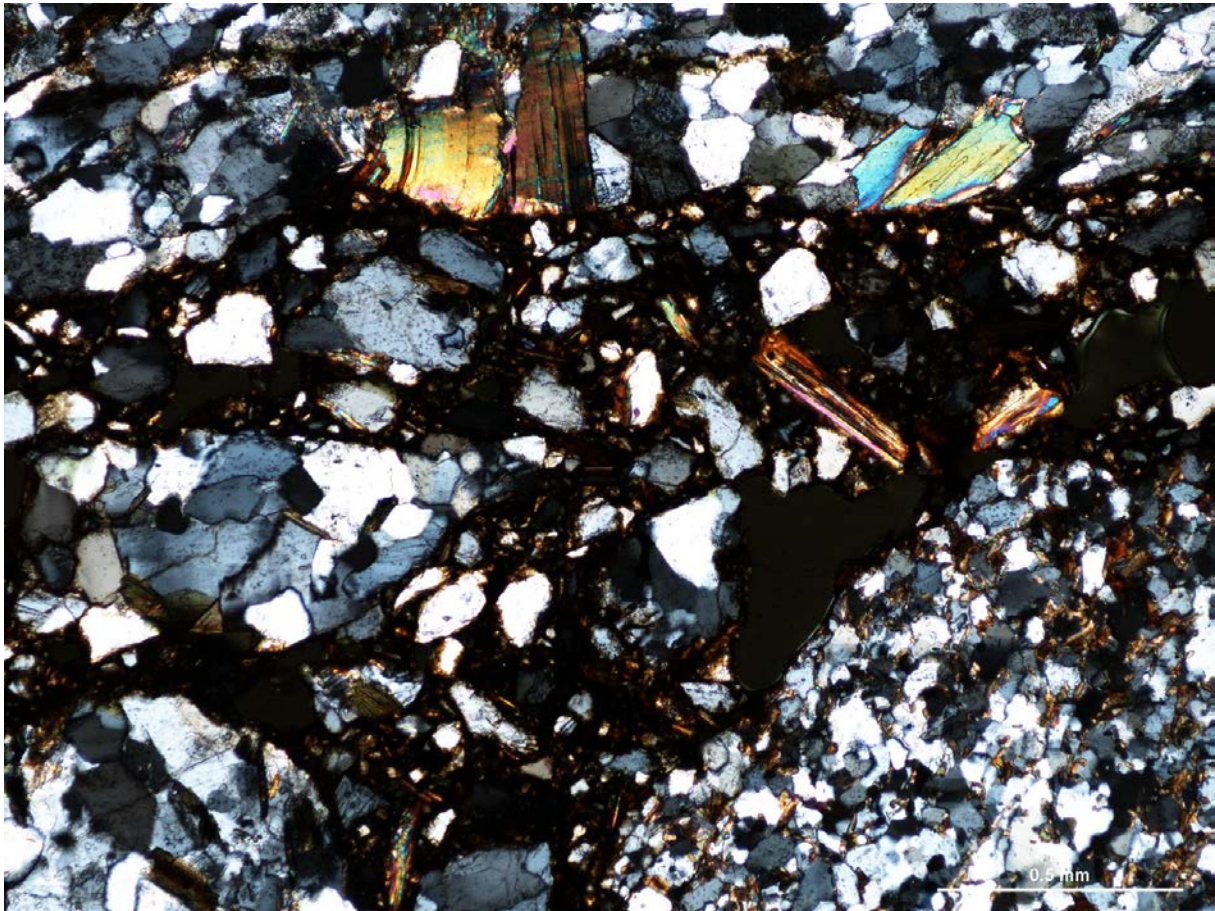
Den gule firkanten viser kornstørrelsen 0.063 mm (filler) . ■

Langstrakte glimmerkorn sammen med kvarts og noe feltspat. Glimmerkornene gir sterke farger, mens kvarts er grå/hvit/svart. Andelen glimmer er ikke spesielt høy. Glimmeret er finfordelt i bergartskornene, som domineres av kvartsskifer. (Ulvik, 2012)

Bildeutsnitt fra boreprøve nr. 5.2



Den gule firkanten viser kornstørrelsen 0.063 mm (filler) ■  
Gul farge er hulrom.



