

NILU  
TEKNISK NOTAT NR: 7/80  
REFERANSE:  
DATO: JUNI 1980

MÅLING PÅ VINDHASTIGHETSFØLERE I VIND-  
TUNNELEN NTH TRONDHEIM  
22/1 - 23/1 1980

AV

THOR CHR. BERG

VIKTOR DAHL

NORSK INSTITUTT FOR LUFTFORSKNING  
POSTBOKS 130, 2001 LILLESTRØM  
NORGE

INNHOLDSFORTEGNELSE

	Side
1 INNLEDNING .....	5
2 UTFØRING AV MÅLINGENE .....	6
3 VURDERING AV RESULTATENE .....	6
4 KURVER FOR UTREGNING AV DC .....	8
5 KALIBRERING AV SKÅLKORS .....	8
VEDLEGG: Tabell 1: Måleresultater. ....	9
Responskurver for utregning av DC....	12
Kalibreringskurver .....	20
Bilder av apparatur og følere .....	27

MÅLING PÅ VINDHASTIGHETSFØLERE I VINDTUNNELEN  
NTH TRONDHEIM 22/1 - 23/1 1980

1 INNLEDNING

Hensikten med målingene var å måle "distance constant" (DC) for en rekke skålkors, samt Gill UVW anemometer. "Distance constant" defineres som den veilengde vinden må blåse før et stillestående skålkors når 63% ( $1 - \frac{1}{e}$ ) av full hastighet.

Likeledes ble karakteristikken, antall omdreininger som funksjon av vindhastigheten, for de samme følere tatt opp.

Følgende følere ble målt:

1. SMHI/FFI anemometer (benyttet av NILU)
2. RISØ skålkors
3. AANDERAA skålkors
4. VAISALA skålkors
5. GILL UVW anemometer (19 og 23 cm).

Skålkorsene 2-4 ble målt på en spesiell konstruert pulsgiver, mens SMHI/FFI anemometer og Gill propell-anemometer ble brukt i original utførelse. Videre ble det målt DC, og tatt opp karakteristikk for komplett Risø- og Aanderaa anemometer.

Siden Risø-, Aanderaa- og Vaisala-skålkors ser svært like ut er det interessant å sammenlikne disse, og se dem i relasjon til SMHI/FFI skålkorsset som er større og tyngre.

## 2 UTFØRING AV MÅLINGENE

For å få de beste sammenlikningsmulighetene ble det konstruert en "pulsgiver" som alle tre korsene (Risø, Aanderaa, Vaisala) kunne benyttes på (se bilde nr. 2) og følgende ble tilstrebet:

1. Liten masse i akse og detektorsystem.
2. God lagring med minimal friksjon
3. Stor oppløsning på detektorsystemet ved å benytte en hullskive med 22 hull (altså 22 pulser pr. omdr.).

Videre ble det konstruert en startmekanisme (se bilde 2) som ga alle korsene samme startposisjon. En mikrobryter ble ved startarmens utløsning aktivert og markerte 0-punktet på skriveren for hver måling. Stor oppløsning ble også oppnådd ved konstruksjon av en "Digital Reciprocal Time Generator", et system som målte den inverse tiden mellom hver puls fra giveren svært nøyaktig på digitalform. Dette digitalsignalet ble omformet med en DA-converter til et analogsignal som ble registrert på en hurtig lysfleck-skriver.

Vindtunnelen ble kjørt ved flere hastigheter mellom 2 og 39 m/s. For hver føler ble det forsøkt å holde 3 mest mulig konstante punkter, 2.5 m/s - 10 m/s og 20 m/s. På grunnlag av kurvene som framkom på skriveren ble DC regnet ut.

Resultatene er ført opp i tabell 1. For målingene merket X er kurvene gjengitt i rapporten.

## 3 VURDERING AV RESULTATENE

For måling av DC viste det seg at startposisjonen for skålene er vesentlig. Det vil si startmomentet er avgjørende for  $T_1$ . (Se forsøk 29-30-31). Derfor bør alle skålkors ha samme startposisjon. Denne variasjon av moment gjør seg gjeldende hele tiden skålkorsset er i bevegelse. Eksempelvis kan vi se denne virkningen på kurvene tilhørende forsøk 10.

Middelverdiene av DC-målingene er regnet ut etter at ekstreme verdier, høye og lave, er utelatt. Disse har sannsynligvis fremkommet ved ukorrekt start. Utelatte verdier i midlingen er i tabellen merket med \* .

Tabellen nedenfor viser middelverdiene.

<u>Skålkors</u> Giver	DC
SMHI, FFI anemometer	5.2 m
RISØ skålkors NILU prøvegiver	1.7 m
RISØ anemometer	2.4 m
AANDERAA skålkors NILU prøvegiver	1.6 m
AANDERAA anemometer	2.46 m
VAISALA skålkors NILU prøvegiver	1.3 m
GILL 23 cm	1.5 m
GILL 19 cm	1.5 m

En ser at de små skålkorsene er svært like, dog skiller skålkorset fra Vaisala seg litt ut ved våre målinger og gir kortest DC. En ser også at Risø og Aanderaa skålkors gir kortere DC montert på NILU prøvegiver enn på original anemometeret. Dette kan skyldes at disse to anemometrerene har et reedrelé som bremser noe mer enn NILU prøvegiveren.

SMHI, FFI anemometeret har ved tidligere målinger vist en meget lav starthastighet, men en ser her at det store skålkorset og en ellers stor masse i aksen gir DC som er 2-3 ganger større enn de små skålkorsene.

Gill propellanemometer har kort DC. Den improviserte startmekanismen for dette anemometeret var ikke perfekt, derfor er målt DC for dette anemometeret likevel for lang slik at fabrikkens oppgitte DC på 1 m/ er mer riktig.

#### 4 KURVER FOR UTREGNING AV DC

For hver målt føler er kurven, hastigheten som funksjon av tiden, fra  $T = 0$  plottet for 3 hastigheter (2.5 m/s, 10 m/s og 20 m/s.) Nummer på kurvene henviser til forsøksnr. og er også ført opp i tabell 1.

Den prikkede linjen angir full hastighet på føleren. Merket + ved tiden  $T_1$  angir 63% av full hastighet. DC er så regnet ut etter  $DC = T \cdot v$  (tunnel).

For Gill UVW anemometer er det bare målt DC ved 2 m/s og 10 m/s for 23 cm føleren og bare ved 10 m/s for 19 cm føleren.

Alle skålkorsene har en rettlinjert hastighetsfunksjon mellom 2 og 38 m/s. Dog har AANDERAA anemometer en knekk ved 35 m/s. Dette skyldes sannsynlig kast i aksene som forårsaker en resonans ved den gitte hastigheten.

#### 5 KALIBRERING AV SKÅLKORS

Alle skålkors ble kalibrert ved konstante vindhastigheter. Resultatene for de forskjellige skålkorsene med ulike prøvegivere er ført opp i tabell 1 og vist grafisk på figur 9 til 15.

## VEDLEGG

### Tabell 1. Måleresultater

Figurer:

#### Responskurve for utregning av DC

- 1 SMHI/FFI anemometer
- 2 Risø skålkors - NILU prøvegiver
- 3 Risø anemometer
- 4 Aanderaa skålkors - NILU prøvegiver
- 5 Aanderaa anemometer
- 6 Vaisala skålkors - NILU prøvegiver
- 7 Gill UVW anemometer 23 cm
- 8 Gill UVW anemometer 19 cm

#### Kalibreringskurver

- 9 SMHI/FFI anemometer. Risø skålkors - NILU prøvegiver
- 10 Aanderaa anemometer. Vaisala skålkors - NILU prøvegiver  
Aanderaa skålkors - NILU prøvegiver
- 11 Risø skålkors - NILU prøvegiver
- 12 Risø anemometer
- 13 Aanderaa skålkors - NILU prøvegiver.
- 14 Gill UVW anemometer 23 cm
- 15 Gill UVW anemometer 19 cm

Bilder av apparatur og følere.

