



Ved elektronisk overføring kan det ikke garanteres for konfidensialiteten eller autentisiteten av dette dokumentet. Adressaten bør vurdere denne risikoen og ta fullt ansvar for bruk av dette dokumentet.

Dokumentet må ikke benyttes i utdrag eller til andre formål enn det dokumentet omhandler. Dokumentet må ikke reproduseres eller leveres til tredjemann uten eiers samtykke. Dokumentet må ikke endres uten samtykke fra NGI.

*Neither the confidentiality nor the integrity of this document can be guaranteed following electronic transmission. The addressee should consider this risk and take full responsibility for use of this document.*

*This document shall not be used in parts, or for other purposes than the document deals with. The document shall not be copied, in parts or in whole, or be given to a third party without the proprietor's consent. No changes or amendments to the document shall be made without consent from NGI.*

Til: **FINNFJORD SMELTEVERK**  
v/: **Tekn.dir. Jacob Steinmo**  
Fra: Norges Geotekniske Institutt  
Dato: 24-10-05  
Prosjekt: **20051287 Karakterisering av mikrosilika og vurdering av deponering**  
Utarbeidet av: Jan Erik Sørli  
Kontrollert av: Tore Valstad

---

Tittel: **Geoteknisk vurdering av mikrosilika som fyllmateriale**

## 1 INNLEDNING

Finnfjord smelteverk vurderer å benytte mikrosilika som fyllingsmateriale i fyllingsområdene inne på verkets tomt. Det er også mulig at disse områdene skal bebygges med 2 til 3 etg. bygninger. I denne forbindelse har NGI utført diverse geotekniske forsøk for å kunne vurdere hvilke egenskaper dette materialet har og hvordan det kan utnyttes som fyllmateriale.

Mikrosilikaprøven er tatt direkte fra mikrosilikadeponiet ca 25 cm under overflaten.

## 2 UTFØRTE LABORATORIEFORSØK

Det er utført kornfordelingsforsøk, korndensitet, komprimeringsforsøk, plastisitetforsøk og ødometerforsøk (setningsforsøk) med varierende belastning.

## 3 RESULTATER

Alle resultatene er vist i vedleggene. Kornfordelingskurven viser at mikrosilika kan karakteriseres som leire med 50 % silt og sand. Korndensitet ( $g_s$ ) er målt til  $22,6 \text{ kN/m}^3$ . Komprimeringsforsøket (Proctor Standard) viser at tørr densitet er ca  $1.0 \text{ kg/dm}^3$  ved 50 % vanninnhold.

Flytegrensen,  $w_L$  er målt til 35 % vanninnhold og det var ikke mulig å måle utrullingsgrense, dvs mikrosilika er non-plastic. Dette viser at mikrosilika er følsom ovenfor vann og tåler lite vann før det flyter ut. Den amorfe strukturen

på mikrosilika partiklene gir en stor overflate men det er plass til lite vann og det krever tid for at vannet er adsorbent i strukturen.

Setningsforsøket, se figur 1 og vedlegg, viser at det er liten forskjell i setninger om prøven er innbygget tørr eller fuktig. Metningen av prøven viser en tilleggssetning på 1 m m (prøvehøyde er 20 mm), dvs 5 % av innbygningshøyden opp til 100 kPa belastning. I figur 1 er resultatene for test 2 og 3 ikke tegnet opp men kurvene ligger i mellom kurvene for test 1 og 4. Med øket belastning til 400 kPa har metningen liten effekt. Forutsetter man et 3 m tykt mikrosilikalag kan totalsetningene pga metning dreie seg om 15 til 20 cm.

#### 4 UTNYTTELSE AV MIKROSILIKA SOM FYLLMASSER

Disse resultatene viser at det er to forhold som er viktig å ta hensyn til når mikrosilika skal legges ut som en del av utfyllingsområder.

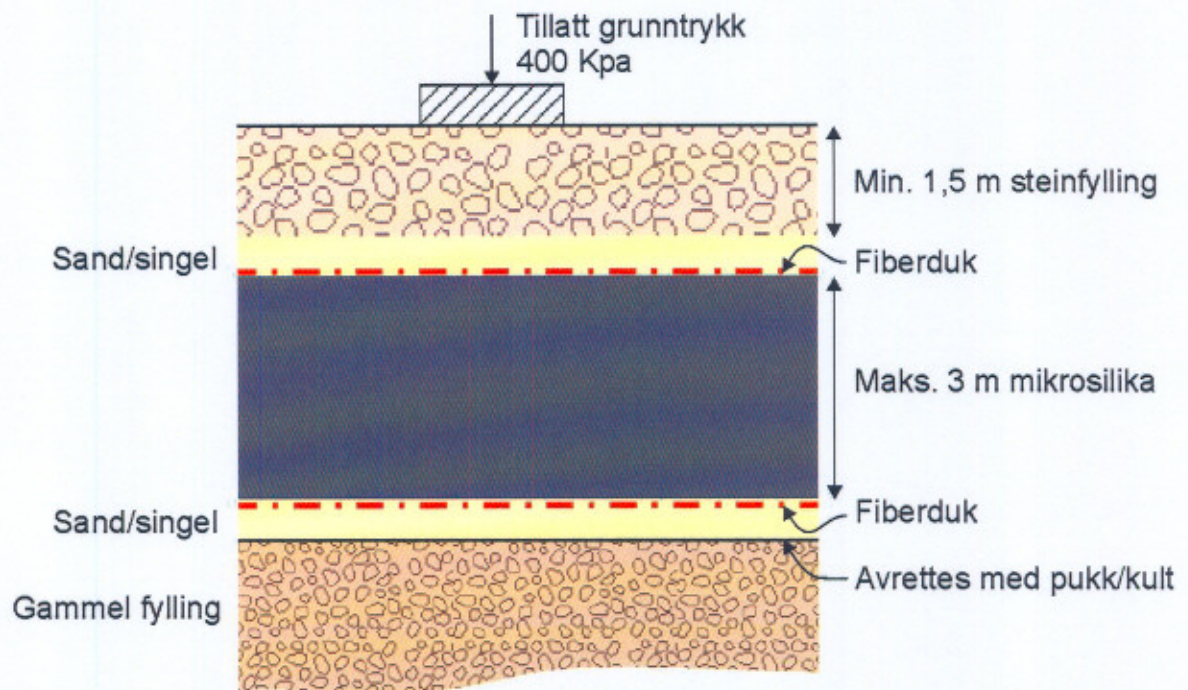
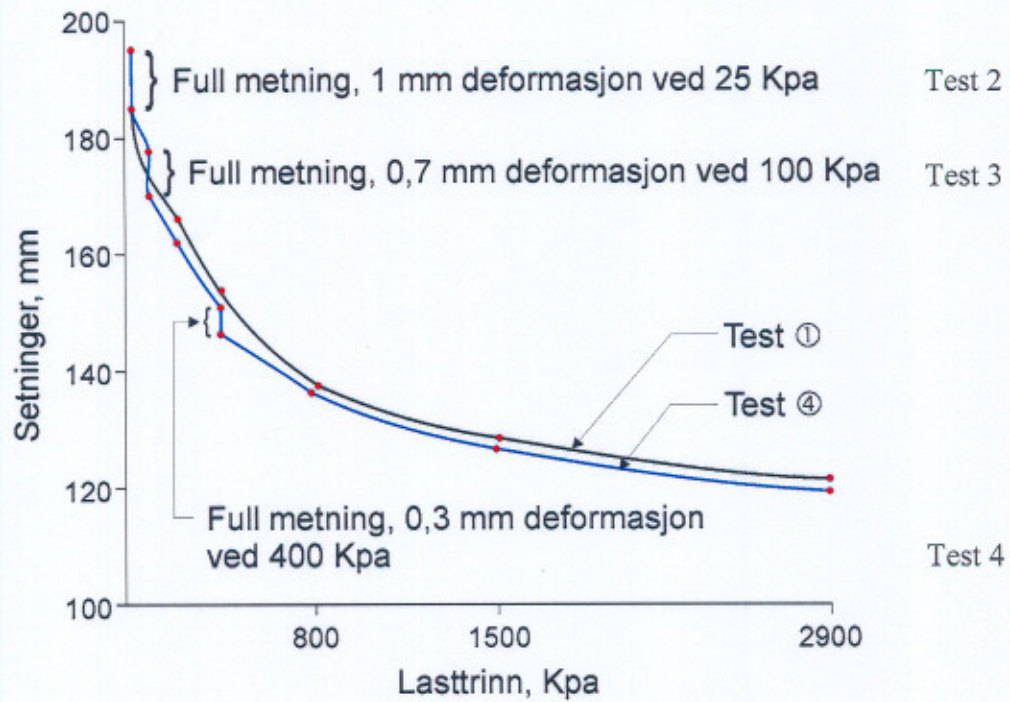
- Mikrosilika tåler lite vann og blir fort en flytende masse.
- Vannmetting vil medføre at den innbygde mikrosilika vil sette seg.