Glimmermineraler kan sees som flakete og fargerike korn. (Ulvik, 2012)

Alle bildene er levert av Sintef.

ULVIK, A. 2012. *RE: Forklaring og informasjon om bilder av tynnslip*. Type to SÆLEN, P.

---

Statens Vegvesen

Att: Sigbjørn Nilsen

### XRD-analyse av prøver merket Veidness 0-4 mm og Veidness 0-8 mm

#### Mineralinnhold:

Jnr.	290337	290338
Prøve merket	<b>Veidness 0-4 mm</b>	<b>Veidness 0-8 mm</b>
Kvarts	X	X
Glimmer	X	X
Alkalifeltspat	X	X
Plagioklas	X	X
Kloritt	X	X
Amfibol	X	X

Kjell R. Kvam  
Overingeniør

Torill Sørlokk  
Avd. ingeniør

---

**Postadresse**  
7491 Trondheim

**Org.nr.** 974 767 880

E-post:  
igb-info@ivt.ntnu.no  
<http://www.ivt.ntnu.no/igb/>

**Besøksadresse**  
Sem Sælands veg 1  
Gløshaugen

**Telefon**  
+ 47 73 59 48 10

**Telefaks**  
+ 47 73 59 48 14

Tlf: + 47

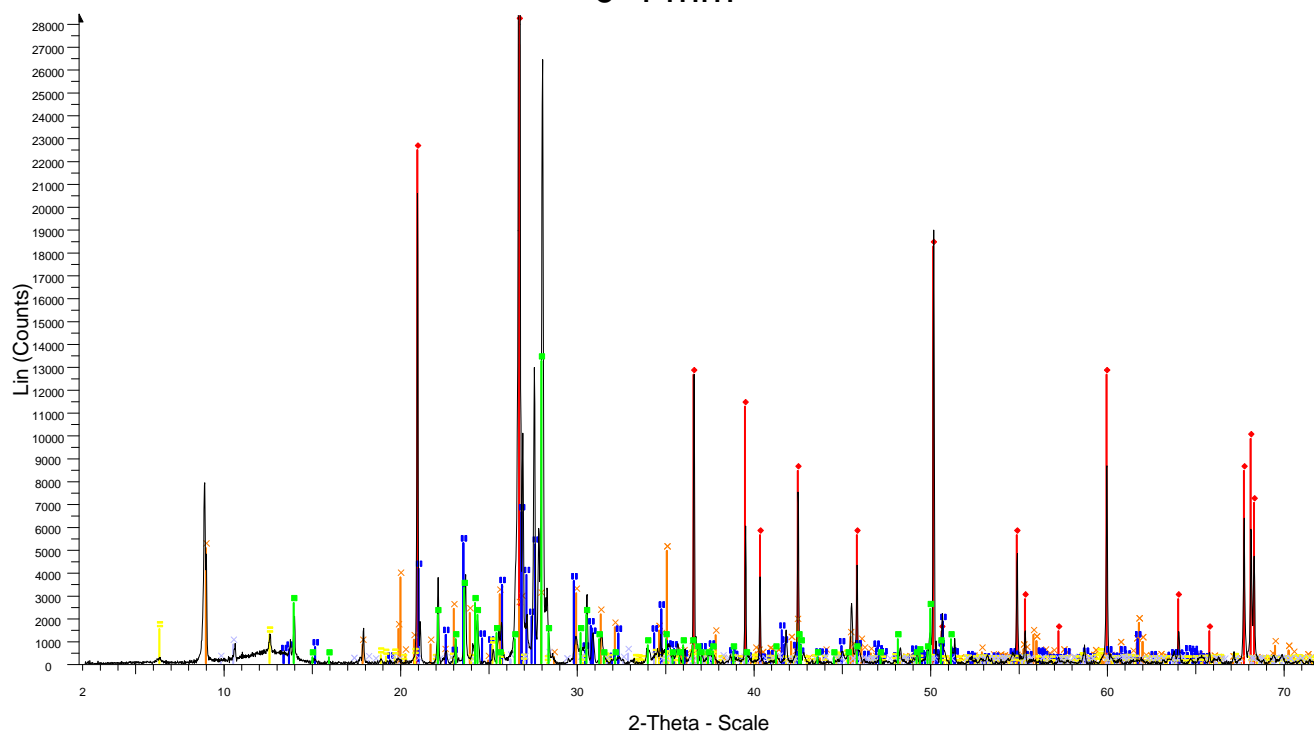
All korrespondanse som inngår i saksbehandling skal adresseres til saksbehandlerenheten ved NTNU og ikke direkte til enkeltpersoner. Ved henvendelse vennligst oppgi referanse.