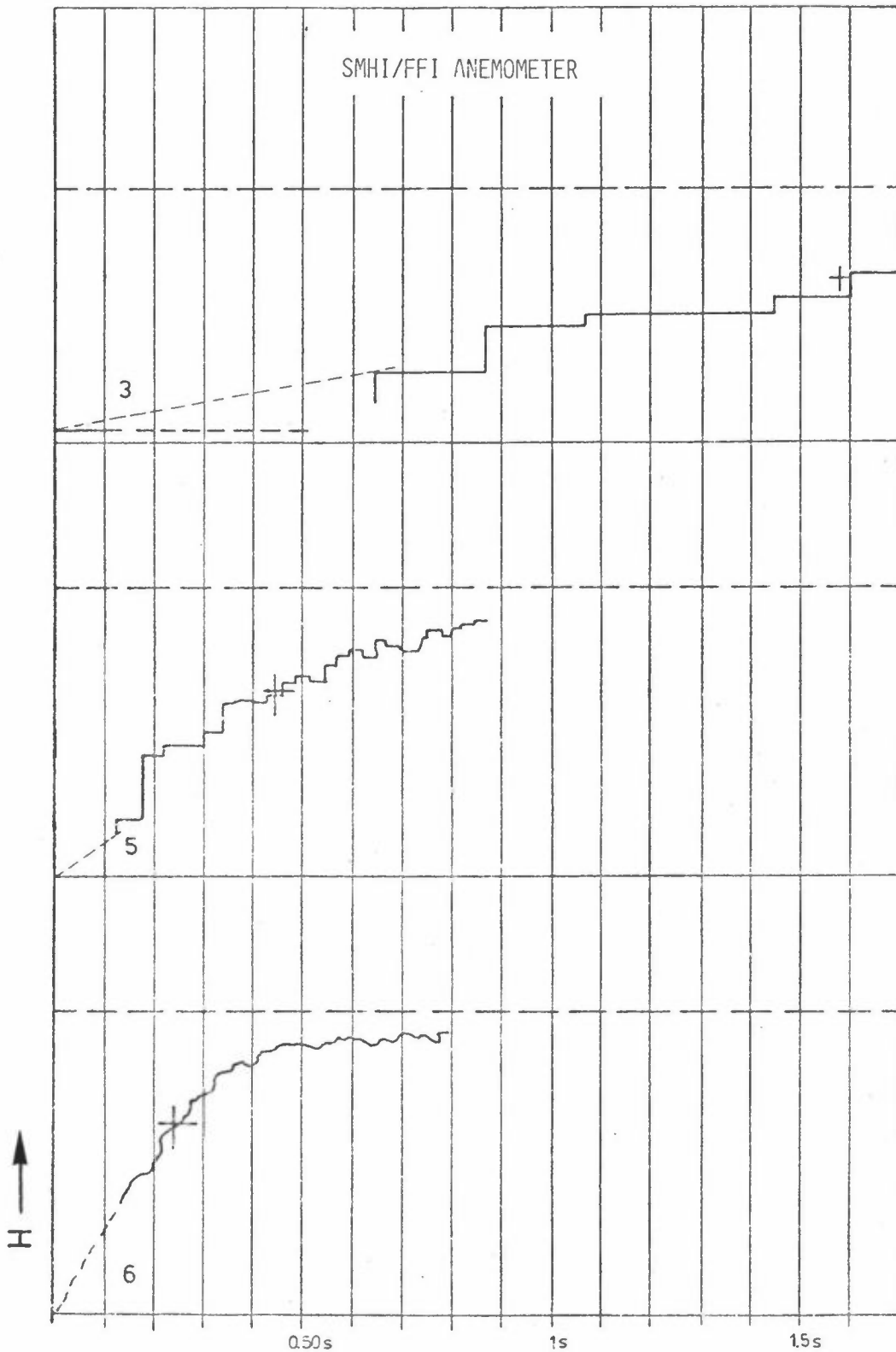
Tabell 1

Dato	Forsøk nr.	Skålkors Giver	V-tunnel m/s	Utgang skriver H i mm	T <sub>1</sub> Tid på 63% av full hast.	D.C. m/s	f.gen. MHz	P/S	Merknader
22/1-80	1	SNHI, FFI anemometer Hullskive 11 hull	2.50	55	1.09	* 2.7	1.3935	52.7 97.0	
"	2		2.33	56	3.70	* 8.6	1.3915		
"	3 x		2.45	52	2.28	5.6	1.3911		
"	4		5.47	57	0.99	5.4	3.221		
"	5 x		10.69	61	0.45	4.8	5.165		
"	6 x		20.89	62	0.24	5.0	5.163		
			11.05						
			20.93						
"	7	RISØ skålkors NITU pulsgiver 22 hull	2.82	54	0.69	1.9	5.157	41.3 84.8 84.5 182.4 181.6 354.6 362.0 186.0 186.7 602.3 602.5 653.3 654.7	Serie 1 Serie 2
"	8 x		2.82	55	0.66	1.9	5.157		
"	9		5.20	57	0.33	1.7	5.157		
"	10 x		10.84	59	0.13	1.4	5.157		
"	11		21.20	59	0.115	* 2.4	5.155		
"	12 x		21.19	60	0.08	1.7	5.155		
"	13		21.21	60	0.085	1.8	5.155		
"	41		10.91	59	0.15	1.6	5.157		
"	42		10.91	60	0.165	1.8	5.157		
"	43		10.91	61	0.165	1.8	5.157		
"			2.84						
"			5.20						
"			10.86						
"			21.20						
"		10.91							
"		34.87							
"		38.10							
23/1-80	37 x	RISØ anemometer	2.70	57.5	0.99	2.7	0.396	3.57 3.55 16.07 16.05 32.8 60.0	
"	38 x		10.43	58	0.23	2.4	1.809		
"	39 x		20.97	57	0.10	2.1	3.771		
"			2.70						
"			10.41						
"			20.97 37.81						
22/1-80	14	AANDRRA skålkors NITU pulsgiver Hullskive 22 hull	2.52	58	1.15	* 2.9	5.154		
"	15 x		2.56	60	0.64	1.6	5.154		
"	16		5.22	59	0.345	1.8	5.154		
"	17		10.34	60	0.14	1.45	5.154		
"	18 x		10.30	61	0.145	1.5	5.155		
"	19		10.32	61	0.14	1.45	5.155		
"	20 x		20.83	61	0.095	2.0	5.155		
"	21		20.91	60	0.090	1.9	5.155		

