

SINTEF F25580 - Fortrolig

# Rapport

## Mekaniske egenskaper til HDPE

Strekktesting ved romtemperatur

**Forfatter(e)**

Frode Grytten

# Rapport

## Mekaniske egenskaper til HDPE

Strekktesting ved romtemperatur

EMNEORD:  
HDPE  
FlytekragerVERSJON  
1.2DATO  
2014-06-02FORFATTER(E)  
Frode GryttenOPPDRAGSGIVER(E)  
FiskeridirektoratetOPPDRAGSGIVERS REF.  
Tor-Arne HellePROSJEKTNR  
102006137ANTALL SIDER OG VEDLEGG:  
8+ vedlegg

### SAMMENDRAG

#### Strekktesting av HDPE ved romtemperatur

På oppdrag fra Fiskeridirektoratet har SINTEF testet polyetylen (HDPE) materialer sendt inn av 3 leverandører av flytekrager, nærmere bestemt Nofi, Preplast og Aqualine. E-modul, flytespenning og bruddtøyning er funnet for de ulike materialene. Det var stor variasjon i bruddtøyning for de ulike materialene, mens forskjellene i E-modul og flytespenning var langt mindre.

UTARBEIDET AV  
Frode Grytten

SIGNATUR

KONTROLLERT AV  
Rune H. Gaarder

SIGNATUR

GODKJENT AV  
Einar L. Hinrichsen

SIGNATUR

RAPPORTNR  
SINTEF F25580

ISBN

GRADERING  
FortroligGRADERING DENNE SIDE  
Fortrolig

# Historikk

---

VERSJON	DATO	VERSJONSBEKRIVELSE
1.0	2013-11-27	Første versjon av rapporten.

---

1.1	2013-12-04	Anonymiserte materialer
-----	------------	-------------------------

---

1.2	2014-06-02	Mindre rettelser av tekst
-----	------------	---------------------------

# Innholdsfortegnelse

<b>1</b>	<b>Bakgrunn.....</b>	<b>4</b>
<b>2</b>	<b>Prøveframstilling .....</b>	<b>4</b>
<b>3</b>	<b>Testprosedyrer .....</b>	<b>5</b>
<b>4</b>	<b>Resultater .....</b>	<b>5</b>
<b>A</b>	<b>Testrapporter generert fra testmaskin .....</b>	<b>8</b>

## BILAG/VEDLEGG

---

Testrapporter fra testmaskin

---

## 1 Bakgrunn

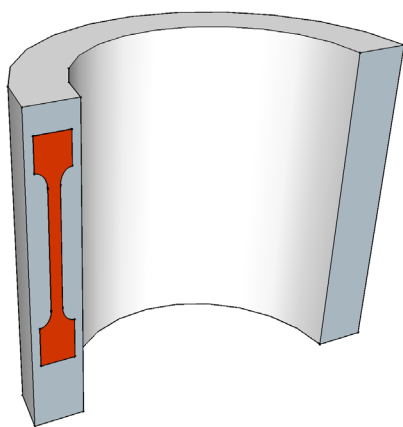
Fiskeridirektoratet ønsker å få kartlagt materialeegenskaper for polyetylen (HDPE) på flyteringer for akvakulturanlegg. Hensikten er å komme frem til flytegrense for PE100 som kan innføres i en fremtidig revisjon av NS 9415. Som ledd i dette arbeidet har SINTEF testet materialer sendt inn av 3 leverandører av flytekrager, nærmere bestemt Nofi, Preplast og Aqualine. Prøvene fra Aqualine kom direkte fra Hallingplast mens Nofi og Preplast selv sendte sine prøver til SINTEF. Ut fra merking av rørene ser det imidlertid ut som om alle rør er ekstrudert hos Hallingplast. Alle rørene skulle merkes med OD/SDR (ytre diameter og utvendig diameter dividert på godstykkelse). Prøvene som kom fra Aqualine/Hallingplast var også vedlagt datablad fra materialprodusentene. En oversikt over alle materialstykkene som ble mottatt er vist i Tabell 1.

**Tabell 1. Oversikt over mottatte materialprøver.**

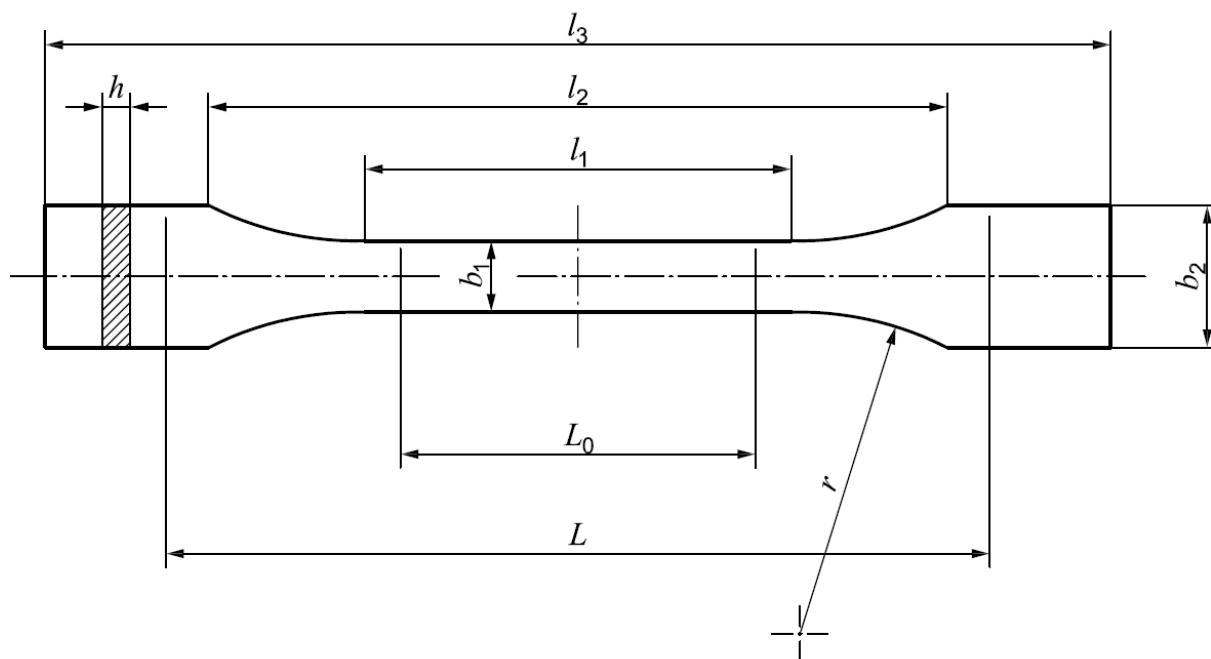
Leverandør	Dimensjon/merking	Materiale
Aqualine/Hallingplast	400SDR11	Vestolen A (SABIC)
	400SDR17,6	Hostalen CRP100 (BASEL)
	450SDR17,6	BorSafe HE3490-LS (Borealis)
Nofi	400SDR17	
	500SDR17	
Preplast	400SDR17	
	500SDR17	