Mikrosilika skal plasseres i fyllingen, slik at den ligger over høyvannsnivå. Det anbefales at mikrosilika legges ut så tørt som mulig da dette forenkler komprimeringen. Massene kan legges ut i 0.5 m lag og komprimeres med stor bulldoser eller med vibrovalse, se figur 1. Mikrosilika skal legges ut på fiberduk (åpen fiberduk), Klasse 4, over en 10 til 20 cm grus/singel lag på avrettet grunn og et kultlag. Det samme skal gjøres over mikrosilika. Mikrosilikalaget bør ikke være totalt tykkere enn 3 m. Over mikrosilikalaget legges ut et fordelingslag på minst 1,5 m med sprengstein.

Når massene er fylt ut og ferdig tildekket bør fyllingsområdet vannes med for eksempel havespreder slik at fyllingen blir vannmettet. Dette vil fremskynde egensetningene slik at man unngår dette senere under eventuell bruk og bygging.

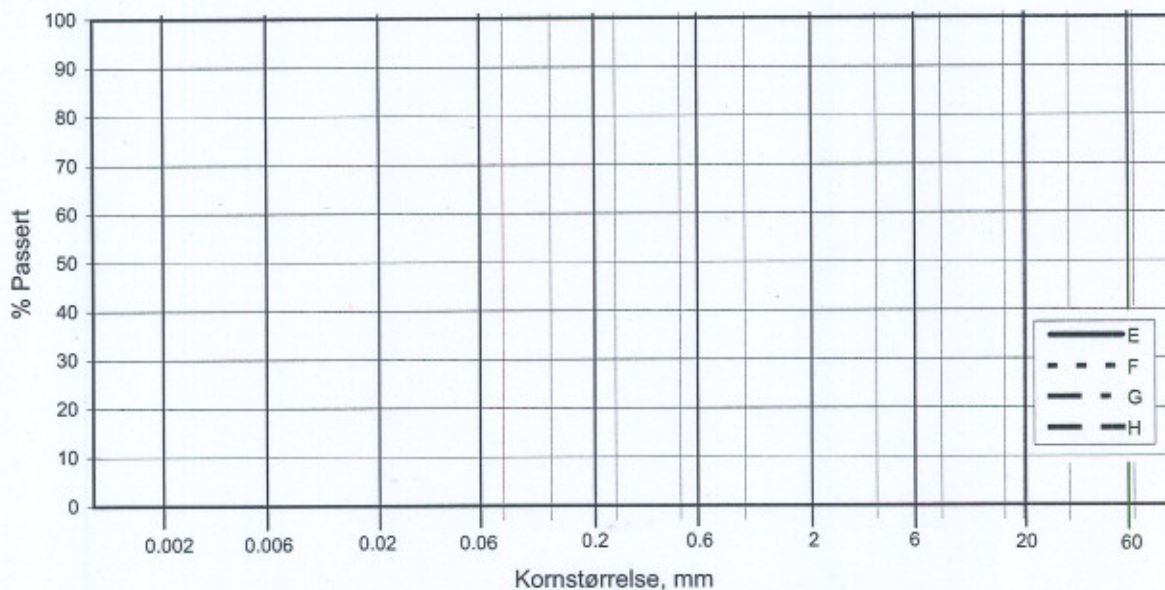
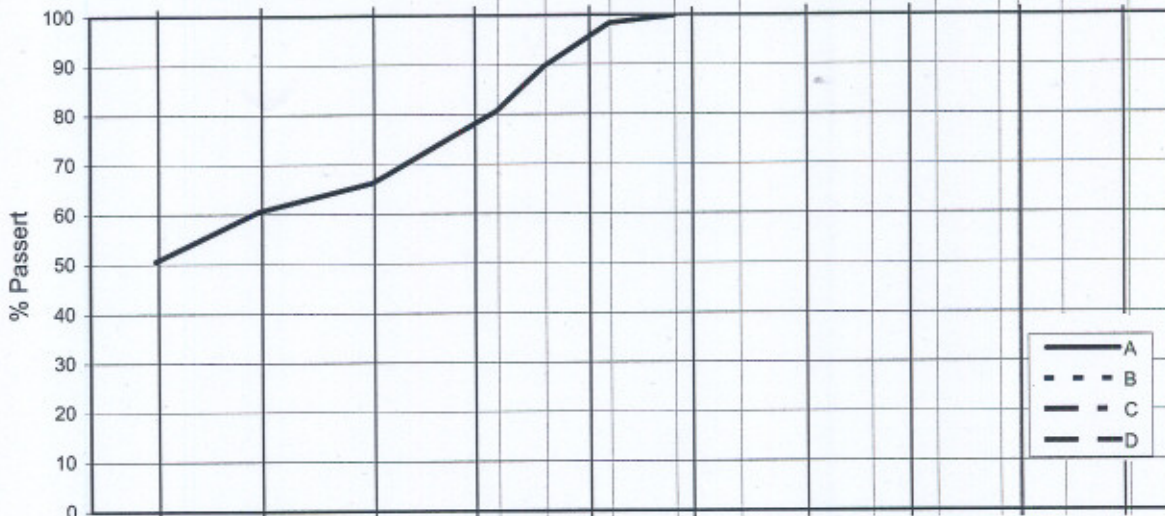
**Figur 1** Geotekniske resultater og mikrosilika i fylling  
**Vedlegg 1** Geotekniske laboratorieresultater