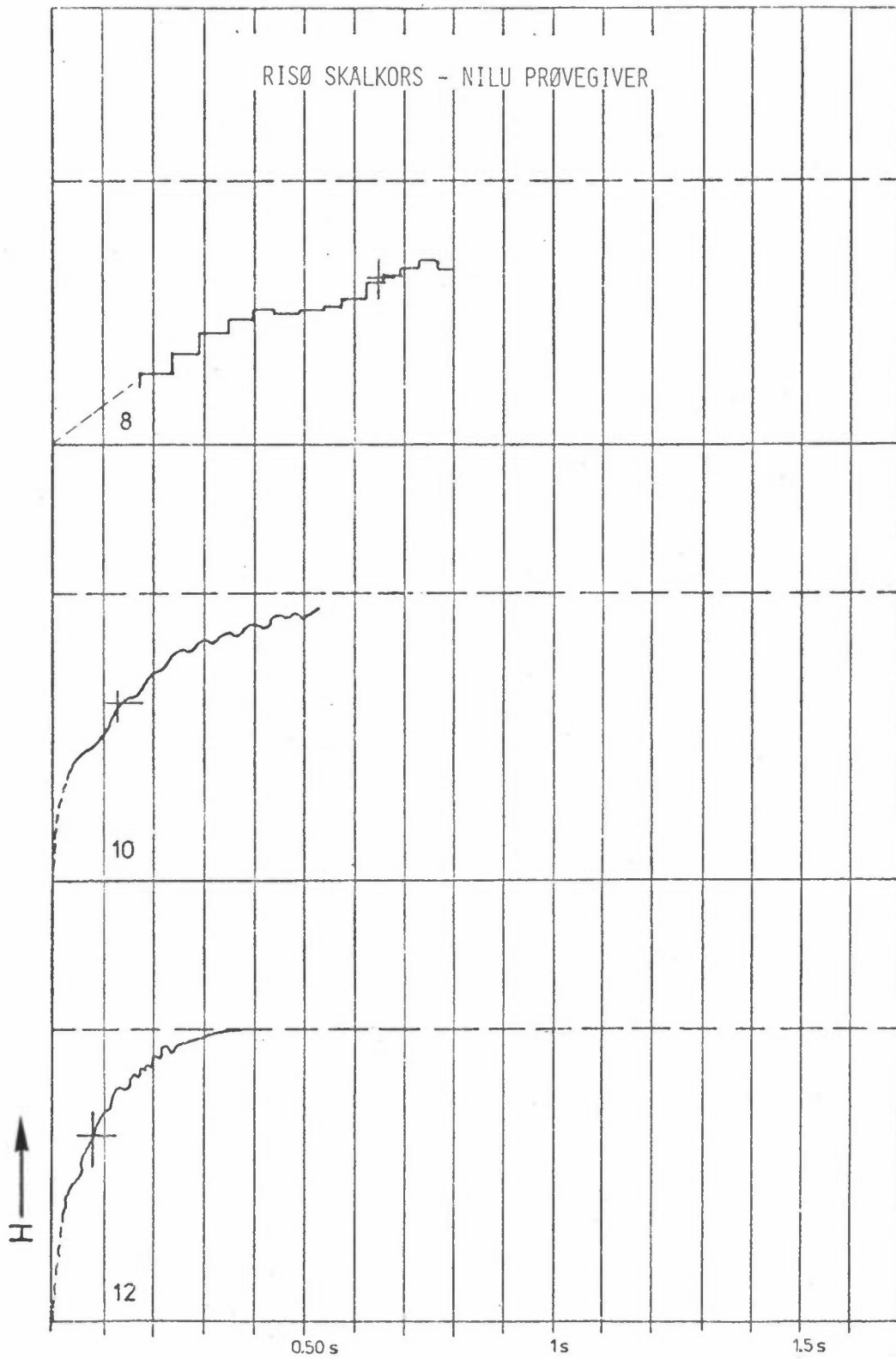


Dato	Forsøk nr.	Skålkors Giver	V-tunnel m/s	Utgang skriver H i mm	T <sub>1</sub> Tid på 63% av full hast.	D.C. m/s	f.gen. MHz	F/S	Merknader	
22/1-80			2.52					42.0 42.4		
"			5.22					91.9 92.3		
"			10.34					189 189		
"			20.88					391 392		
"			34.77					657.3 659.3		
"			38.12					717.7 717.3		
"	32	Aanderaa anemometer	10.82	59.5	0.23	2.5	1.956		Lampe på	
"	33		10.82	57	0.20	2.2			120° etter lampe på	
"	34 x		10.82	60	0.23	2.5				
23/1-80	35 x		2.07	59	1.30	2.7	0.396			
"	36 x		21.22	58	0.115	2.4	4.063			
"			2.07					3.17		
22/1-80			10.82					18.3 18.2		
23/1-80			21.22					36.3 36.3		
23/1-80			37.61					64.4		
"			37.5					64.4		
"			34.62					59.3 60.0		
22/1-80	22		VAISALA skålkors NILU pulsgiver hullskive 22 hull	2.79	59	0.50	1.4	5.156		
"	23 x			2.85	60	0.46	1.3	5.156		
"	24	2.82		62	0.47	1.2	5.156			
"	25	5.62			0.23	1.3	5.156			
"	26	10.79		59.5	0.11	1.2	5.156			
"	27	10.79		60	0.11	1.2	5.156			
"	28 x	21.27		58	0.06	1.3	5.156			
"	29	10.43		56	0.23	2.4	5.156		1 skål 90° på VR	
"	30	10.43		59	0.19	* 2.0	5.156			
"	31	10.46		60	0.13	1.36	5.156			
"		2.79						44.4 44.5		
"		5.64						89.4 89.5		
"		10.79						171 170.5		
"		21.27						342 341		
"		37.82						608.6 609.0		

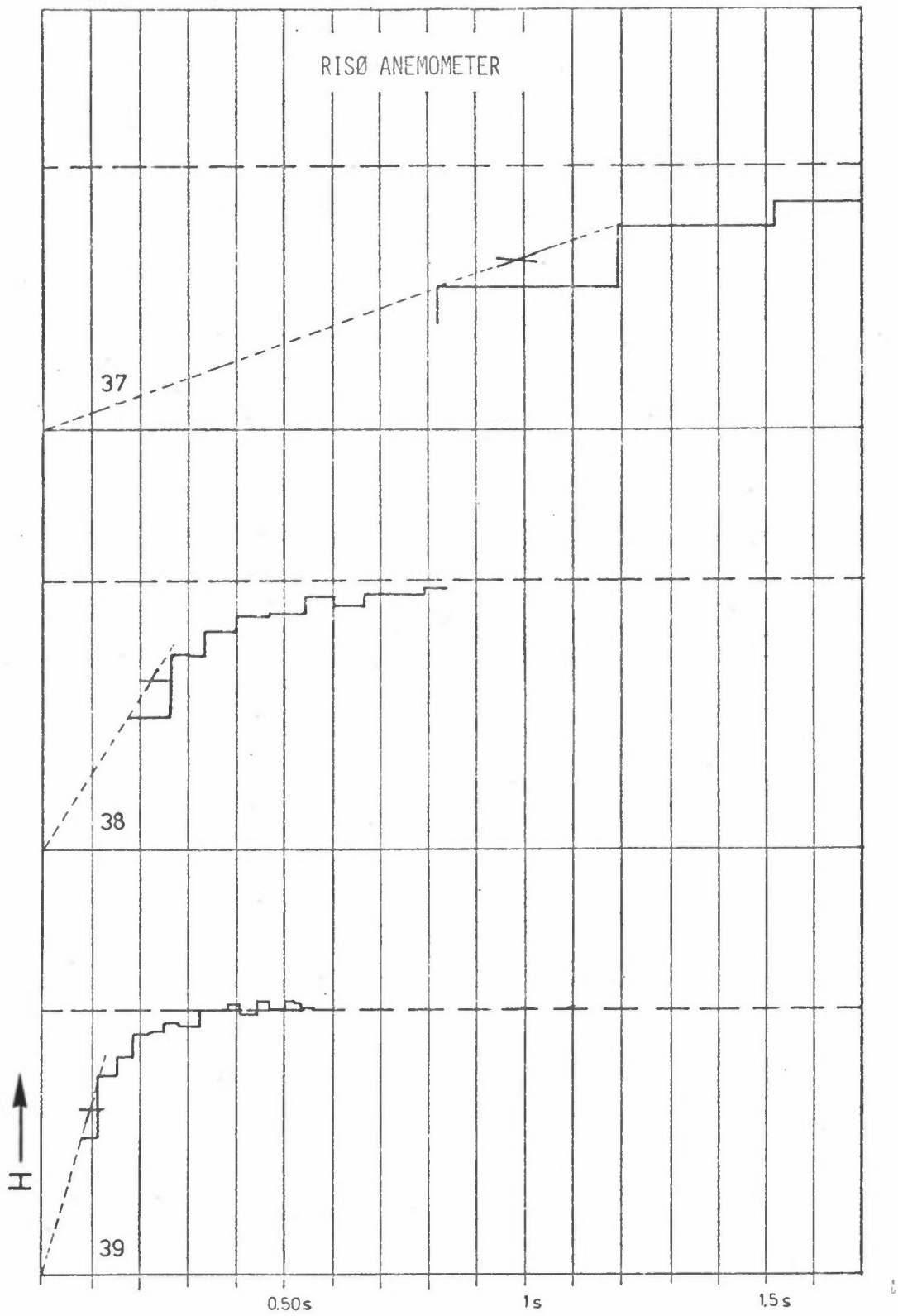
Dato	Forsøk nr	Skålkors Giver	v-tunnel m/s	Utgang skriver H i mm	T <sub>1</sub> Tid på 63% av full hast.	D.C. m	f.gen. MHz	P/S	Merknader
23/1-80	44	GILL 23 cm	2.33	57	0.54	1.3	5.157	114.9	
"	45 x		2.33	58	0.515	1.2	5.157		
"	46 x		10.49	58	0.165	1.7	5.157	514	
"	47		10.49	59	0.175	1.8	5.157		
"			21.38					1060	
"			28.77					1056	
"								1443	
"								1445	
			25.16				1260		
							1262		
			21.05				1043		
							1044		
22/1-80	48 x	GILL 19 cm	10.64	58	0.145	1.5			
	49 x		10.64	57.5	0.14	1.5			
"			10.64					539	
"								535	
"			24.48					1254	
"							1247		
"			38.08				1951		



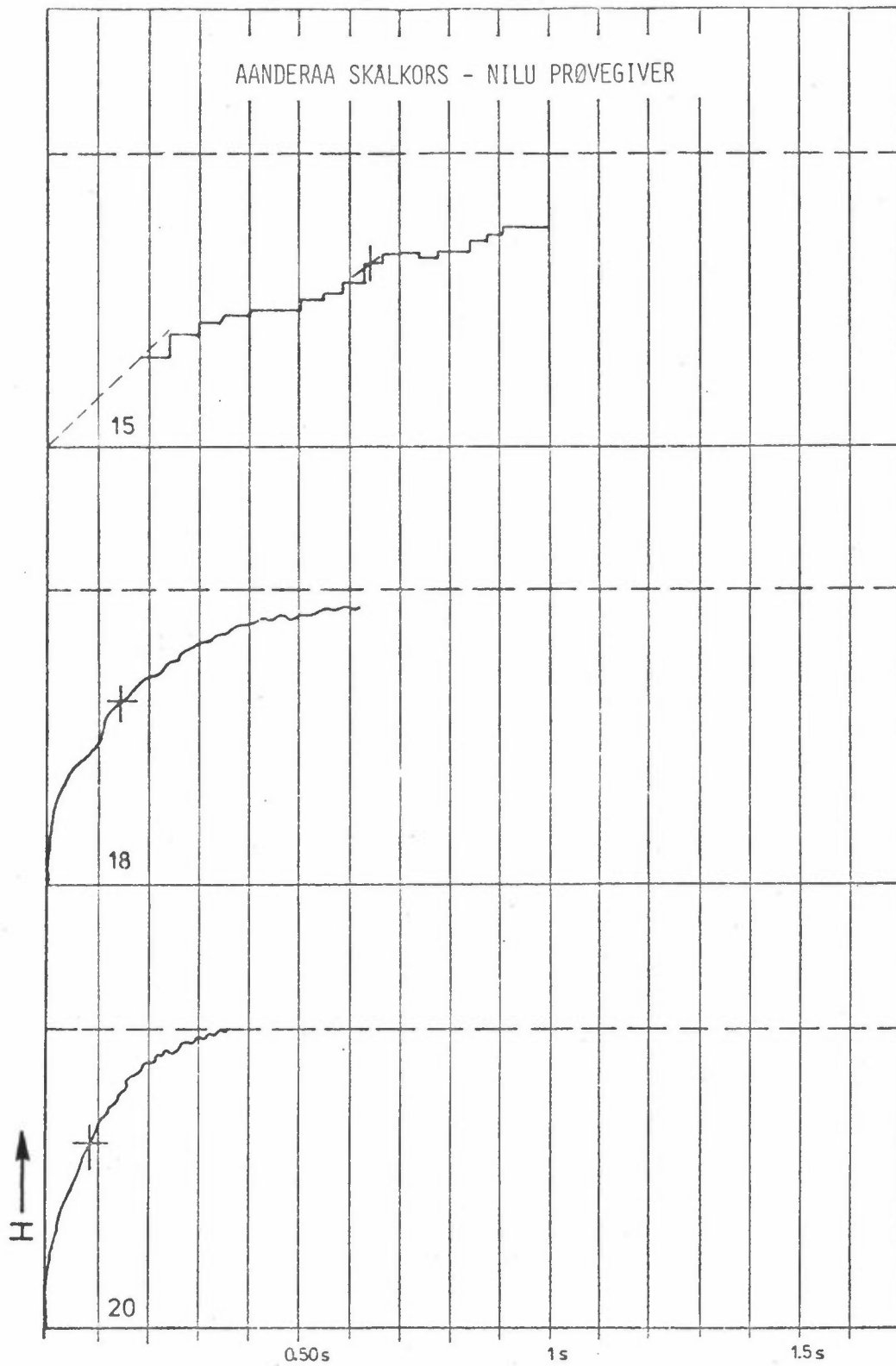
Figur 1: Responskurve for SMHI/FFI anemometer.  
Responskurvenes nummerering er forsøksnummere  
som også er ført opp i tabell 1.  
Kurvene er målt ved vindhastigheter nærmest mulig opp til  
2.5, 10 og 20 m/s.