## 2 Prøveframstilling

Rørbitene ble først grovkuttet for å få håndterbare stykker å jobbe med. Disse stykkene ble deretter frest til ferdige prøvestykker (type 1B) i henhold til ISO 527-2:2012. Nominell geometri til prøvene er gitt i Figur 2 og Tabell 2. De faktiske dimensjonene ble målt like før testing, og var i mange tilfeller utenfor toleransene gitt i standarden og hadde forholdsvis stor spredning. Testresultatene viste seg imidlertid å være konsistente med liten spredning, så det antas at faktisk prøvegeometri var av tilstrekkelig kvalitet. Prøvenes plassering og orientering i forhold til røret er skissert i Figur 1. Merk at prøveområdet ligger midt i rørveggen, altså i det området som kjøles saktere ned etter ekstrudering. Dette området kan ha noe forskjellig krystallinitet enn materialet nærmere overflaten, men testing av ulike rørdimensjoner vil trolig fange opp effekter av dette.



**Figur 1. Skisse som viser prøvenes orientering og plassering.**



**Figur 2. Geometri på prøvestykker i henhold til ISO 527-2.**

**Tabell 2. Dimensjoner på prøvestykker 1B i henhold til ISO 527-2.**

$l_3$	Total lengde	$\geq 150$
$l_1$	Lengde til smal parallell del	$60,0 \pm 0,5$
$r$	Radius	$60,0 \pm 0,5$
$l_2$	Avstand mellom brede parallelle deler	$108 \pm 1,6$
$b_2$	Bredde ved endene	$20,0 \pm 0,2$
$b_1$	Bredde ved smal del	$10,0 \pm 0,2$
$h$	Anbefalt tykkelse	$4,0 \pm 0,2$
$L_0$	Målelengde	$50,0 \pm 0,5$

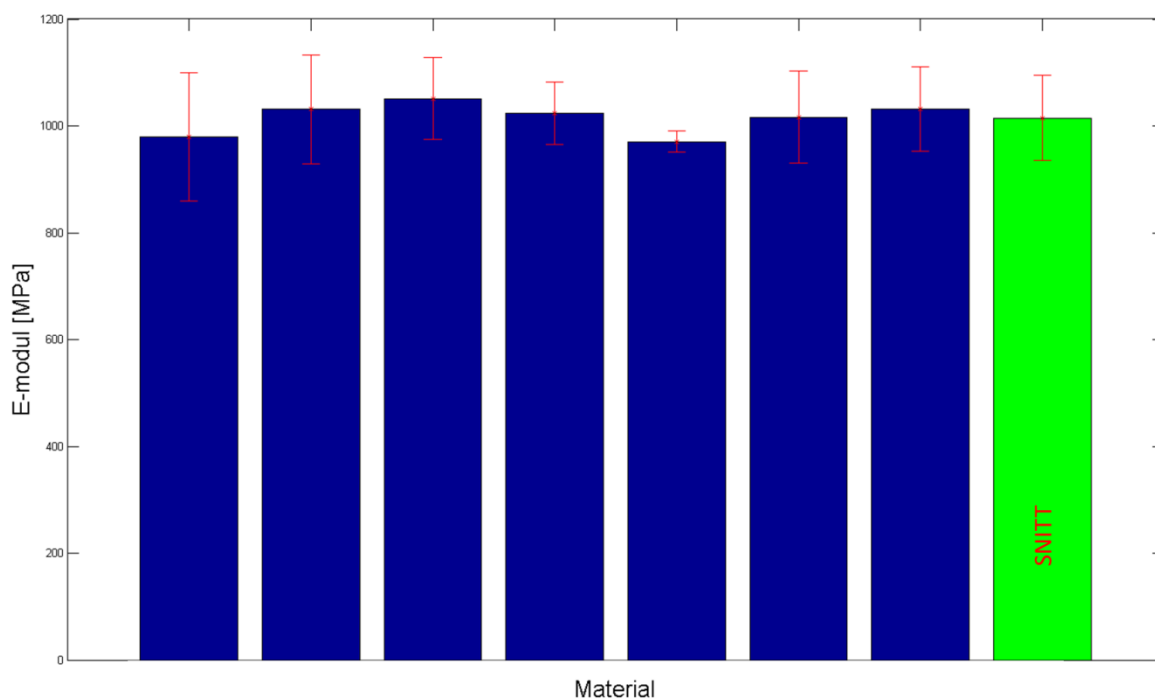
### 3 Testprosedyrer

Testene ble utført i en universal testmaskin med 2.5 kN lastcelle. Opprinnelig avstand mellom grepene var 100 mm og ekstensomerterlengden (Målelengden  $L_0$ ) var 50 mm. E-modul ble målt mellom 0,05 og 0,25 % tøyning. Testhastigheten var 1 mm/min opp til 0,25 % tøyning, og 500 mm/min fra 0,25 % tøyning og fram til brudd.