**Kontroll- og referanseside**



<b>FINNFJORD SMELTEVERK</b>	Rapport nr. 20051257	Figur nr. 1
	Tegner TG	Dato 2005-10-24
Geoteknisk vurdering av mikrosilika som fyllmateriale	Kontrollert	
Odometerversøk og oppbygging av mikrosilika	Godkjent <i>[Signature]</i>	

L E I R	SILT			SAND			GRUS							
	Fin	Middels	Grov	Fin	Middels	Grov	Fin	Middels	Grov					
US Standard Sikt				200	100	50	30	16	8	4	3/8"	3/4"	1.5"	3"
ISO Standard Sikt				.075	.125	.25	.5	1	2	4	8	16	31.5	63



Kurve	Hull nr.	Prøve nr.	Dybde m	$C_u$ ( $d_{60} / d_{10}$ )	Tele gr.	Leir innh. %	Jordartsbetegnelse	
A	1				T3	50,6	LEIRE	Falling drop
B								
C								
D								
E								
F								
G								
H								

Rev. NT-4 / Dato 2002-07-08 / Sign. KB/ED

H:\LABDATA\2005\20051287\grain-n1.xls\Skriver

**Finnfjord Smelteverk**

Kornfordelingskurver

Rapport nr.  
20051287

Tegnet av  
FP

Kontrollert

Godkjent

Figur nr.

Dato

2005-10-24





## **Vedlegg 1**

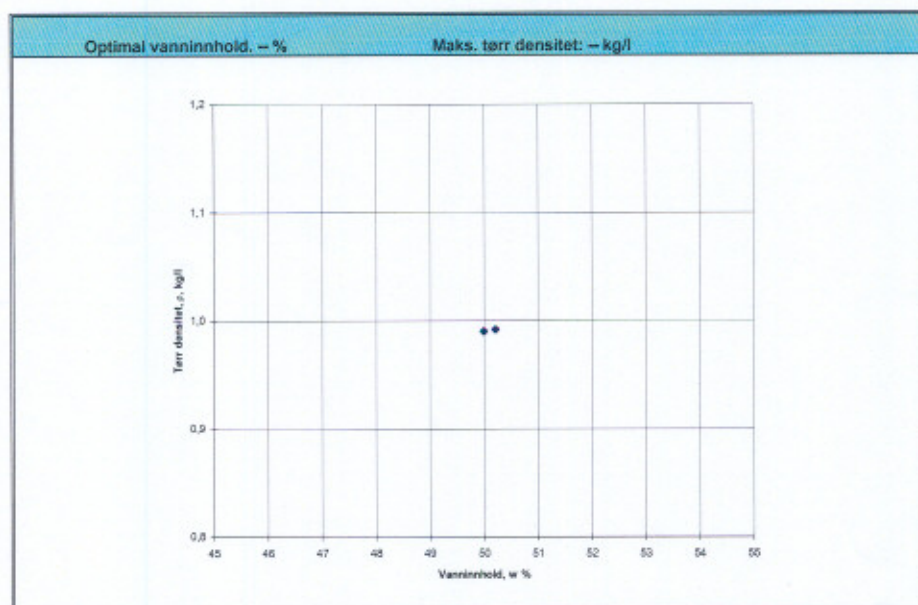
### **Geotekniske laboratorieresultater**

**BESTEMMELSE AV OPTIMALT VANNINHOLD**

Prosjekt: 20051287  
 Test nr.: Boring Dato: 23.06.2005 Modifisert Proctor: \_\_\_\_\_ Sign.: JMO  
 Prøvedybde: \_\_\_\_\_ Batch \_\_\_\_\_ m Standard Proctor: X  
 Masse- % materiale > 19 mm (> 8 mm): \_\_\_\_\_ % Sylindertørrelse: 1,001 liter  
 Vanninnhold "In situ": \_\_\_\_\_ %

Bestemmelse nummer		1	2	3	4	5	6	7	8
Masse av sylinder med innstampet materiale	kg	7,379	7374						
Masse av sylinder tom	kg	5,888	5,888						
Masse av materiale	kg	1,491	1,486						
Våt densitet	kg/l	1,490	1,485						
Tørr densitet	kg/l	0,992	0,990						
Skål nummer		1	2						
Masse skål m/våt prøve	g	258,39	285,9						
Masse skål m/tørr prøve	g	174,35	192,9						
Masse skål	g	6,99	6,89						
Masse tørr materiale	g	167,36	186,01						
Masse vann	g	84,04	93						
Vanninnhold	%	50,22	50,00						

vanninnho densitet  
 50,22 0,992  
 50,00 0,990  
 0,00 0,000  
 0,00 0,000  
 0,00 0,000  
 0 0  
 0 0



Merknad: \_\_\_\_\_  
 \_\_\_\_\_  
 \_\_\_\_\_  
 \_\_\_\_\_

1/2-05 GS

Prosjekt nr 20051287

Sted Finnjord smelteverk

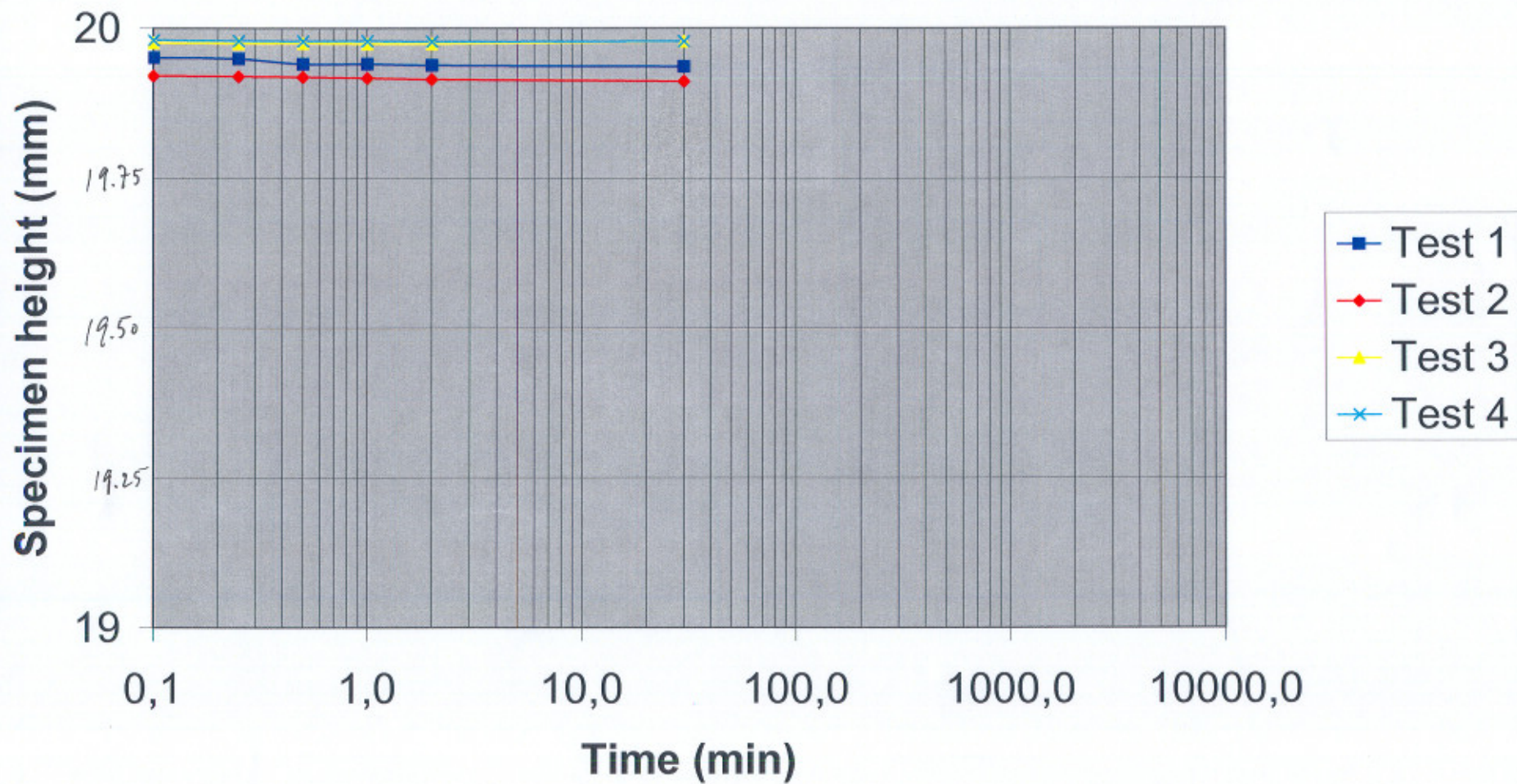
**Prøvepreparering:** Fuktig materiale stampet forsiktig inn i en ødometercelle med  $H=20\text{mm}$  og  $A=35\text{cm}^2$