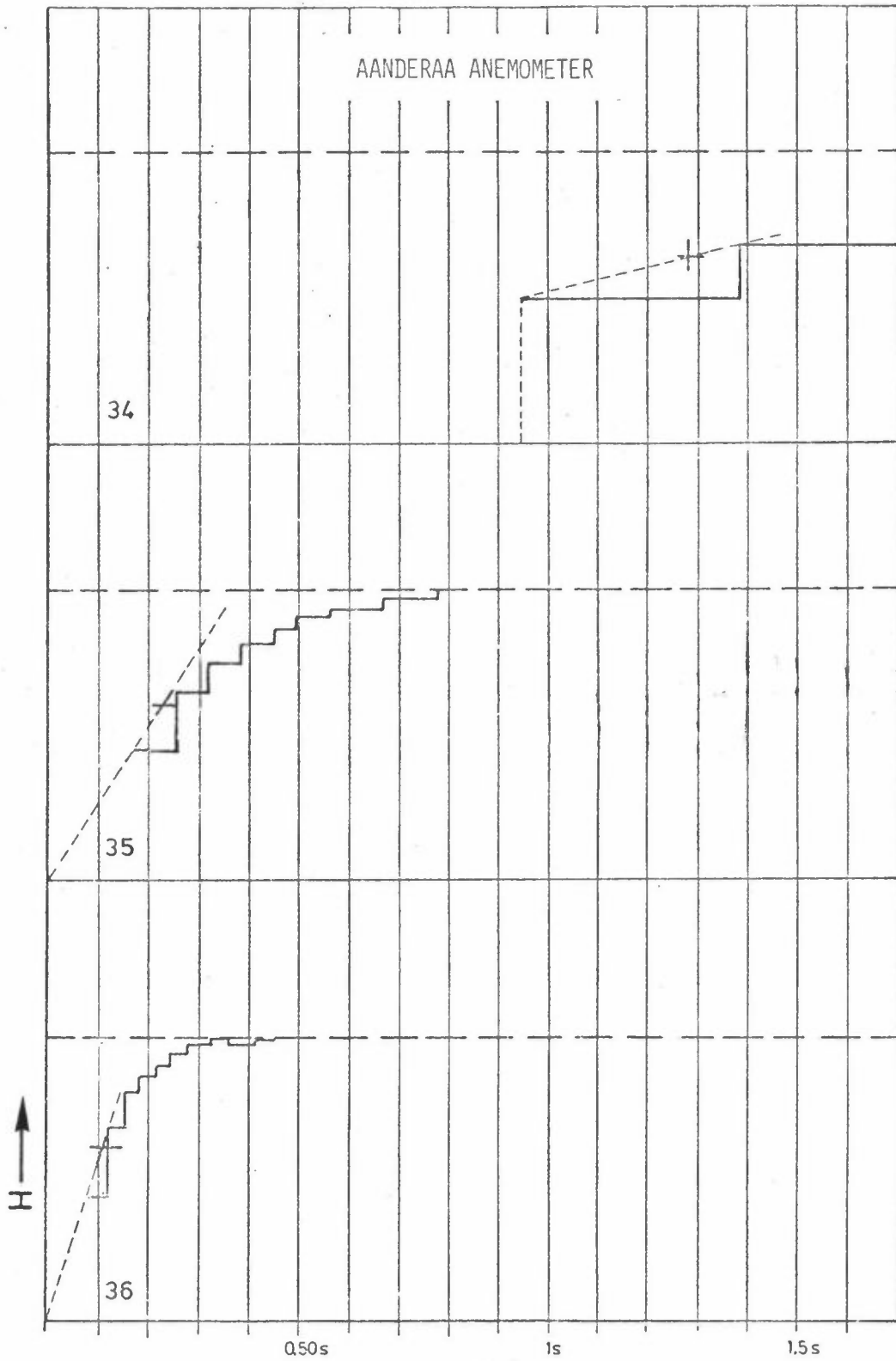
Figur 2: Responskurve for Risø-skalkors - NILU prøvegiver.



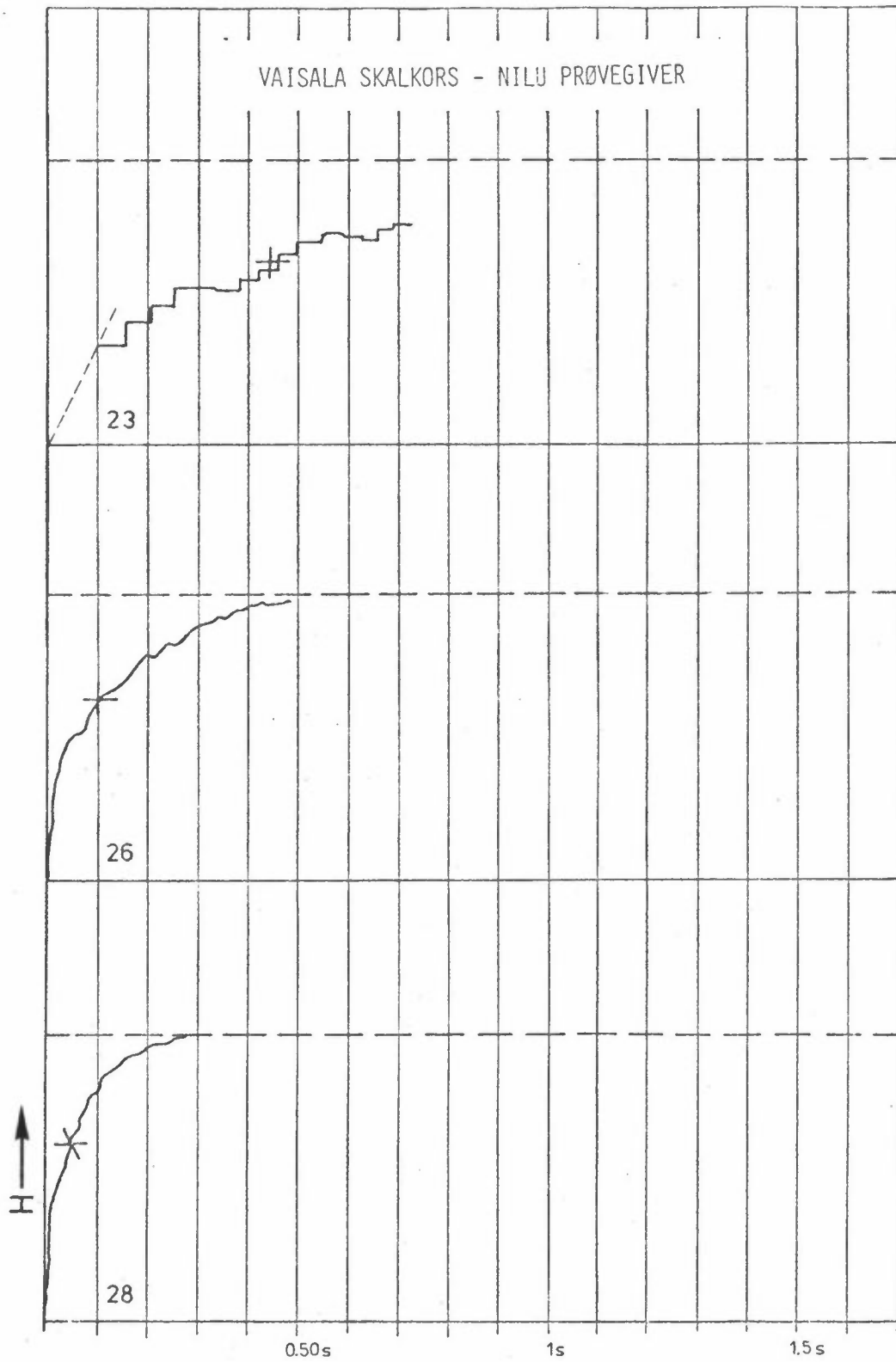
Figur 3: Responskurve for Risø anemometer.