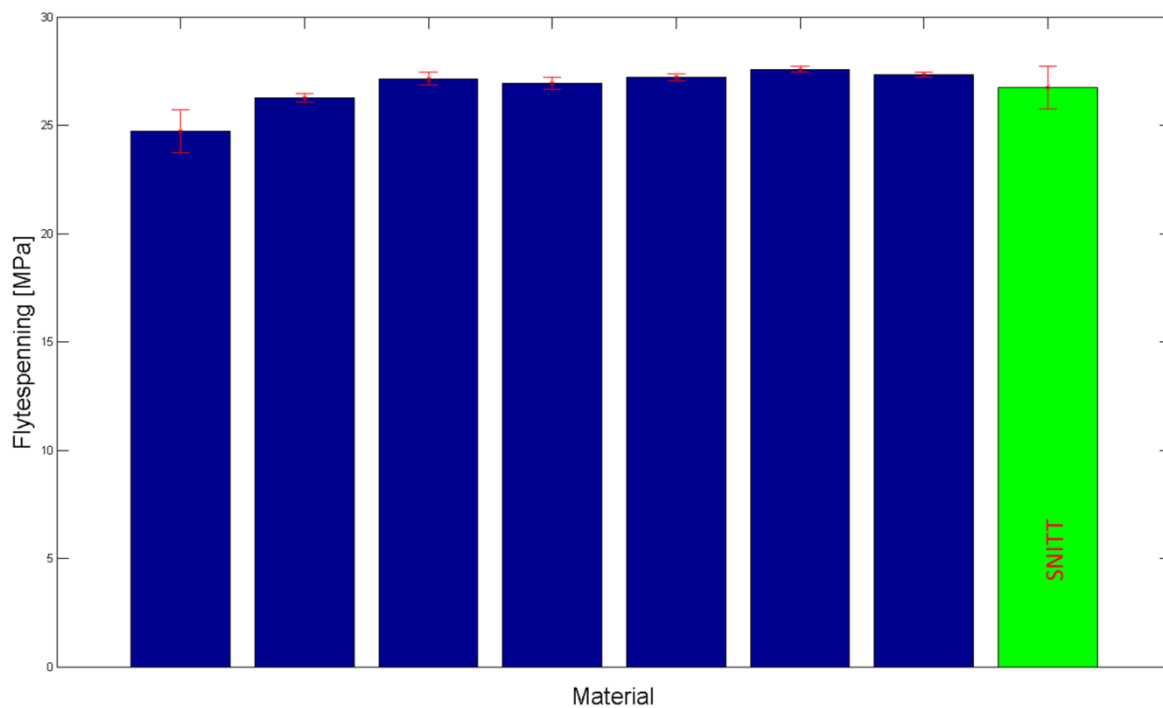
### 4 Resultater

Resultatene fra alle enkeltprøvene er gjengitt i Vedlegg A. Rådata fra testene er oversendt rømmingskommisjonen for akvakultur for videre behandling. Resultatene vil bli kort oppsummert under.

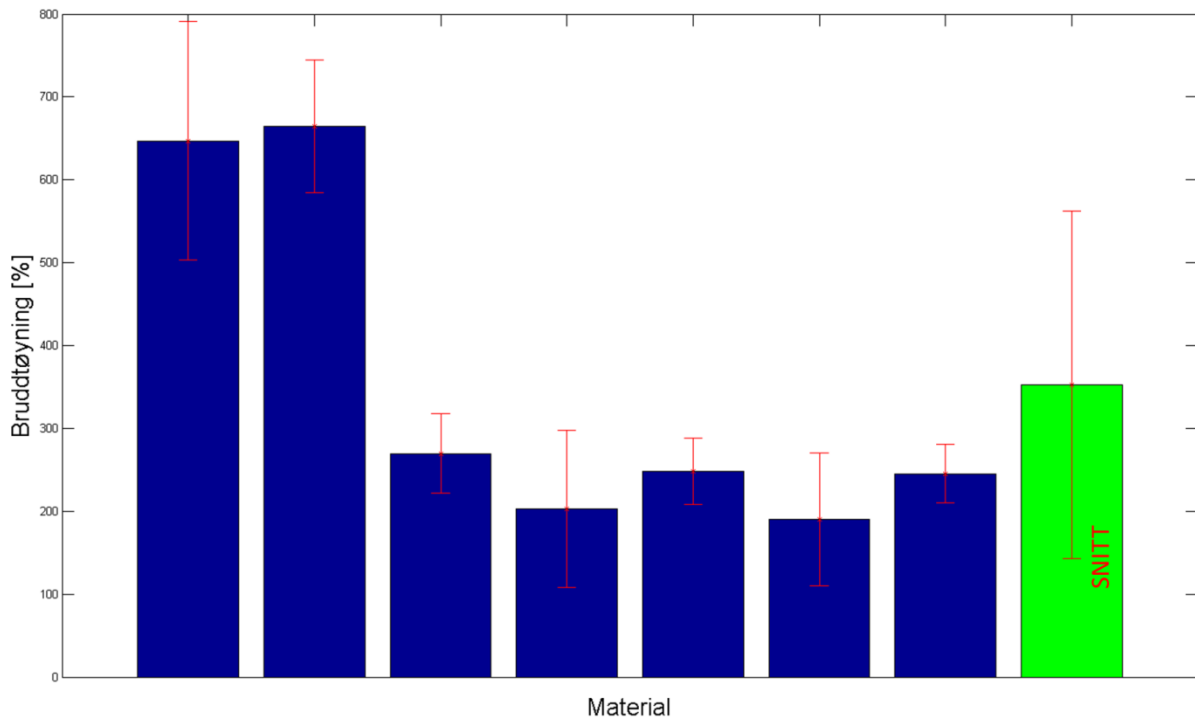
Figur 3, Figur 4 og Figur 5 viser henholdsvis E-modul, flytespenning og bruddtøyning for de ulike materialene. De største forskjellene ses i bruddtøyningen, mens E-modul og flytespenning viser langt mindre variasjon (selv om forskjellene kan være statistisk signifikante).