Test nr.	$\gamma_i$ (kN/m <sup>3</sup> )	*) $w_i$ (%)	$w_f$ (%)	Mettet prøve ved vertikal spenning (kPa)
1	10.7	44.75	39.44	ikke mettet
2	10.79	49.02	40.31	25
3	10.74	49.98	40.2	100
4	10.74	46.85	40.14	400

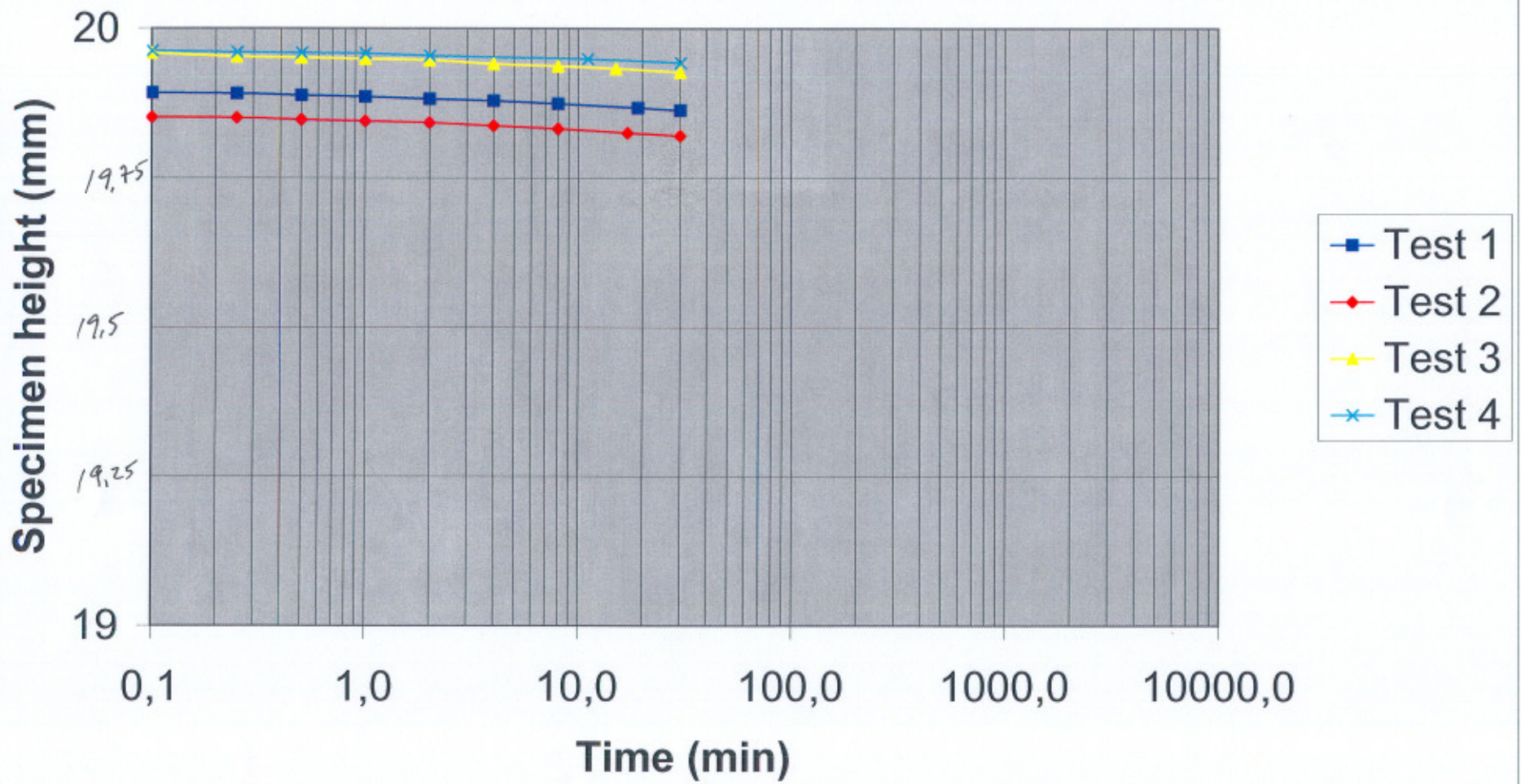
\*) Materiale (partikler) ble på grunn av metningsprosessen og etterfølgende konsolidering fjernet fra opprinnelig prøve  
Dette medfører for lav total tørrmasse etter forsøk for test 2,3 og 4 og igjen noe for høye  $w_f$ -verdier