Figur 4: Responskurve for Aanderaa skålkors - NILU prøvegiver.

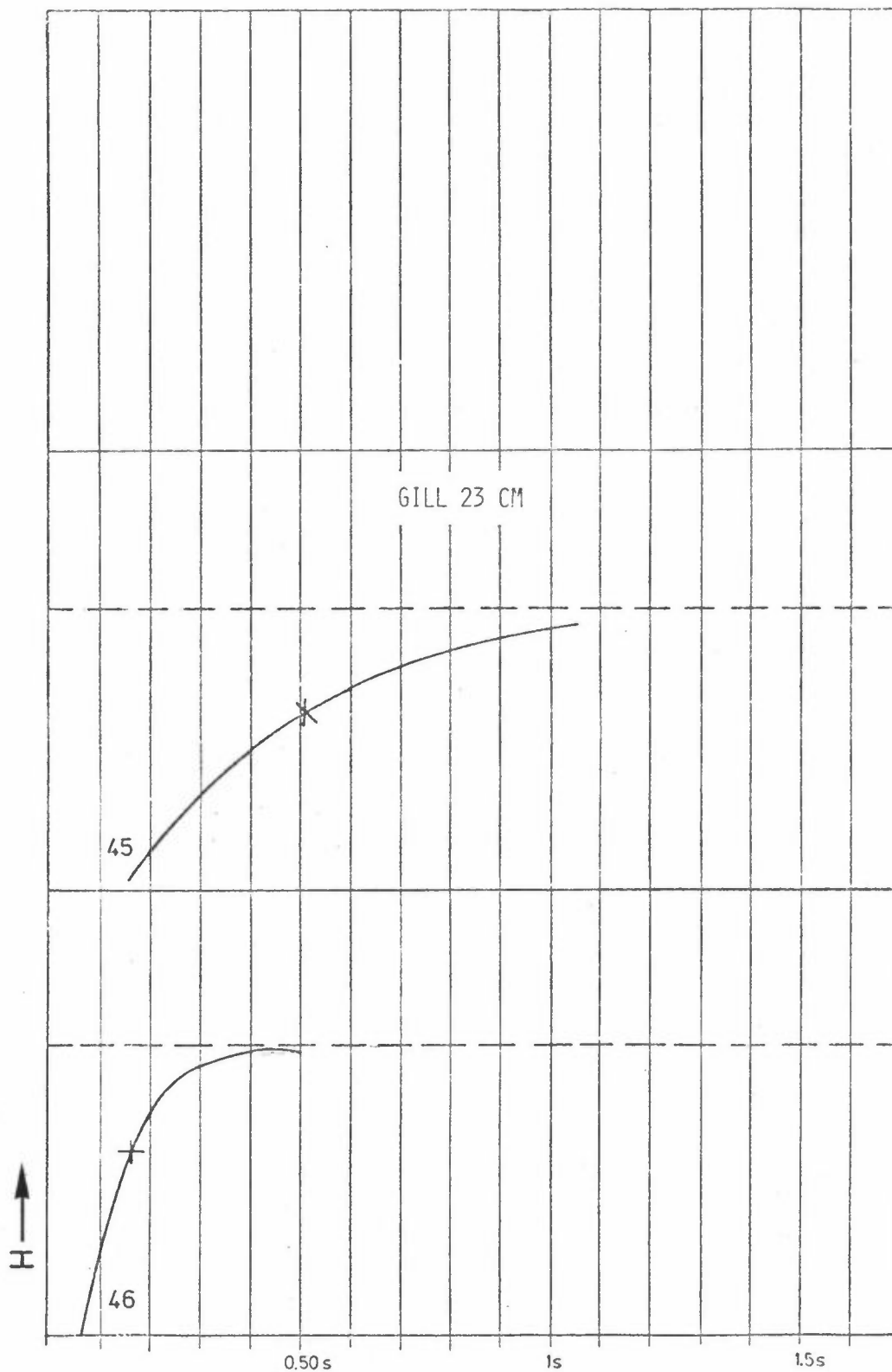


Figur 5: Responskurve for Aanderaa anemometer.

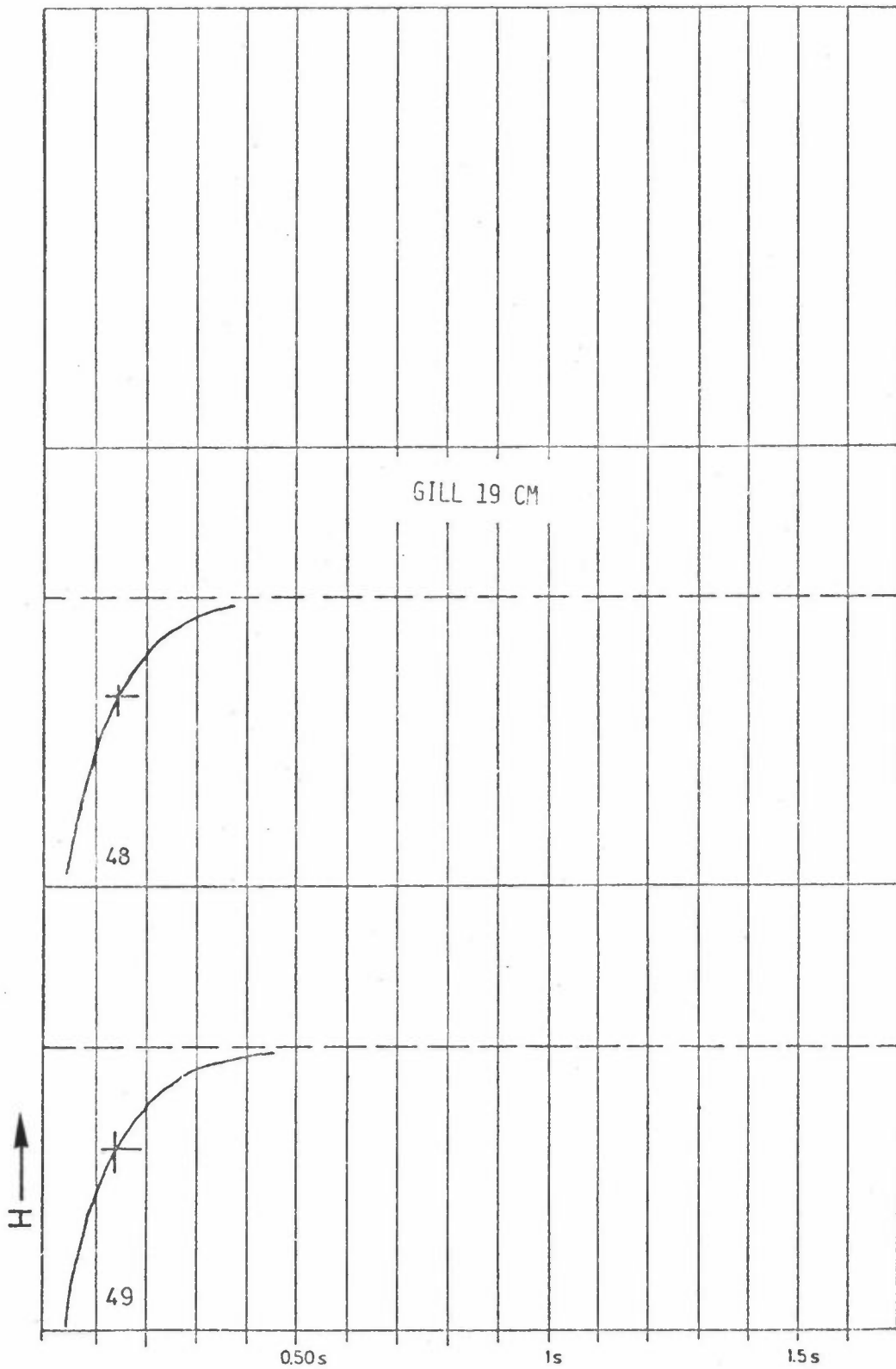


Figur 6: Responskurve for Vaisala skalkors - NILU prøvegiver.