**Figur 3. Gjennomsnittlig E-modul og standardavvik for de ulike materialene.**



**Figur 4. Gjennomsnittlig flytespenning og standardavvik for de ulike materialene.**



**Figur 5. Gjennomsnittlig bruddtøyning og standardavvik for de ulike materialene.**



## A Testrapporter generert fra testmaskin

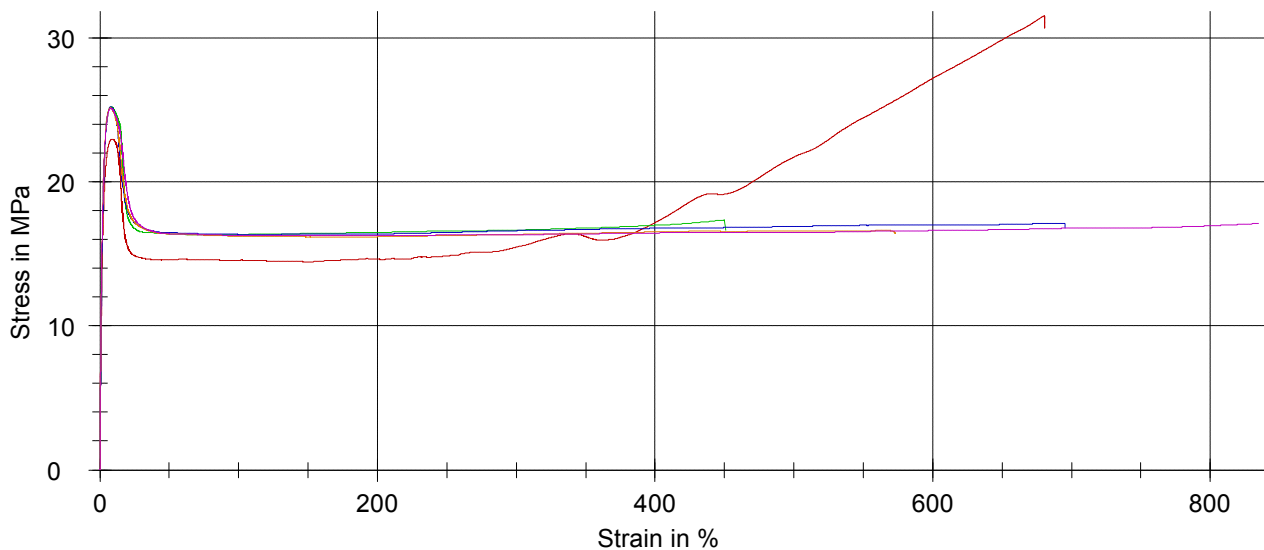
## Tensile Testing

Heading : Tensile Testing  
 Customer : Fiskeridirektoratet/ Frode Grytten  
 Job no. : 102006137  
 Material :  
 Tester : Paul V. McMahon/ Alaa Mourad  
 Machine data : 2.5 kN LC & Grips, Emod 0.05-0.25%, Test Speed 500 mm/min, L0= 50 mm, Grip to Grip 138.88 mm  
 Pre-load : 5 N  
 Speed, tensile modulus : 1 mm/min  
 Test speed : 500 mm/min

### Test results:

Nr	h mm	b mm	$E_t$ MPa	$\sigma_Y$ MPa	$\sigma_M$ MPa	$\epsilon_M$ %	$\sigma_B$ MPa	$\epsilon_B$ %	Commentary
1	5,477	9,557	919	23,0	31,5	680,6	30,7	680,6	50mm/min
2	5,337	9,7	910	25,2	25,2	8,1	16,6	450,9	500mm/min
3	5,433	9,493	854	25,2	25,2	8,0	16,8	695,3	500mm/min
4	5,4	9,49	1090	25,2	25,2	7,7	16,4	573,1	500mm/min
5	5,337	9,423	1130	25,1	25,1	8,0	17,1	834,8	500mm/min

### Series graph:



**Statistics:**

XXX	$E_t$	$\sigma_Y$	$\sigma_M$	$\varepsilon_M$	$\sigma_B$	$\varepsilon_B$	h	b	$A_0$
n = 5	MPa	MPa	MPa	%	MPa	%	mm	mm	mm <sup>2</sup>
$\bar{x}$	979	24,7	26,4	142,5	19,5	647,0	5,397	9,533	51,44
s	120	0,985	2,85	300,8	6,23	143,7	0,06115	0,1048	0,76
v	12,25	3,98	10,78	211,15	31,91	22,22	1,13	1,10	1,47