Semi-kvantitativ mineralbestemmelse (vekt%):

Jnr.	290337	290338
Prøve merket	<b>Veidness 0-4 mm</b>	<b>Veidness 0-8 mm</b>
Kvarts	57	61
Glimmer	16	15
Alkalifeltspat	15	14
Plagioklas	9	8
Kloritt	2	1
Amfibol	1	1

XRD scan:

0-4 mm

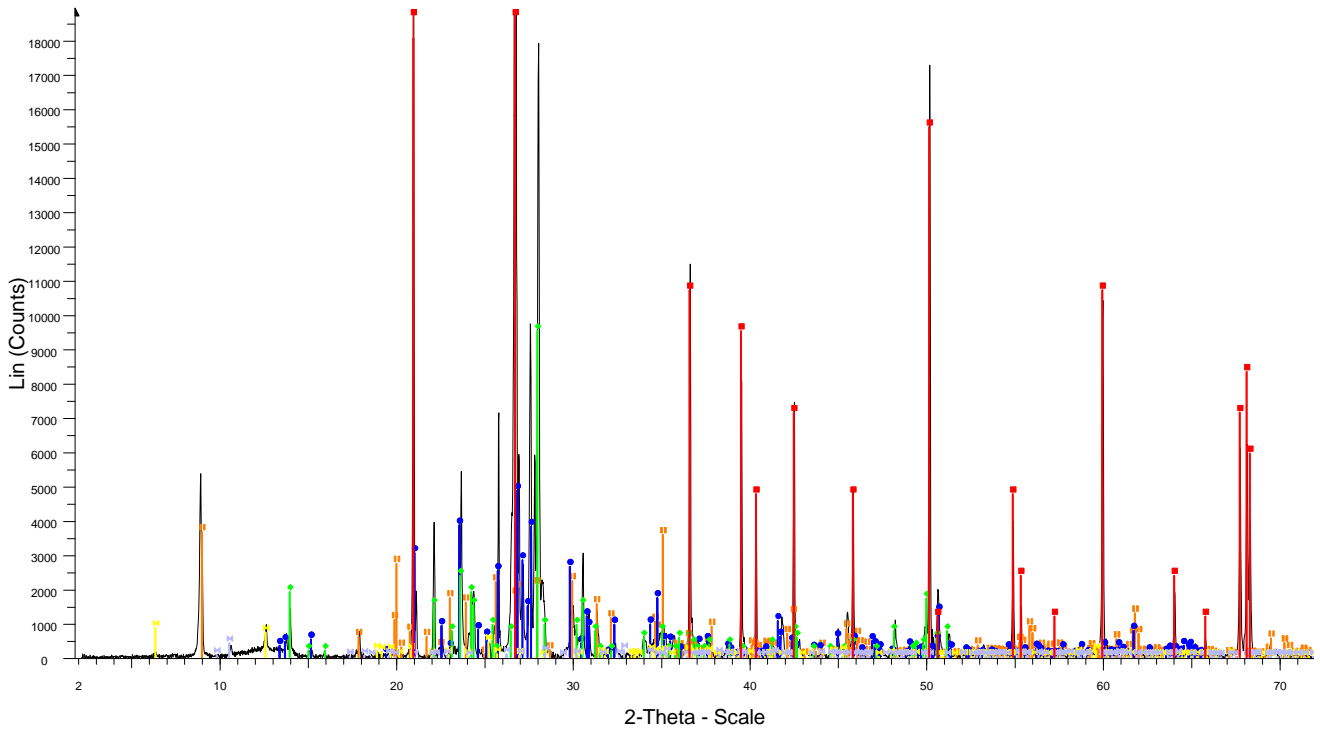


290337wr - File: 290337wr.raw - Type: 2Th/Th locked - Start: 2.000 ° - End: 71.779 ° - Step: 0.021 ° - Step time: 87. s - Temp.: 25 °C (Room) - Time Started: 22 s - 2-Theta: 2.000 ° - Theta: 1.000 ° - Chi: 0.00 ° - Phi: 0.

Operations: Strip kAlpha2 0.500 | Background 0.575,1.000 | Import

- 00-046-1045 (\*) - Quartz, syn - SiO<sub>2</sub> - Hexagonal - P3221 (154) - S-Q 56.8 % - I/Ic PDF 3.4 -
- 01-089-5401 (N) - Muscovite 2M1 - KAl<sub>2</sub>.20(Si<sub>3</sub>Al)0.975O<sub>10</sub>(OH)1.72O<sub>0.28</sub> - Monoclinic - C2/c (15) - S-Q 16.2 % - I/Ic PDF 0.4 -