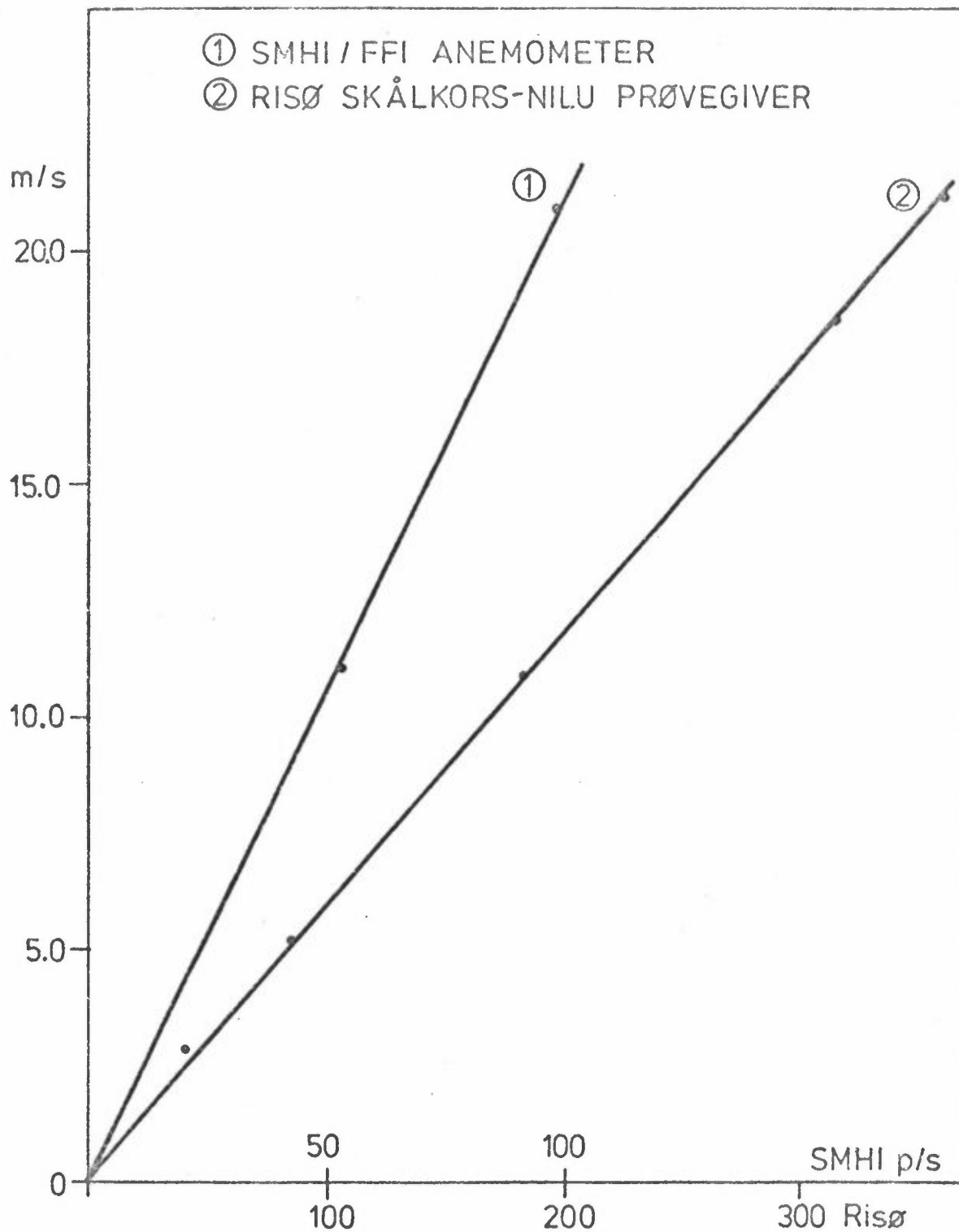




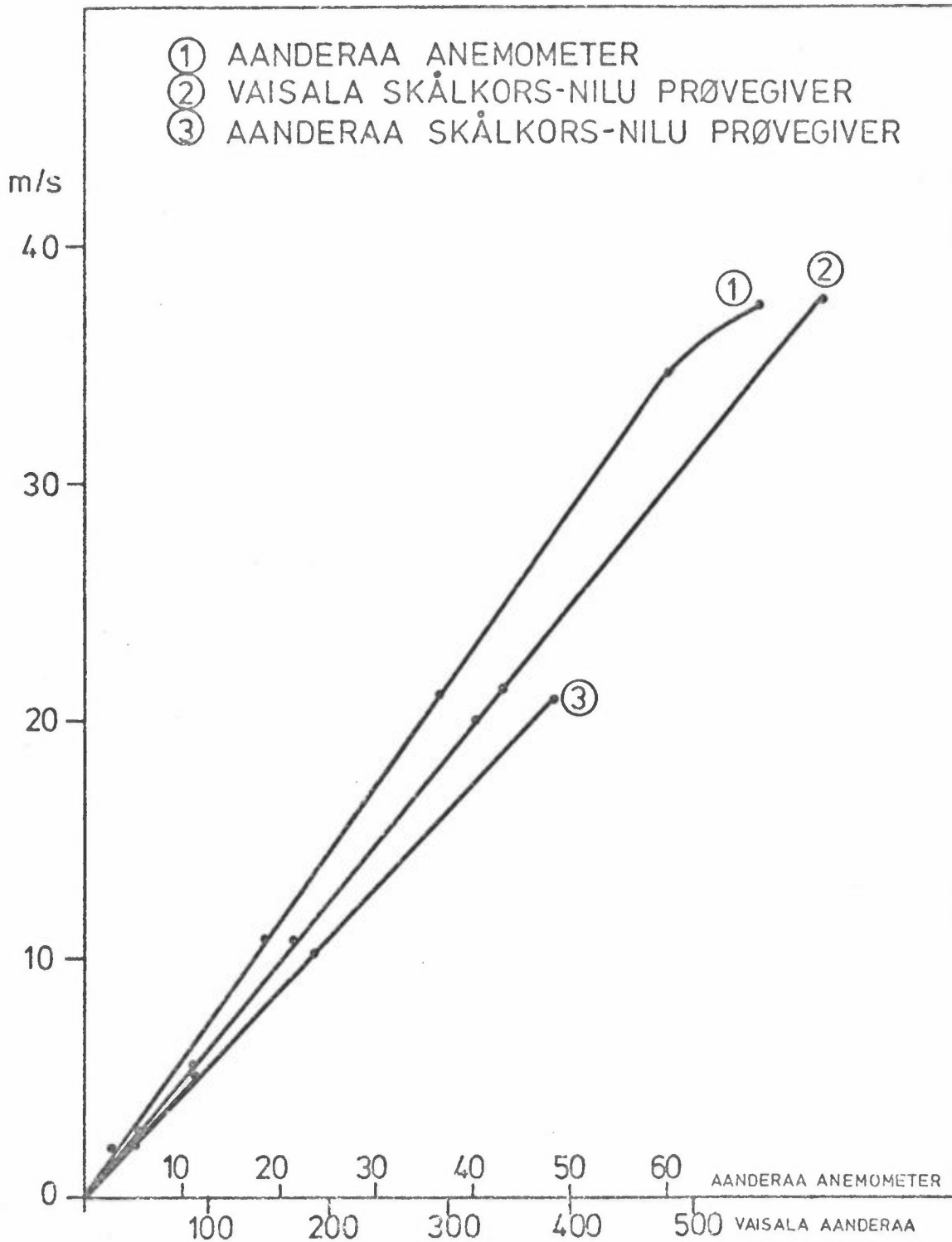
Figur 7: Responskurve for Gill anemometer (23 cm).  
Kurvene er målt ved 2.33 og 10.49 m/s.



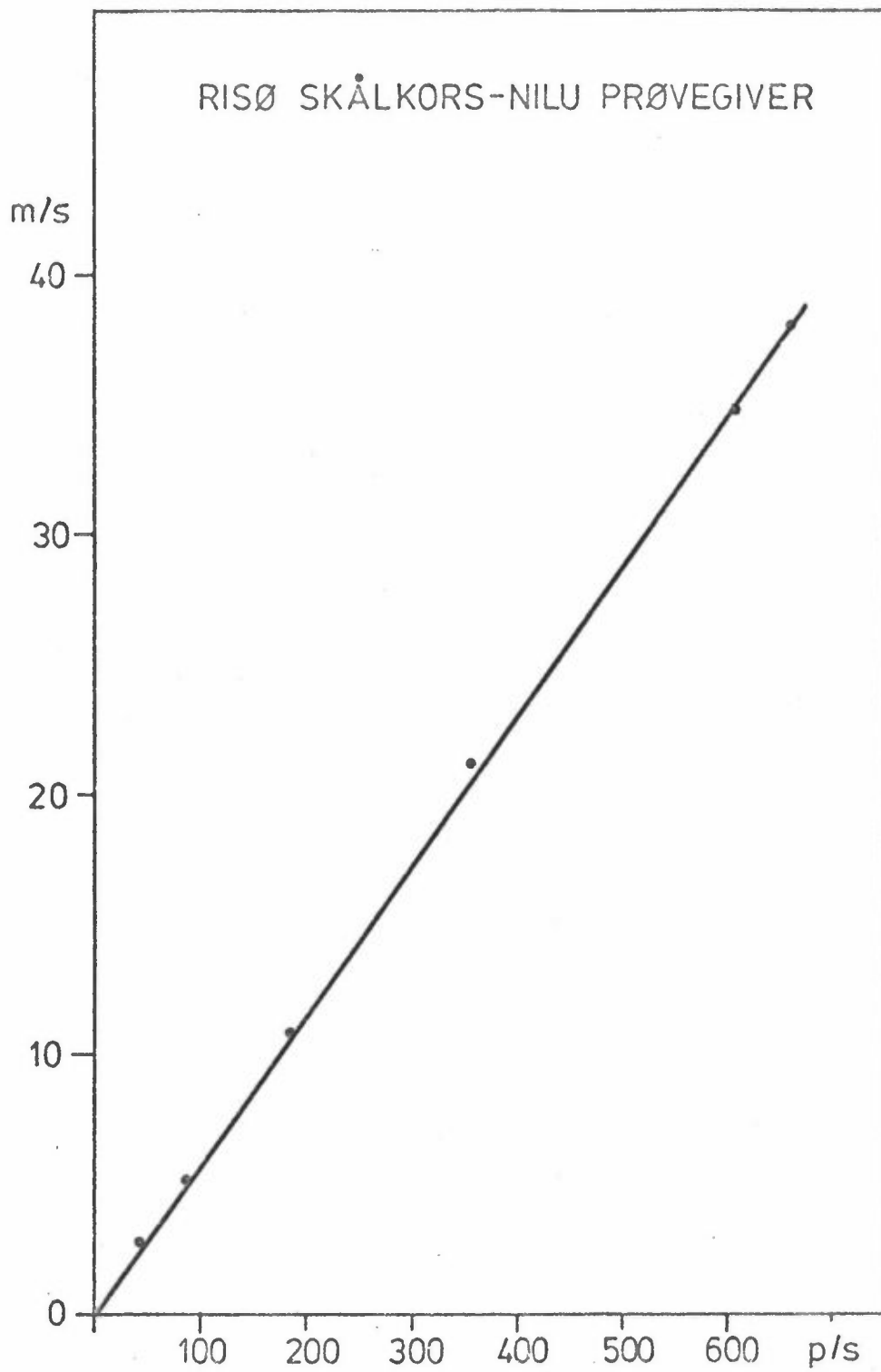
Figur 8: Responskurve for Gill anemometer (19 cm).  
Kurvene er målt ved 10.64 m/s.