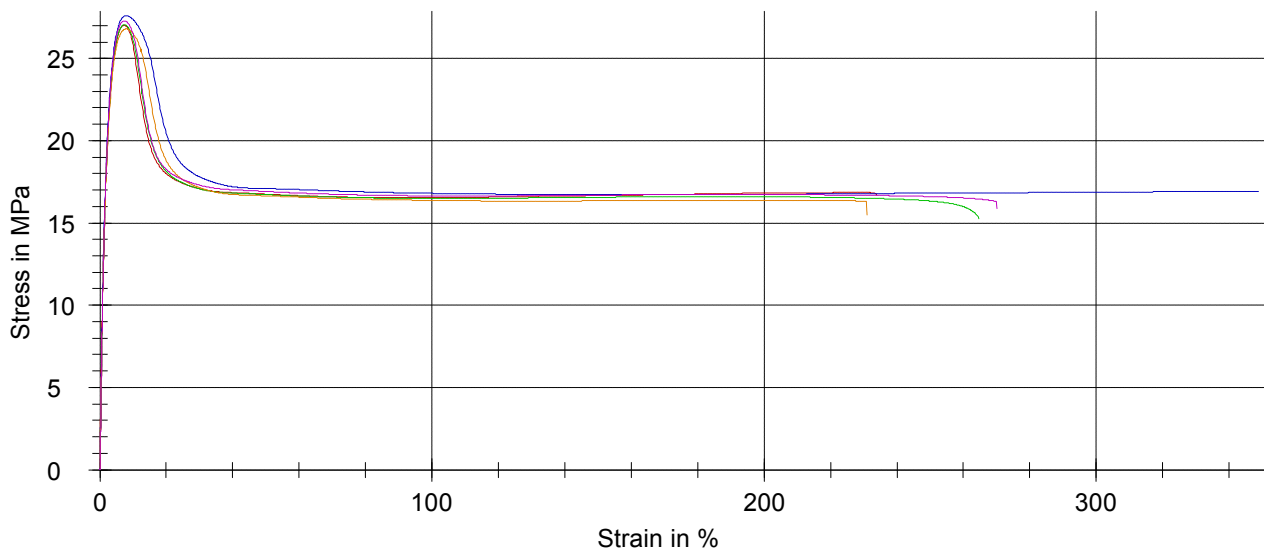
## Tensile Testing

Heading : Tensile Testing  
 Customer : Fiskeridirektoratet/ Frode Grytten  
 Job no. : 102006137  
 Material :  
 Tester : Paul V. McMahon/ Alaa Mourad  
 Machine data : 2.5 kN LC & Grips, Emod 0.05-0.25%, Test Speed 500 mm/min, L0= 50 mm, Grip to Grip 100 mm  
 Pre-load : 5 N  
 Speed, tensile modulus : 1 mm/min  
 Test speed : 500 mm/min

### Test results:

Nr	h mm	b mm	$E_t$ MPa	$\sigma_Y$ MPa	$\sigma_M$ MPa	$\epsilon_M$ %	$\sigma_B$ MPa	$\epsilon_B$ %	Commentary
1	5,223	9,837	1180	27,0	27,0	7,3	16,7	234,0	
2	5,397	9,883	1010	27,1	27,1	7,4	15,3	264,6	
3	5,513	9,89	1060	27,6	27,6	7,9	16,9	348,9	
4	5,567	9,863	1030	26,8	26,8	7,9	15,5	231,0	
5	4,97	9,807	981	27,3	27,3	7,5	15,8	270,1	

### Series graph:



**Statistics:**

XXX	$E_t$	$\sigma_Y$	$\sigma_M$	$\epsilon_M$	$\sigma_B$	$\epsilon_B$	h	b	$A_0$
n = 5	MPa	MPa	MPa	%	MPa	%	mm	mm	mm <sup>2</sup>
$\bar{x}$	1050	27,2	27,2	7,6	16,0	269,7	5,334	9,856	52,58
s	76,6	0,311	0,311	0,3	0,730	47,6	0,2424	0,03451	2,55
v	7,28	1,14	1,14	3,90	4,55	17,65	4,54	0,35	4,85

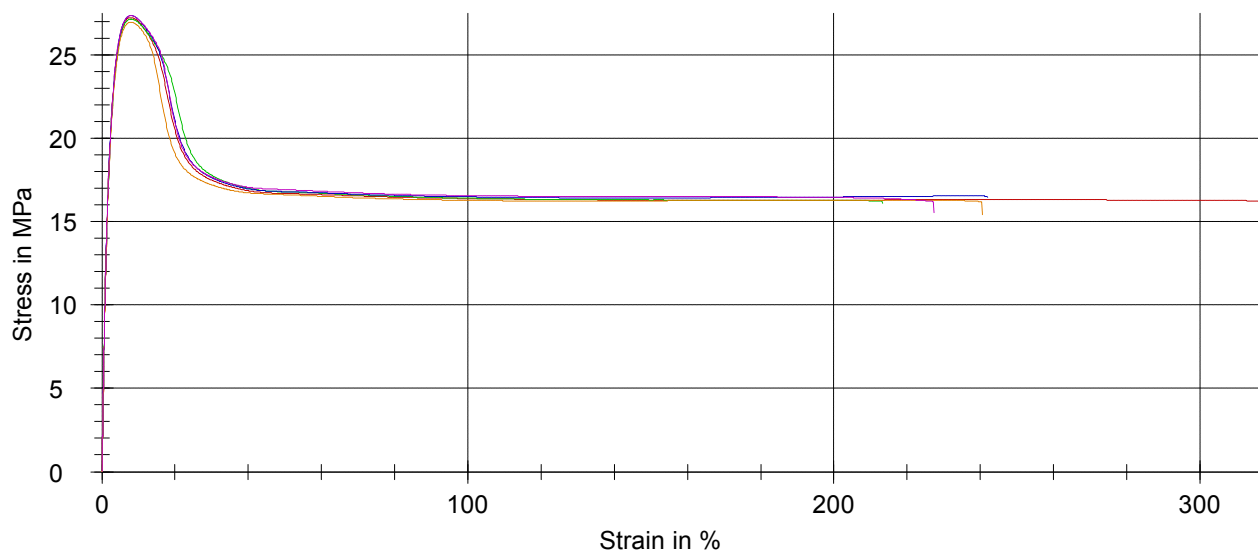
## Tensile Testing

Heading : Tensile Testing  
 Customer : Fiskeridirektoratet/ Frode Grytten  
 Job no. : 102006137  
 Material :  
 Tester : Paul V. McMahon/ Alaa Mourad  
 Machine data : 2.5 kN LC & Grips, Emod 0.05-0.25%, Test Speed 500 mm/min, L0= 50 mm, Grip to Grip 100 mm  
 Pre-load : 5 N  
 Speed, tensile modulus : 1 mm/min  
 Test speed : 500 mm/min