- 01-070-6187 (\*) - Microcline - K(AlSi<sub>3</sub>O<sub>8</sub>) - Triclinic - C-1 (2) - S-Q 15.5 % - I/Ic PDF 0.6 -
- 00-009-0466 (\*) - Albite, ordered - NaAlSi<sub>3</sub>O<sub>8</sub> - Triclinic - C-1 (2) - S-Q 8.7 % - I/Ic PDF 2.1 -
- 01-089-2972 (I) - Clinocllore 1M1a - Mg<sub>2.5</sub>Fe<sub>1.65</sub>Al<sub>1.5</sub>Si<sub>2.2</sub>Al<sub>1.8</sub>O<sub>10</sub>(OH)<sub>8</sub> - Monoclinic - C2 (5) - S-Q 2.0 % - I/Ic PDF 1.1 -
- 01-089-5378 (\*) - Actinolite - (Fe<sub>3.112</sub>Mn<sub>0.088</sub>Mg<sub>1.954</sub>Ca<sub>1.814</sub>Na<sub>0.018</sub>)Si<sub>7.988</sub>O<sub>22.12</sub>(OH)<sub>1.860</sub>F<sub>0.0</sub> - Monoclinic - C2/m (12) - S-Q 0.8 % - I/Ic PDF 1.4 -