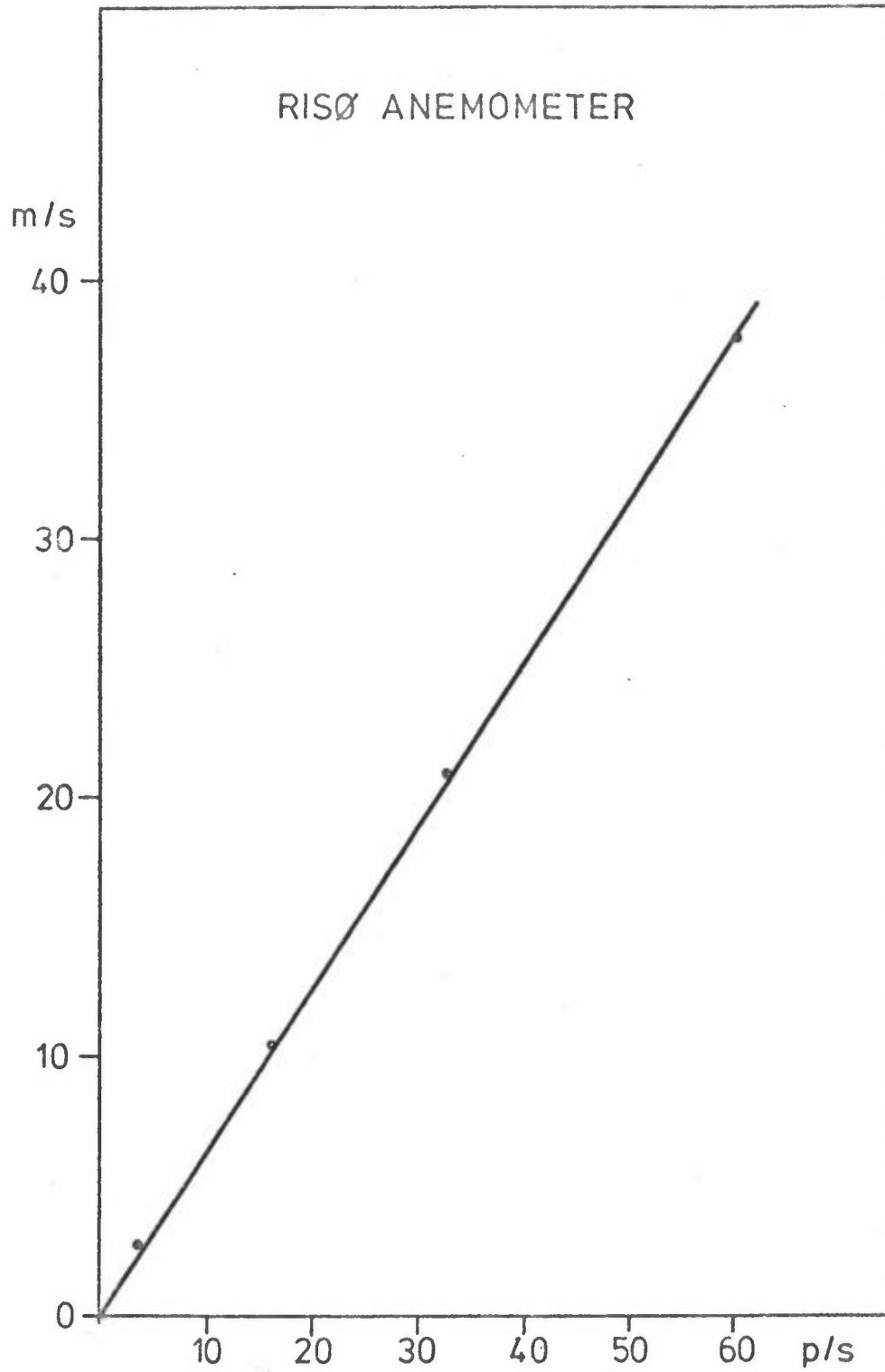
Figur 9: Karakteristikk for SMHI/FFI anemometer og Risø skålkors - NILU prøvegiver.



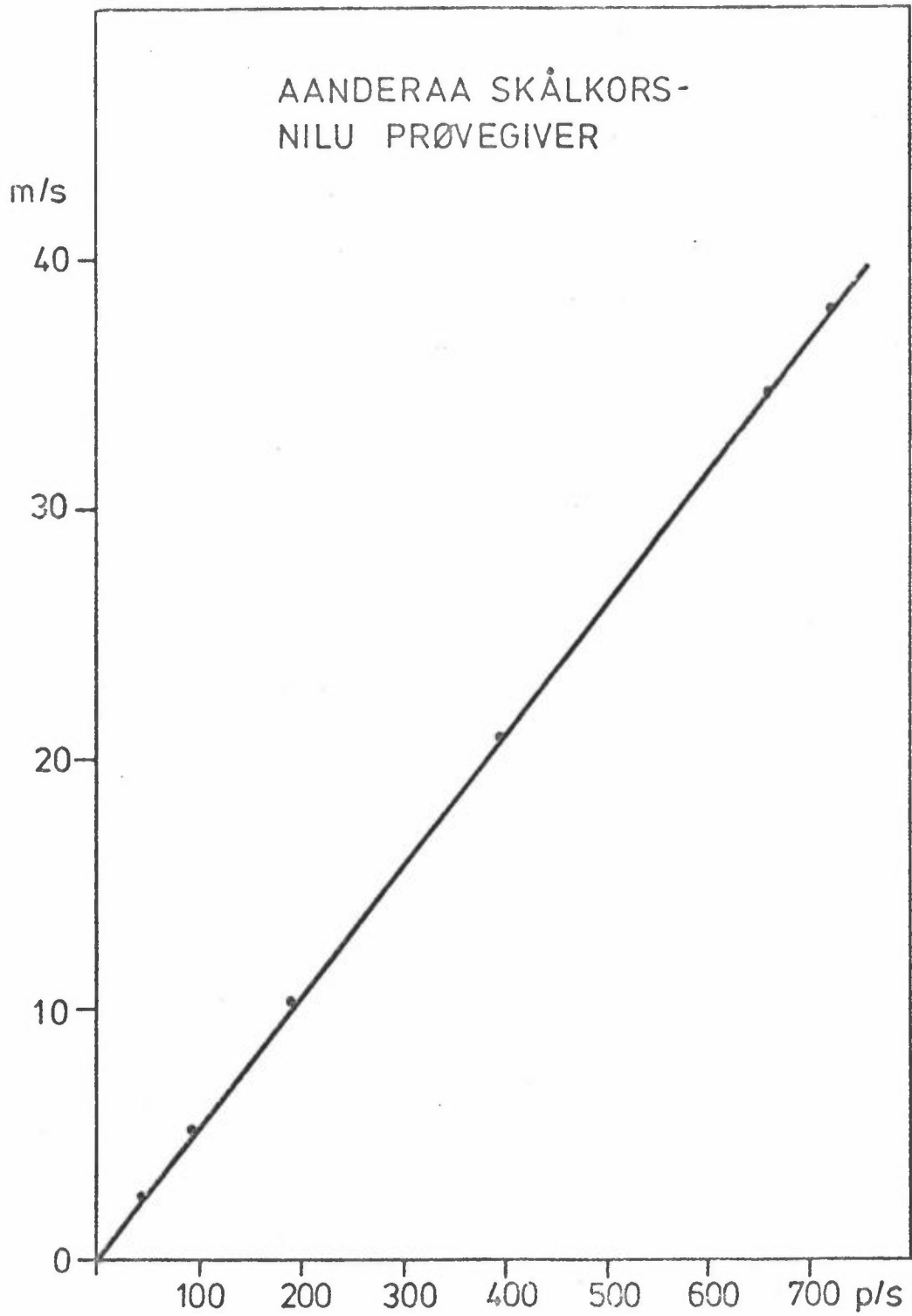
Figur 10: Karakteristikk for Aanderaa anemometer, Vaisala skålkors - NILU prøvegiver. Aanderaa skålkors - NILU prøvegiver.