### Test results:

Nr	h mm	b mm	$E_t$ MPa	$\sigma_Y$ MPa	$\sigma_M$ MPa	$\epsilon_M$ %	$\sigma_B$ MPa	$\epsilon_B$ %	Commentary
1	5,533	9,813	952	27,2	27,2	7,9	16,0	316,6	
2	5,58	9,753	984	27,1	27,1	8,0	16,1	213,3	
3	5,597	9,593	972	27,4	27,4	8,1	16,4	242,0	
4	5,53	9,737	950	27,0	27,0	7,9	15,4	240,5	
5	5,55	9,73	994	27,3	27,3	8,0	15,5	227,4	

### Series graph:



**Statistics:**

XXX	$E_t$	$\sigma_Y$	$\sigma_M$	$\epsilon_M$	$\sigma_B$	$\epsilon_B$	h	b	$A_0$
n = 5	MPa	MPa	MPa	%	MPa	%	mm	mm	mm <sup>2</sup>
$\bar{x}$	970	27,2	27,2	8,0	15,9	247,9	5,558	9,725	54,05
s	19,6	0,162	0,162	0,1	0,439	40,1	0,02931	0,08078	0,31
v	2,02	0,60	0,60	0,98	2,76	16,16	0,53	0,83	0,57

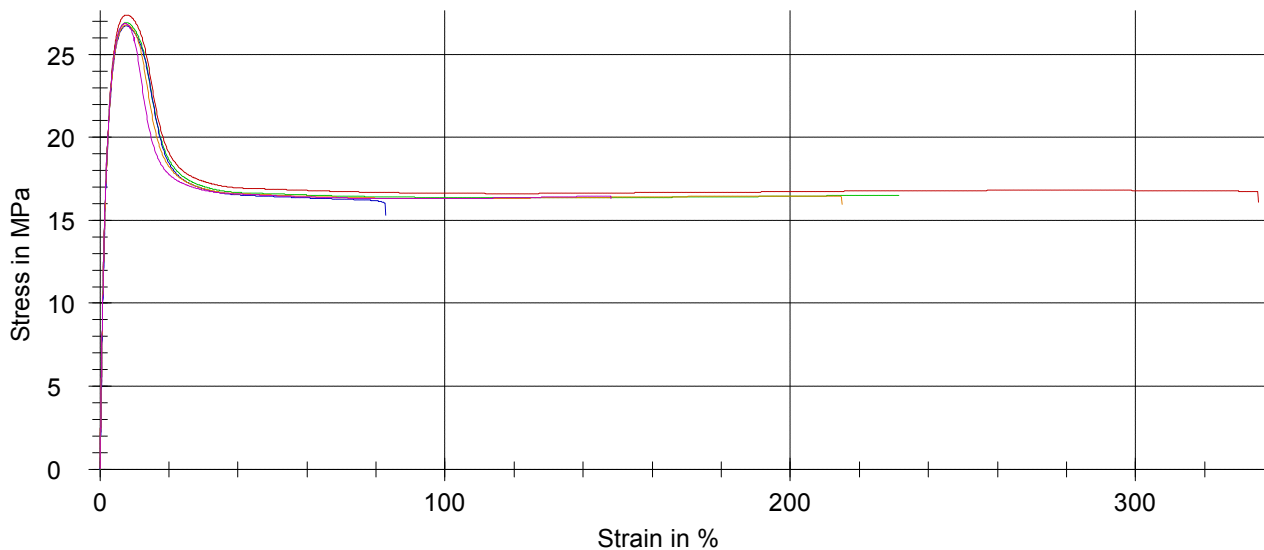
## Tensile Testing

Heading : Tensile Testing  
 Customer : Fiskeridirektoratet/ Frode Grytten  
 Job no. : 102006137  
 Material :  
 Tester : Paul V. McMahon/ Alaa Mourad  
 Machine data : 2.5 kN LC & Grips, Emod 0.05-0.25%, Test Speed 500 mm/min, L0= 50 mm, Grip to Grip 100 mm  
 Pre-load : 5 N  
 Speed, tensile modulus : 1 mm/min  
 Test speed : 500 mm/min

### Test results:

Nr	h mm	b mm	E <sub>t</sub> MPa	σ <sub>Y</sub> MPa	σ <sub>M</sub> MPa	ε <sub>M</sub> %	σ <sub>B</sub> MPa	ε <sub>B</sub> %	Commentary
1	5,443	9,853	993	27,4	27,4	7,7	16,1	335,6	
2	5,527	9,913	1080	26,9	26,9	7,6	16,5	231,4	
3	4,847	10,1	937	26,7	26,7	7,7	15,3	82,9	Broke earlier and in the middle
4	5,63	9,903	1050	26,8	26,8	7,7	16,0	214,9	
5	5,41	10,01	1060	26,9	26,9	7,3	16,3	148,1	

### Series graph:





**Statistics:**

XXX	$E_t$	$\sigma_Y$	$\sigma_M$	$\varepsilon_M$	$\sigma_B$	$\varepsilon_B$	h	b	$A_0$
n = 5	MPa	MPa	MPa	%	MPa	%	mm	mm	mm <sup>2</sup>
$\bar{x}$	1020	26,9	26,9	7,6	16,0	202,6	5,371	9,957	53,46
s	58,4	0,264	0,264	0,2	0,460	94,8	0,3054	0,1001	2,63
v	5,71	0,98	0,98	2,63	2,87	46,81	5,69	1,01	4,93