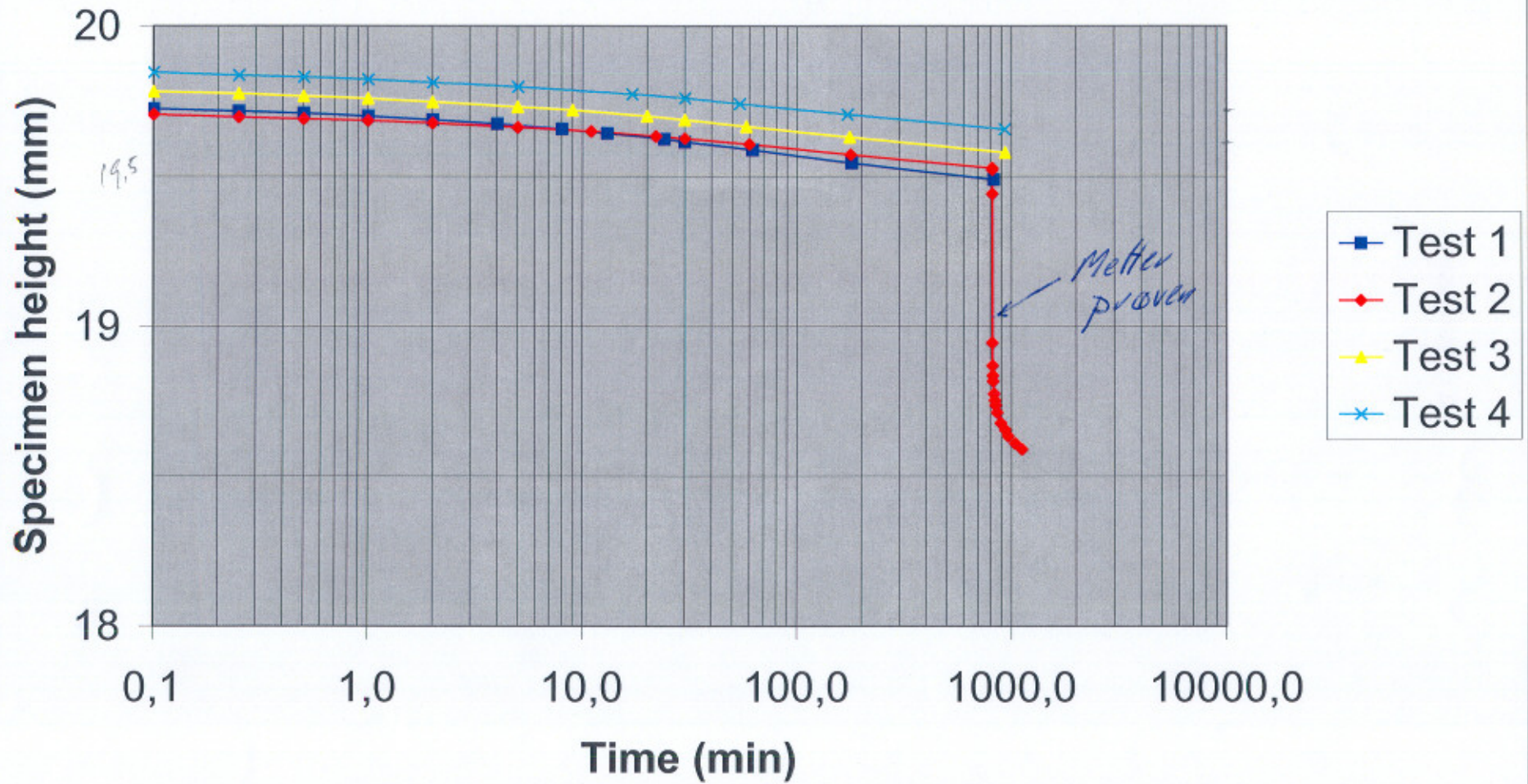
6 kPa



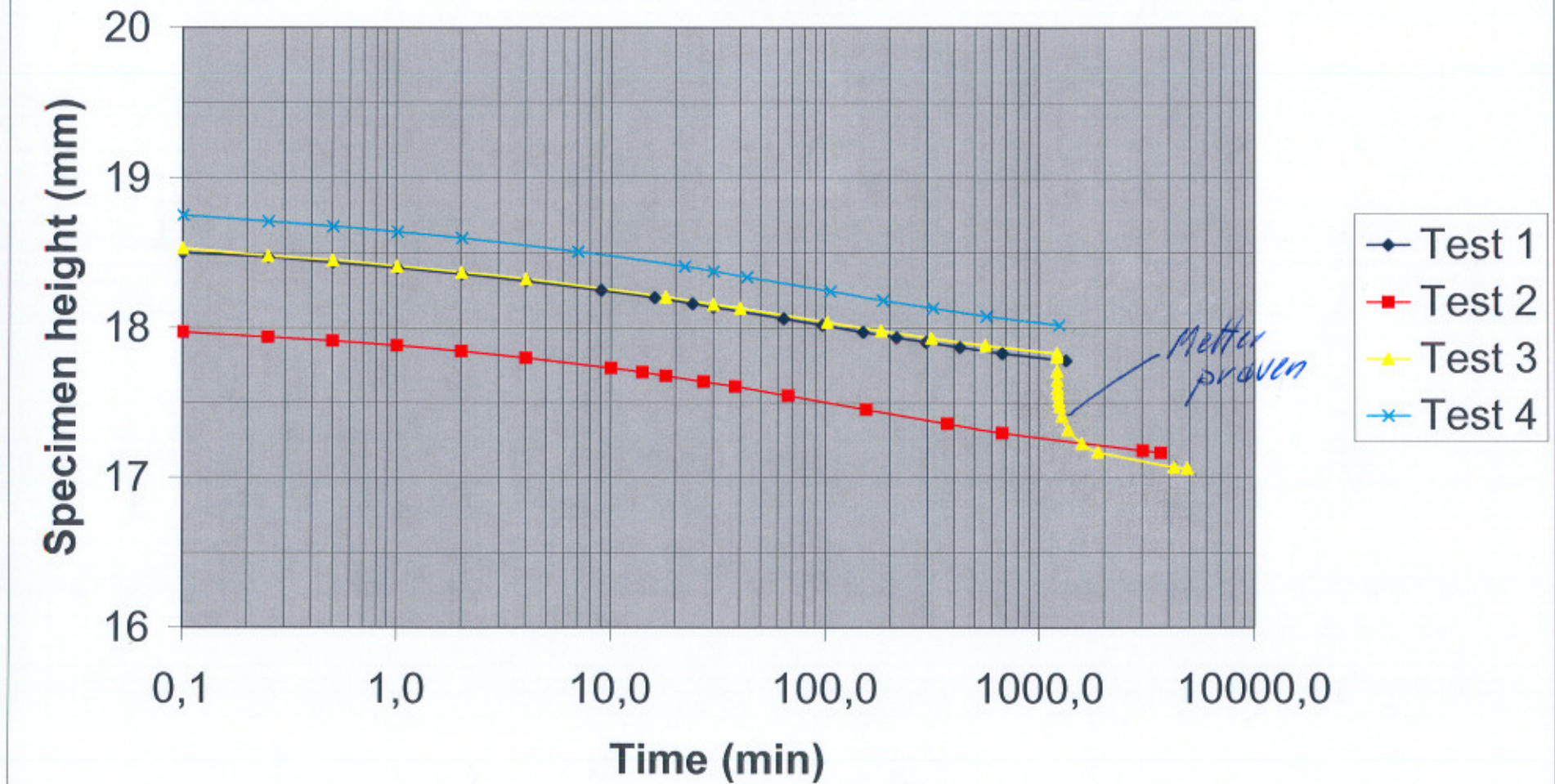
12 kPa



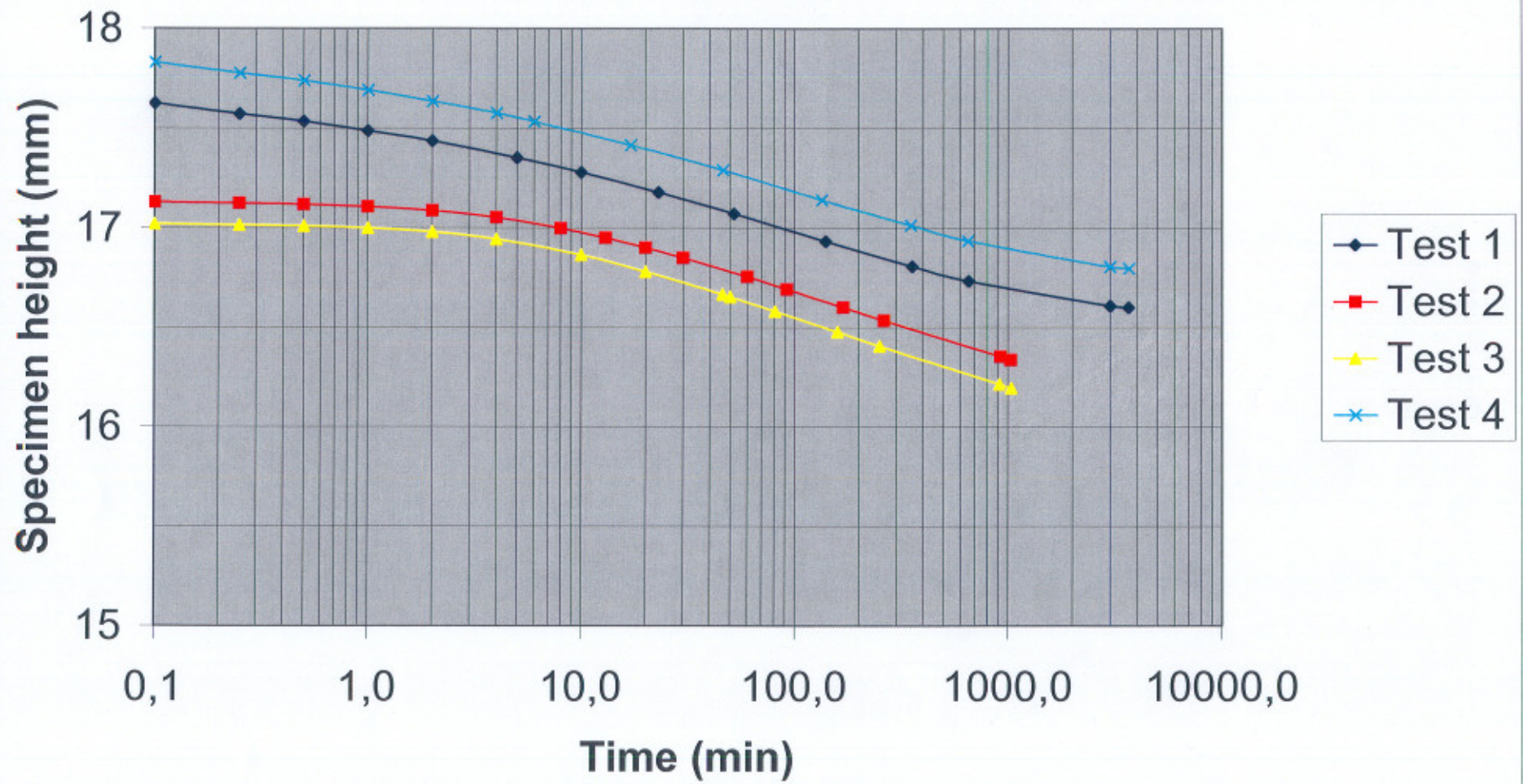
25 kPa



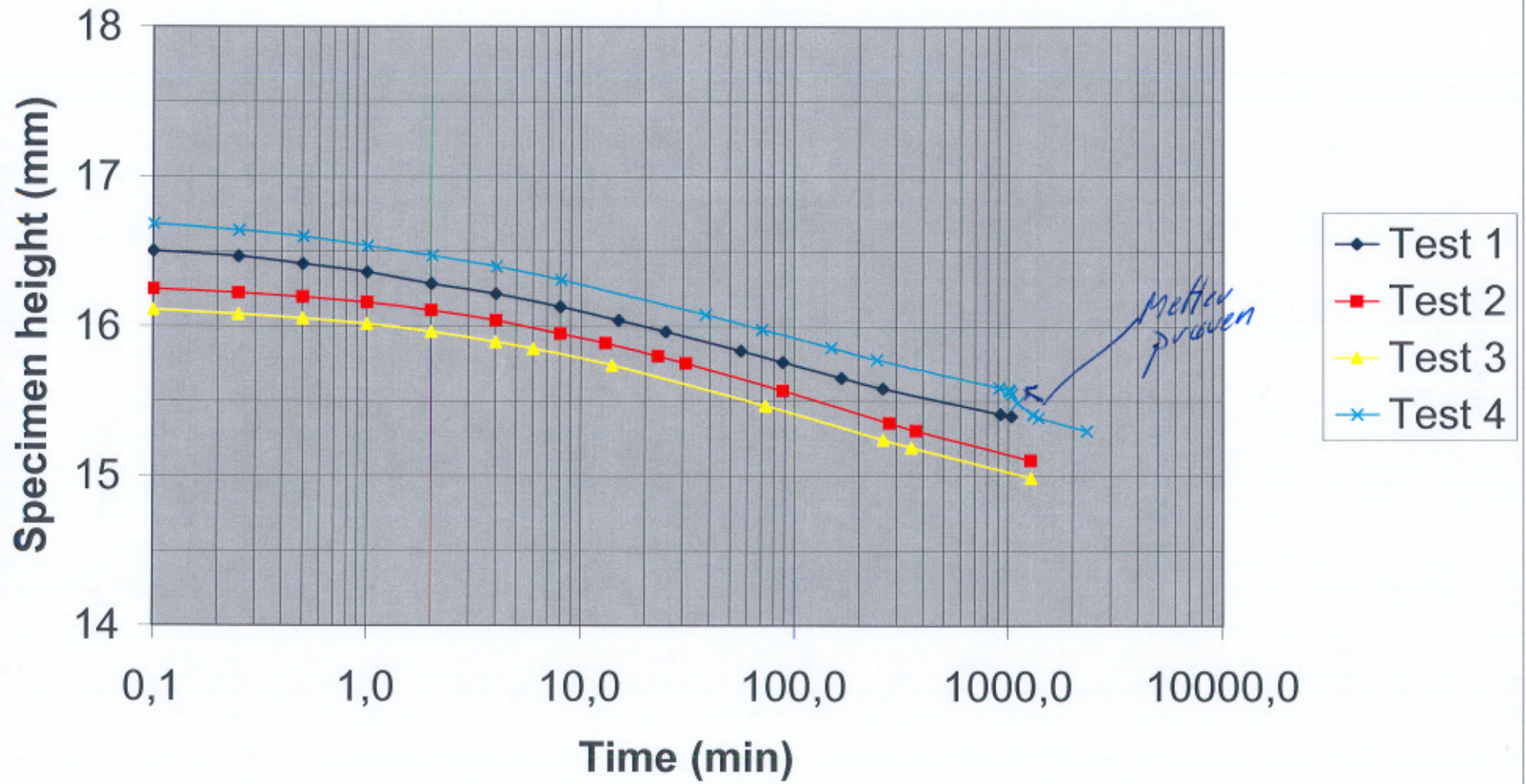
# 100 kPa



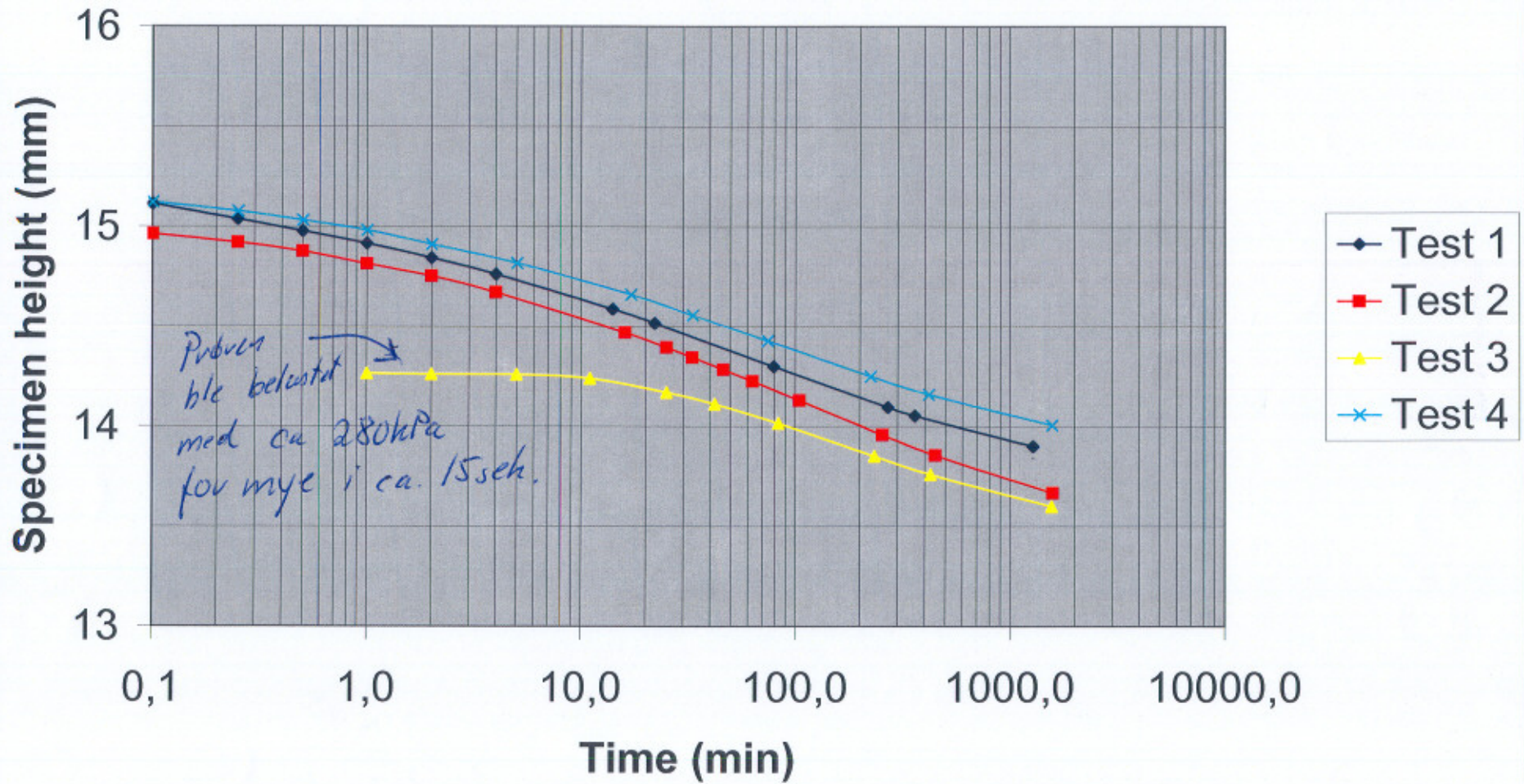
# 200 kPa



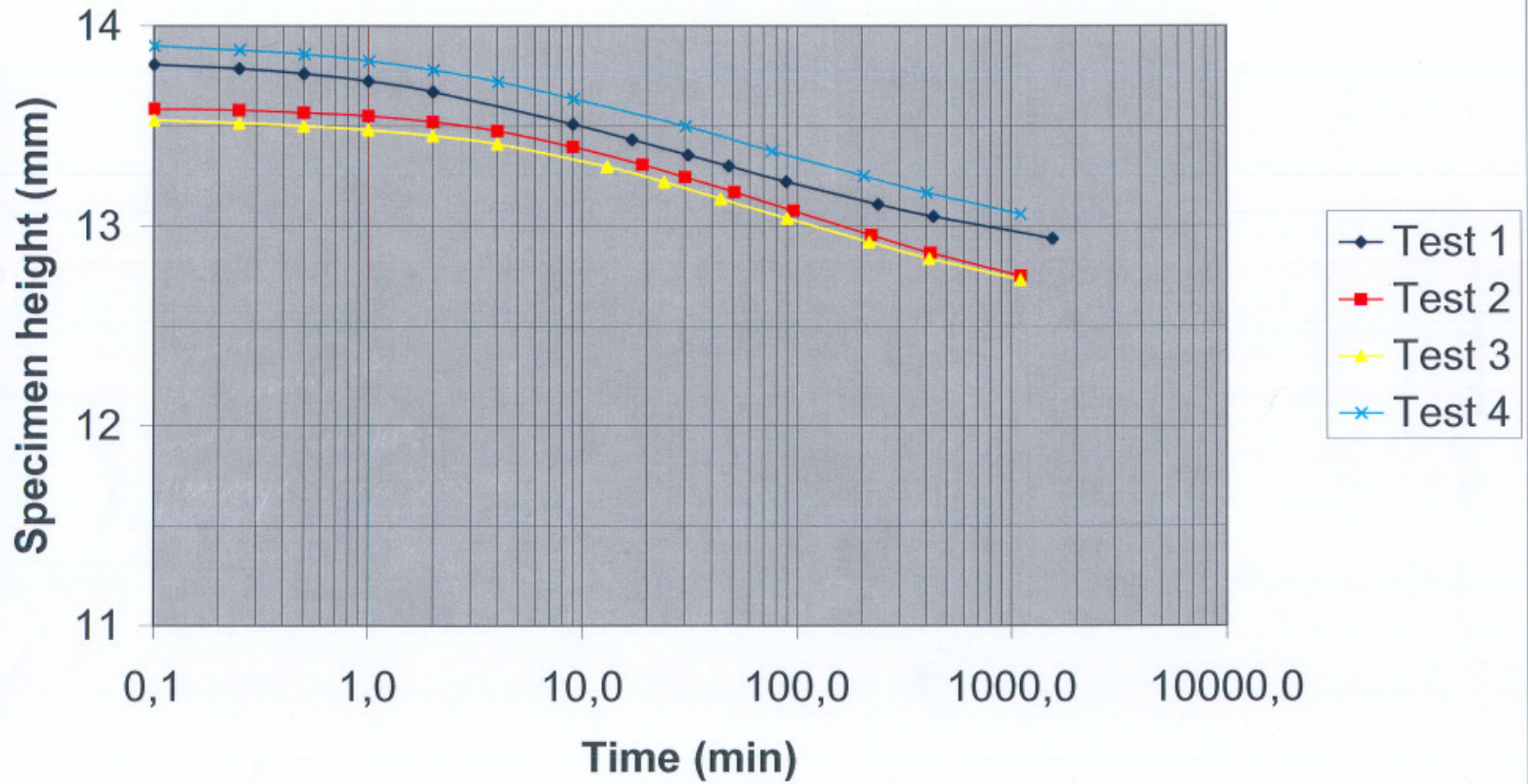
# 400 kPa



# 848 kPa

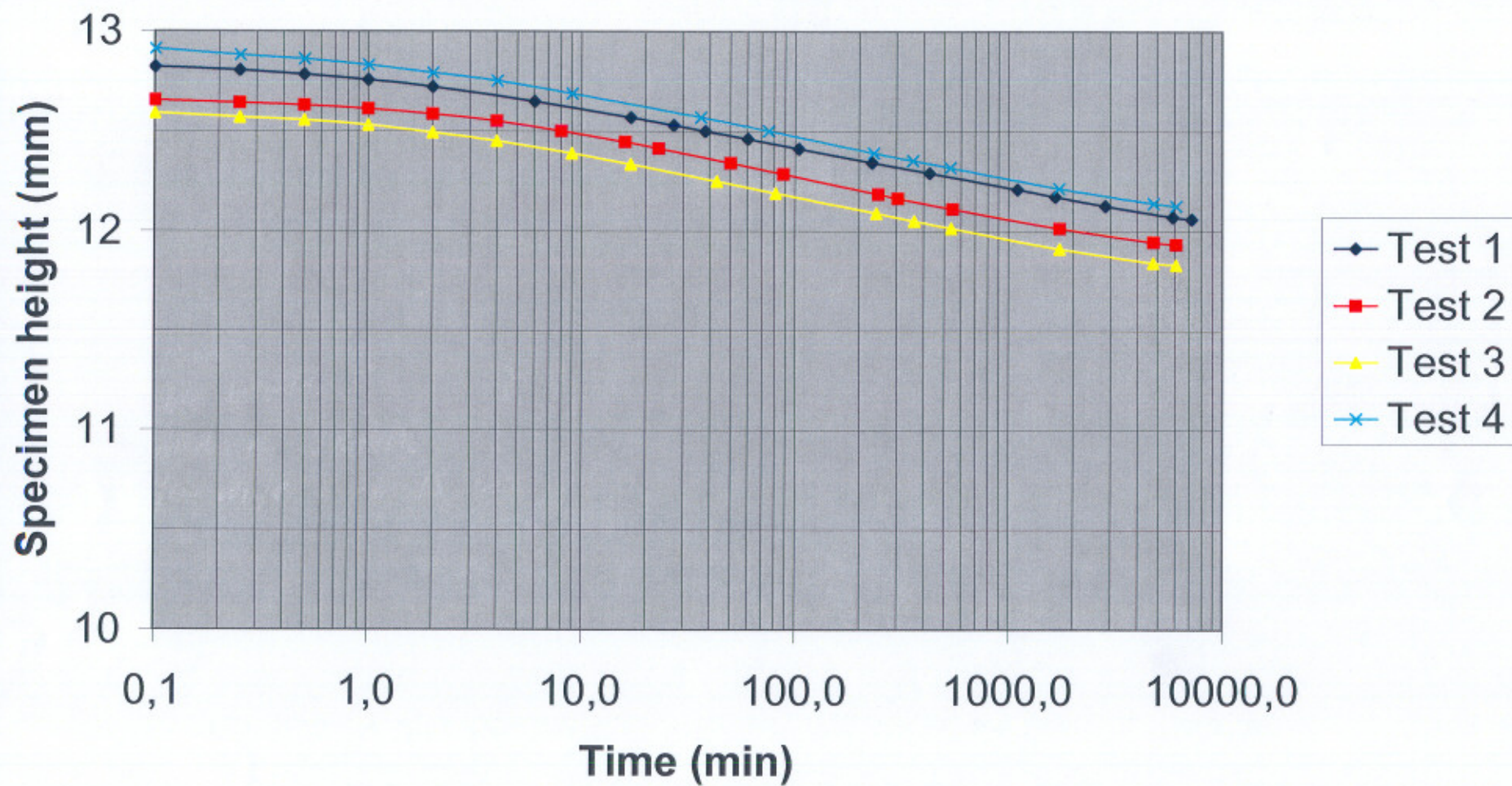


1576 kPa





2977 kPa



# Kontroll- og referanseside/ Review and reference page



<b>Oppdragsgiver/Client</b> Finnfjord Smelteverk <b>Kontraksreferanse/ Contract reference</b> Tekn. Dir. Jacob Steinmo	<b>Dokument nr/Document No.</b> 2005-10-24 <b>Dato/Date</b> 2005-05-09