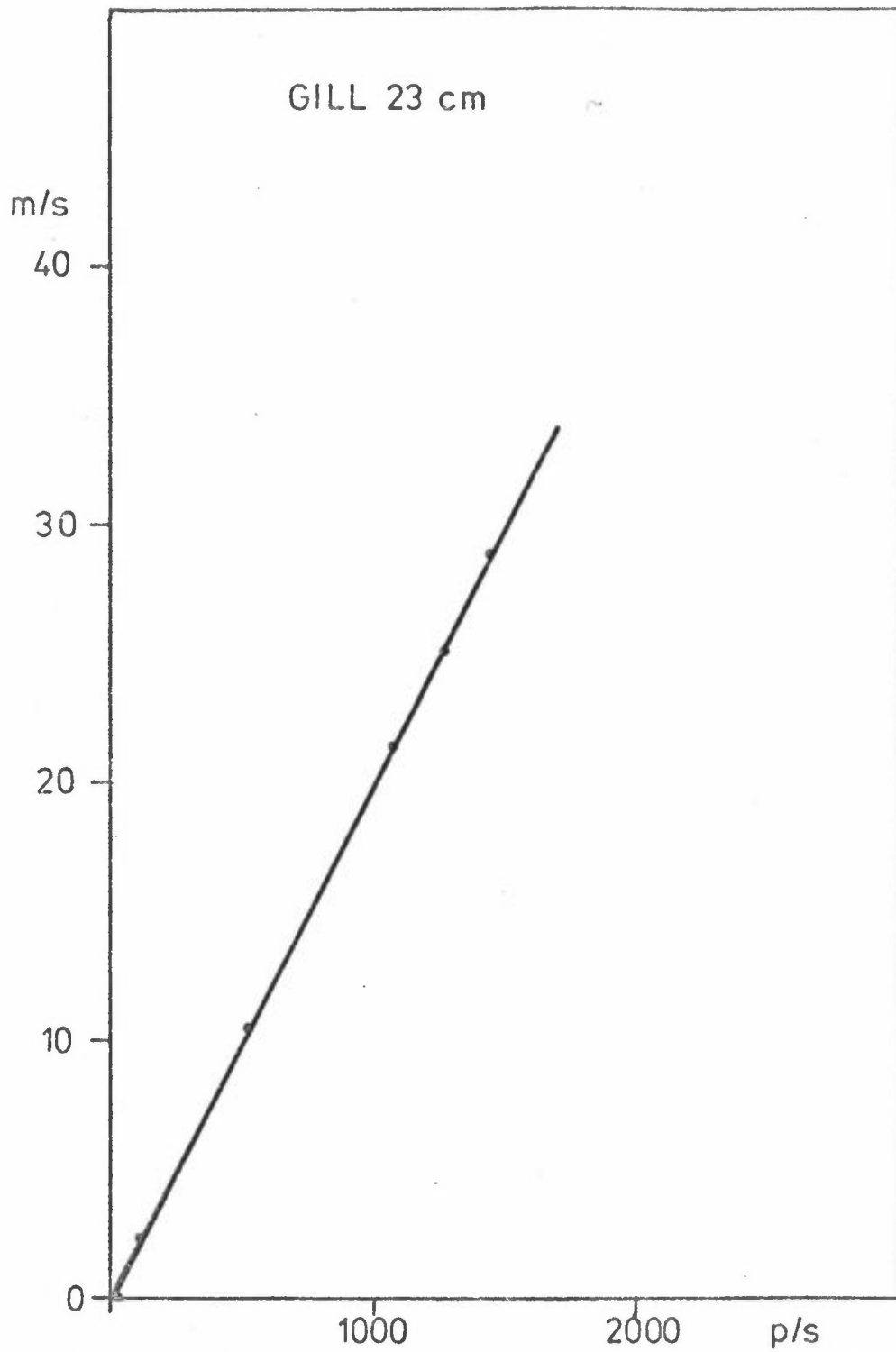
Figur 11: Karakteristikk for Risø skålkors - NILU prøvegiver.



Figur 12: Karakteristikk for Risø anemometer.

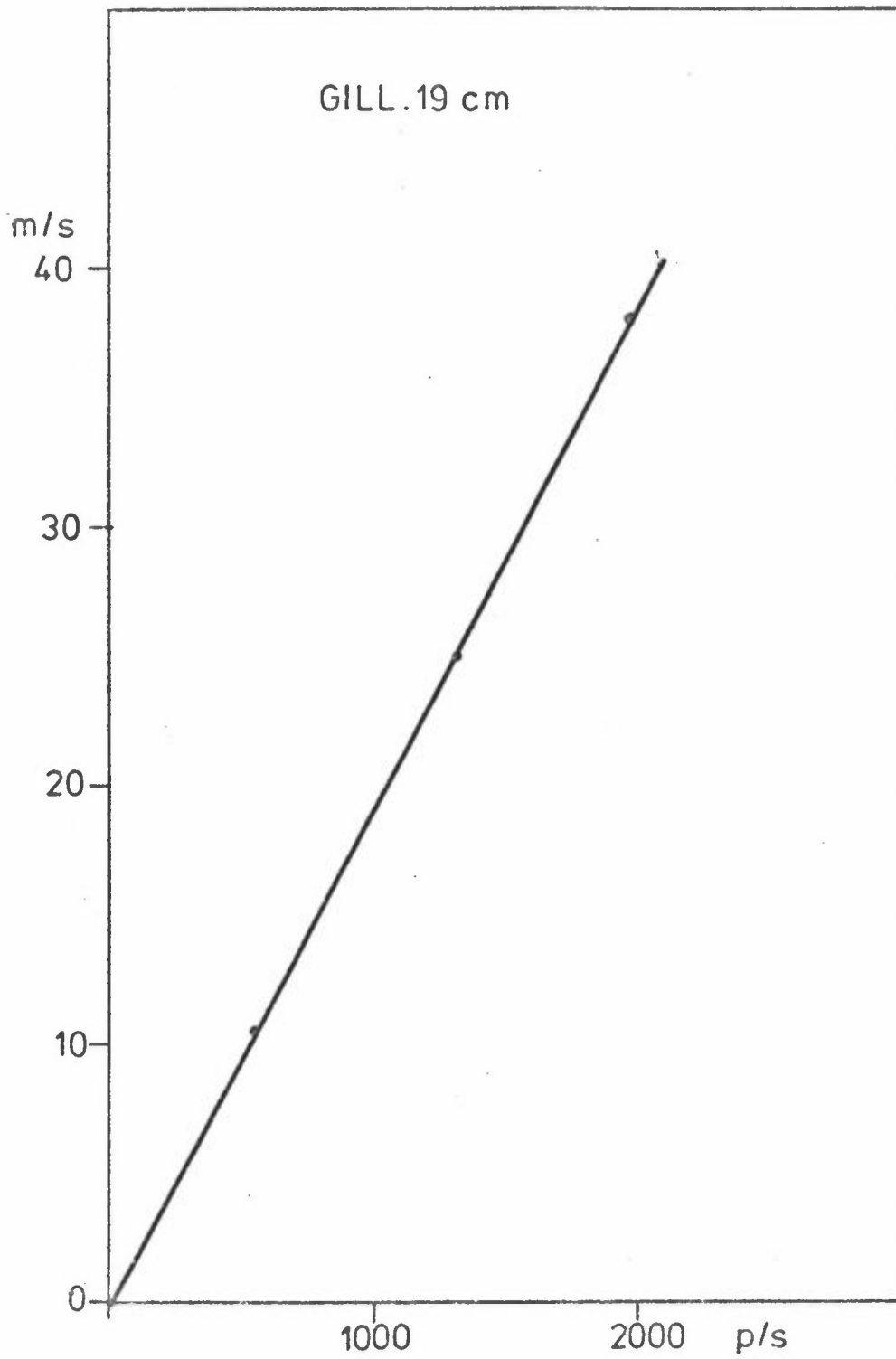


Figur 13: Karakteristikk for Aanderaa skålkors - NILU prøvegiver.



Figur 14: Karakteristikk for Gill anemometer (23 cm).





Figur 15: Karakteristikk for Gill anemometer (19 cm).

*Bilde 1: Apparaturen brukt ved målingene.*

*Bilde 2:*

*Aanderaa skålkors på NILU prøve-  
giver. Startmekanisme i startposisjon.*

*Bilde 3:*

*Startmekanismen er utløst.*

*Bilde 4:*  
*Risø skålkors på NILU-*  
*prøvegiver i startposisjon.*

*Bilde 5:*  
*Vaisala skålkors på NILU*  
*prøvegiver i startposisjon.*

*Bilde 6: Gill UVW propellanemometer.*