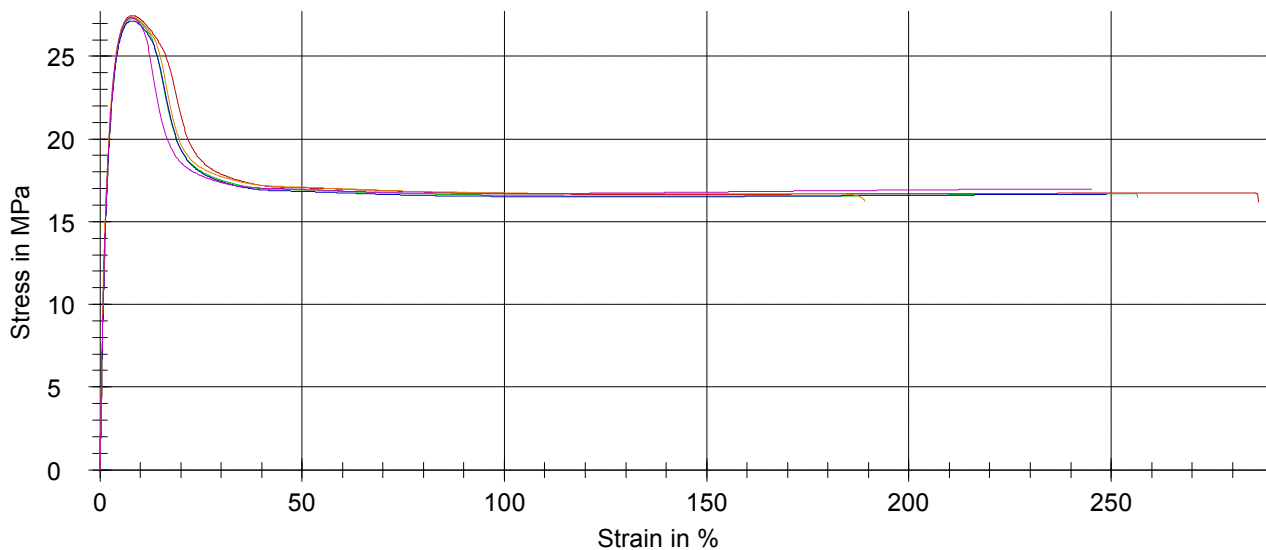
## Tensile Testing

Heading : Tensile Testing  
 Customer : Fiskeridirektoratet/ Frode Grytten  
 Job no. : 102006137  
 Material :  
 Tester : Paul V. McMahon/ Alaa Mourad  
 Machine data : 2.5 kN LC & Grips, Emod 0.05-0.25%, Test Speed 500 mm/min, L0= 50 mm, Grip to Grip 100 mm  
 Pre-load : 5 N  
 Speed, tensile modulus : 1 mm/min  
 Test speed : 500 mm/min

### Test results:

Nr	h mm	b mm	$E_t$ MPa	$\sigma_Y$ MPa	$\sigma_M$ MPa	$\epsilon_M$ %	$\sigma_B$ MPa	$\epsilon_B$ %	Commentary
1	5,517	9,48	979	27,5	27,5	8,1	16,2	286,4	
2	5,523	9,747	978	27,3	27,3	8,1	16,5	256,5	
3	5,397	9,583	977	27,1	27,1	7,9	16,6	248,8	
4	5,483	9,673	1150	27,4	27,4	7,9	16,2	189,2	
5	5,603	9,553	1070	27,3	27,3	7,9	16,9	245,1	

### Series graph:



**Statistics:**

XXX	$E_t$	$\sigma_Y$	$\sigma_M$	$\epsilon_M$	$\sigma_B$	$\epsilon_B$	h	b	$A_0$
n = 5	MPa	MPa	MPa	%	MPa	%	mm	mm	mm <sup>2</sup>
$\bar{x}$	1030	27,3	27,3	8,0	16,5	245,2	5,505	9,607	52,88
s	79,5	0,119	0,119	0,1	0,307	35,3	0,07474	0,1043	0,87
v	7,71	0,44	0,44	1,45	1,86	14,39	1,36	1,09	1,65

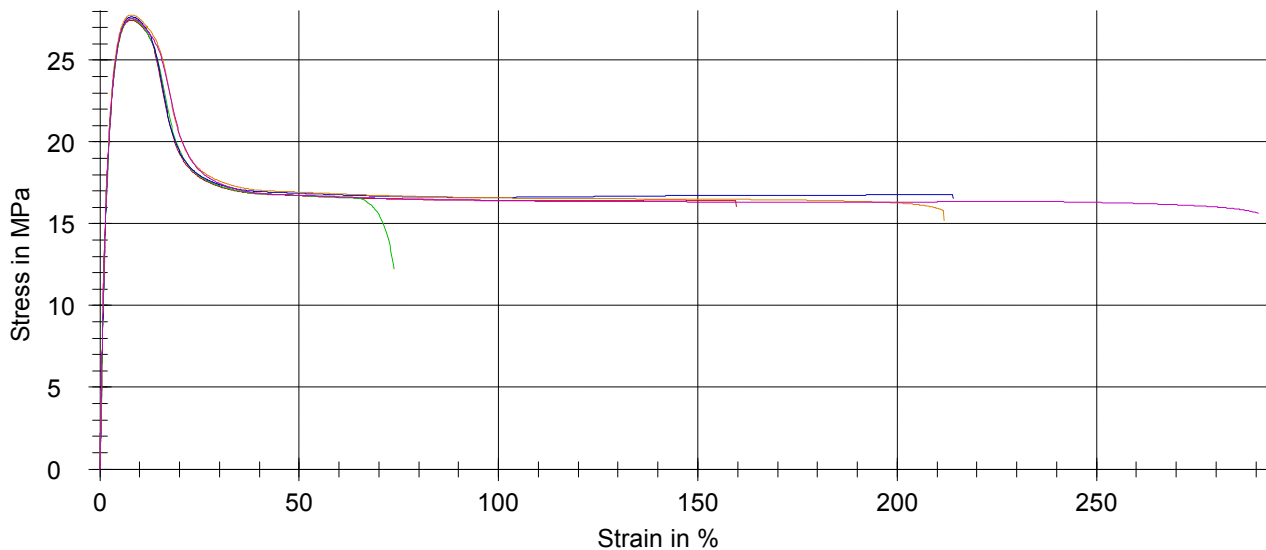
## Tensile Testing

Heading : Tensile Testing  
 Customer : Fiskeridirektoratet/ Frode Grytten  
 Job no. : 102006137  
 Material :  
 Tester : Paul V. McMahon/ Alaa Mourad  
 Machine data : 2.5 kN LC & Grips, Emod 0.05-0.25%, Test Speed 500 mm/min, L0= 50 mm, Grip to Grip 100 mm  
 Pre-load : 5 N  
 Speed, tensile modulus : 1 mm/min  
 Test speed : 500 mm/min