<b>Dokumenttittel/Document title</b> Geoteknisk vurdering av mikrosilika som fyllmateriale <b>Prosjektleder/Project Manager</b> Jan Erik Sørle <b>Utarbeidet av/Prepared by</b>	<b>Distribusjon/Distribution</b> <input checked="" type="checkbox"/> <b>Fri/Unlimited</b> <input type="checkbox"/> <b>Begrenset/Limited</b> <input type="checkbox"/> <b>Ingen/None</b>
<b>Emneord/Keywords</b> Mikrosilika, geotekniske egenskaper,	
<b>Kommune/Municipality</b> Lenvik <b>Sted/Location</b> Finnsnes <b>Kartblad/Map</b> 1433 II <b>UTM-koordinater/UTM-coordinates</b> 34WCB845819	<b>Havområde/Offshore area</b>  <b>Felt navn/Field name</b>  <b>Sted/Location</b>  <b>Felt, blokknr./Field, Block No.</b>

Kvalitetssikring i henhold til/Quality assurance according to NS-EN ISO9001							
Kon- trollert av/ Reviewed by	Kontrolltype/ Type of review	Dokument/Document		Revisjon 1/Revision 1		Revisjon 2/Revision 2	
		Kontrollert/Reviewed		Kontrollert/Reviewed		Kontrollert/Reviewed	
		Dato/Date	Sign.	Dato/Date	Sign.	Dato/Date	Sign.
TVa	Helhetsvurdering/ General Evaluation *	29.10.05					
	Språk/Style						
TVa	Teknisk/Technical - Skjønn/Intelligence - Total/Extensive - Tverrfaglig/ Interdisciplinary	29.10.05					
BPe	Utforming/Layout	29.10.05					
JES	Slutt/Final	29.10.05					
	Kopiering/Copy quality						

\* Gjennomlesning av hele rapporten og skjønnsmessig vurdering av innhold og presentasjonsform/  
On the basis of an overall evaluation of the report, its technical content and form of presentation

Dokument godkjent for utsendelse/ Document approved for release	Dato/Date	Sign.
--	-----------	-------