0-8 mm

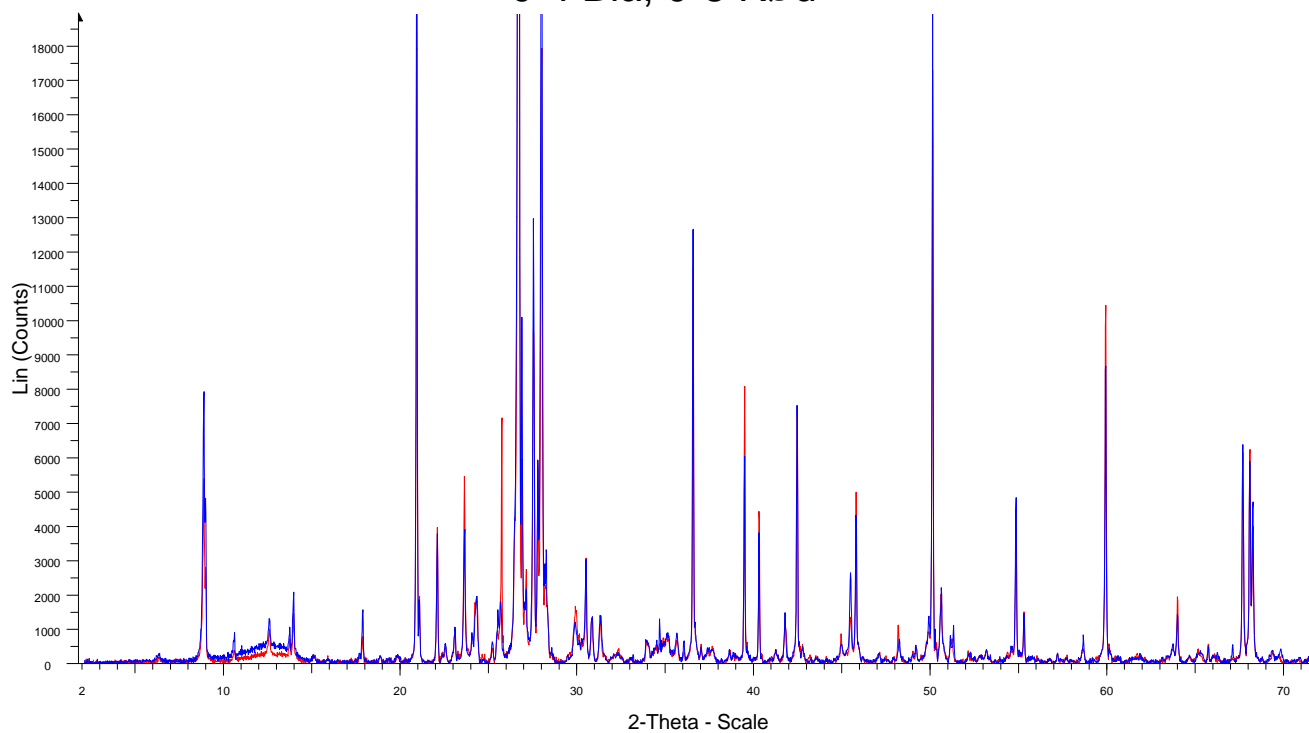


290338wr - File: 290338wr.raw - Type: 2Th/Th locked - Start: 2.000 ° - End: 71.779 ° - Step: 0.021 ° - Step time: 87. s - Temp.: 25 °C (Room) - Time Started: 17 s - 2-Theta: 2.000 ° - Theta: 1.000 ° - Chi: 0.00 ° - Phi: 0.

Operations: Strip kAlpha2 0.500 | Background 0.575,1.000 | Import

- 00-046-1045 (\*) - Quartz, syn - SiO<sub>2</sub> - Hexagonal - P3221 (154) - S-Q 60.9 % - I/Ic PDF 3.4 -
- 01-089-5401 (N) - Muscovite 2M1 - KAl<sub>2</sub>.20(Si<sub>3</sub>Al)0.975O<sub>10</sub>((OH)1.72O0.28) - Monoclinic - C2/c (15) - S-Q 14.9 % - I/Ic PDF 0.4 -
- 01-070-6187 (\*) - Microcline - K(AlSi<sub>3</sub>O<sub>8</sub>) - Triclinic - C-1 (2) - S-Q 14.4 % - I/Ic PDF 0.6 -
- 00-009-0466 (\*) - Albite, ordered - NaAlSi<sub>3</sub>O<sub>8</sub> - Triclinic - C-1 (2) - S-Q 7.9 % - I/Ic PDF 2.1 -
- 01-089-2972 (I) - Clinocllore 1M1a - Mg<sub>2</sub>.5Fe<sub>1.65</sub>Al<sub>1.5</sub>Si<sub>2.2</sub>Al<sub>1.8</sub>O<sub>10</sub>(OH)<sub>8</sub> - Monoclinic - C2 (5) - S-Q 1.4 % - I/Ic PDF 1.1 -
- 01-089-5378 (\*) - Actinolite - (Fe<sub>3.112</sub>Mn<sub>0.088</sub>Mg<sub>1.954</sub>Ca<sub>1.814</sub>Na<sub>0.018</sub>)Si<sub>7.988</sub>O<sub>22.12</sub>(OH)<sub>1.860</sub>F<sub>0.0</sub> - Monoclinic - C2/m (12) - S-Q 0.5 % - I/Ic PDF 1.4 -