### Test results:

Nr	h mm	b mm	$E_t$ MPa	$\sigma_Y$ MPa	$\sigma_M$ MPa	$\epsilon_M$ %	$\sigma_B$ MPa	$\epsilon_B$ %	Commentary
1	5,48	9,947	1060	27,4	27,4	8,0	16,0	159,7	
2	5,367	9,81	884	27,5	27,5	7,9	12,2	73,9	Early break
3	5,637	9,797	975	27,6	27,6	8,0	16,5	214,0	
4	5,557	9,84	1100	27,8	27,8	7,9	15,1	211,8	
5	5,567	9,903	1060	27,5	27,5	8,0	15,6	290,7	

### Series graph:



**Statistics:**

XXX	$E_t$ MPa	$\sigma_Y$ MPa	$\sigma_M$ MPa	$\varepsilon_M$ %	$\sigma_B$ MPa	$\varepsilon_B$ %	h mm	b mm	$A_0$ mm <sup>2</sup>
n = 5									
$\bar{x}$	1020	27,6	27,6	8,0	15,1	190,0	5,521	9,859	54,44
s	86,6	0,126	0,126	0,0	1,69	80,0	0,1028	0,06383	1,04
v	8,52	0,46	0,46	0,55	11,19	42,09	1,86	0,65	1,92

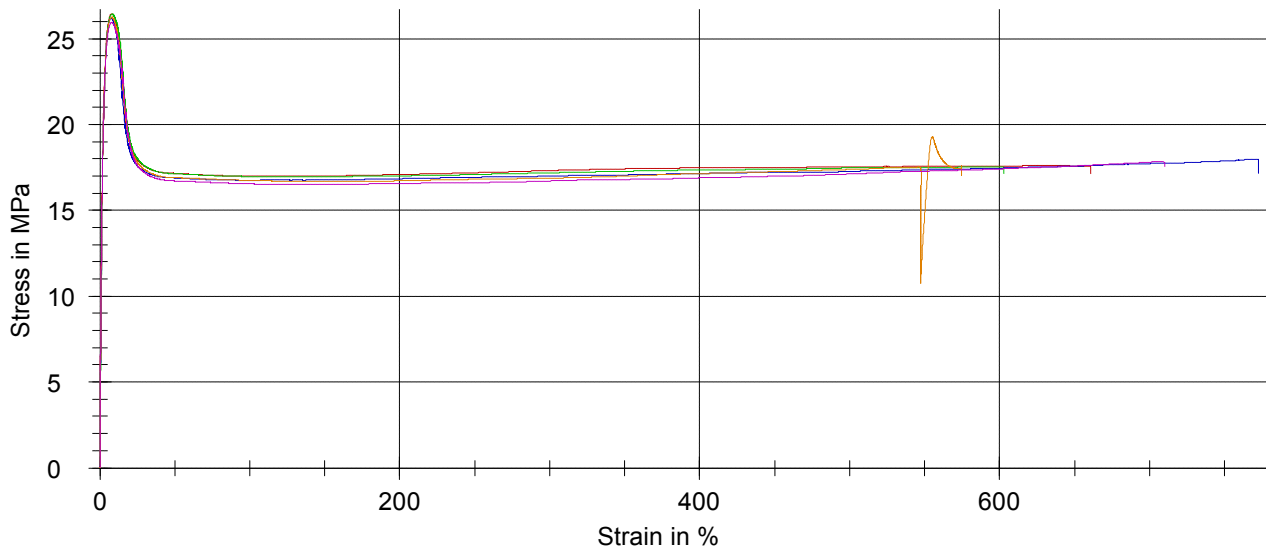
## Tensile Testing

Heading : Tensile Testing  
 Customer : Fiskeridirektoratet/ Frode Grytten  
 Job no. : 102006137  
 Material :  
 Tester : Paul V. McMahon/ Alaa Mourad  
 Machine data : 2.5 kN LC & Grips, Emod 0.05-0.25%, Test Speed 500 mm/min, L0= 50 mm, Grip to Grip 100 mm  
 Pre-load : 5 N  
 Speed, tensile modulus : 1 mm/min  
 Test speed : 500 mm/min

### Test results:

Nr	h mm	b mm	$E_t$ MPa	$\sigma_Y$ MPa	$\sigma_M$ MPa	$\epsilon_M$ %	$\sigma_B$ MPa	$\epsilon_B$ %	Commentary
1	5,47	9,753	1090	26,5	26,5	8,0	17,1	660,7	500mm/min
2	5,363	9,85	882	26,4	26,4	8,1	17,1	602,8	500mm/min
3	4,503	10,11	988	26,2	26,2	7,7	17,2	772,8	500mm/min
4	5,537	9,907	1050	26,3	26,3	7,9	17,1	574,5	Test paused then resumed ( extensometer error)
5	5,22	10,08	1150	25,9	25,9	7,8	17,5	710,2	500mm/min

### Series graph:



**Statistics:**

XXX	$E_t$	$\sigma_Y$	$\sigma_M$	$\varepsilon_M$	$\sigma_B$	$\varepsilon_B$	h	b	$A_0$
n = 5	MPa	MPa	MPa	%	MPa	%	mm	mm	mm <sup>2</sup>
$\bar{x}$	1030	26,3	26,3	7,9	17,2	664,2	5,219	9,939	51,83
s	102	0,210	0,210	0,2	0,188	80,2	0,4174	0,1512	3,64
v	9,86	0,80	0,80	2,11	1,09	12,07	8,00	1,52	7,02



Teknologi for et bedre samfunn

[www.sintef.no](http://www.sintef.no)