## 0-4 Blå, 0-8 Rød



290338wr - File: 290338wr.raw - Type: 2Th/Th locked - Start: 2.000 ° - End: 71.779 ° - Step: 0.021 ° - Step time: 87. s - Temp.: 25 °C (Room) - Time Started: 17 s - 2-Theta: 2.000 ° - Theta: 1.000 ° - Chi: 0.00 ° - Phi: 0.  
Operations: Strip kAlpha2 0.500 | Background 0.575,1.000 | Import

290337wr - File: 290337wr.raw - Type: 2Th/Th locked - Start: 2.000 ° - End: 71.779 ° - Step: 0.021 ° - Step time: 87. s - Temp.: 25 °C (Room) - Time Started: 22 s - 2-Theta: 2.000 ° - Theta: 1.000 ° - Chi: 0.00 ° - Phi: 0.  
Operations: Strip kAlpha2 0.500 | Background 0.575,1.000 | Import



**HULROMSBEREGNINGER****Dekkets densitet ved metode hydrostatisk overflatetørr****Prøvens maks densitet ved metode Rice-densitet****Ref. hb 014: 14.5623, 14.5633, 14.564****Oppdragsnr:****Oppdragsnavn:** Rv890 hp03**Dekketype:** Ma 11

Km.	5,0 VY
Prøve nr.	
Dato utført	
Utført av	

<b>DEKKETS DENSITET</b>	<b>A</b>	<b>B</b>	<b>SNITT</b>
Masse i vann (g)	450,50	419,34	
Masse fuktig (g)	824,00	772,00	
Masse tørr (g)	808,49	761,80	
Dekkets densitet (g/cm <sup>3</sup> )	2,158	2,154	2,156

<b>MAKSIMUM DENSITET (RICE-DENSITET)</b>	<b>A</b>	<b>B</b>	<b>SNITT</b>
Pykn. nr.	31	32	
Masse pykn. (g)	1571,26	1497,45	
Volum pykn. (cm <sup>3</sup> )	1108,03	1107,98	
Masse pykn.+prøve (g)	2248,72	2125,92	
Masse pykn.+prøve+vann (g)	3081,88	2979,31	
Volum steinmatr. (cm <sup>3</sup> )	272,36	252,02	
Prøvens maks densitet (g/cm <sup>3</sup> )	2,487	2,494	2,491

<b>BEREGNET HULROM (%)</b>	<b>A</b>	<b>B</b>	<b>SNITT</b>
	13,24	13,64	13,44

<b>FORBRUK:</b>	
Dekketykkelse (mm)	30,50
Forbruk (kg/m <sup>2</sup> )	65,76

**HULROMSBEREGNINGER****Dekkets densitet ved metode hydrostatisk overflatetørr****Prøvens maks densitet ved metode Rice-densitet****Ref. hb 014: 14.5623, 14.5633, 14.564****Oppdragsnr:****Oppdragsnavn:** Rv890 hp03**Dekketype:** Ma 11

Km.	7,0 HY
Prøve nr.	
Dato utført	
Utført av	

<b>DEKKETS DENSITET</b>	<b>A</b>	<b>B</b>	<b>SNITT</b>
Masse i vann (g)	455,06	452,77	
Masse fuktig (g)	846,26	827,37	
Masse tørr (g)	832,48	809,35	
Dekkets densitet (g/cm <sup>3</sup> )	2,122	2,154	2,138

<b>MAKSIMUM DENSITET (RICE-DENSITET)</b>	<b>A</b>	<b>B</b>	<b>SNITT</b>
Pykn. nr.	33	34	
Masse pykn. (g)	1546,67	1516,26	
Volum pykn. (cm <sup>3</sup> )	1108,16	1115,20	
Masse pykn.+prøve (g)	2243,26	2117,57	
Masse pykn.+prøve+vann (g)	3068,87	2989,62	
Volum steinmatr. (cm <sup>3</sup> )	280,07	240,53	
Prøvens maks densitet (g/cm <sup>3</sup> )	2,487	2,500	2,494

<b>BEREGNET HULROM (%)</b>	<b>A</b>	<b>B</b>	<b>SNITT</b>
	14,70	13,84	14,27

<b>FORBRUK:</b>	
Dekketykkelse (mm)	27,00
Forbruk (kg/m <sup>2</sup> )	57,72