



UNIVERSITETET I TRONDHEIM
NOREGS TEKNISKE HØGSKOLE
INSTITUTT FOR EKSPERIMENTALFYSIKK

JUNI 1983

MODELLFORSØK MED N₂-BØYEN I TRONDHEIMSFJORDEN
VÅREN 1983.

AV

LARS CHR. IVERSEN

PER MAGNE LILLEBEKKEN

1. INNLEDNING

Modellforsøkene i Trondheimsfjorden i 1981 og 1982 med N2-bøyen er beskrevet i følgende rapport:

L.C. IVERSEN, P.M. LILLEBEKKEN, Model tests of a scale 1:10 phase-controlled wave-power buoy of type N2 in the sea, Inst. for eksp.fysikk, NTH, jan. 1983.

Våren 1983 ble det gjennomført en ny serie med forsøk. Bøyen ble lagt ut 19.04.83 og tatt inn 13.06.83. Siste dag med forsøk var 02.06.83.

I denne rapporten beskrives endringene i bøyens konstruksjon og i forsøksoppsettet sammenliknet med tidligere modellforsøk. Videre blir de eksperimentelle resultatene drøftet.

2. ENDRINGER I KONSTRUKSJON OG OPPSETT

2.1 Bøyens konstruksjon.

Fig. 1 viser bøyens skrogform. Endringene i skrogformen er gjort for å redusere strømningsstap ved innløpet til bøyens kammer. Åpningstverrsnitt og krumningsradius er begge øket markant sammenliknet med tidligere.

Åpningsdiameter : 0.6 m

Krumningsradius : 0.05 m

Den nye skrogformen gir også større oppdrift til bøyen. Dette betyr at opprettingsmassen kan økes, og bøyen får bedre oppretting.

Opprettingsmasse : 50 kg i vann.

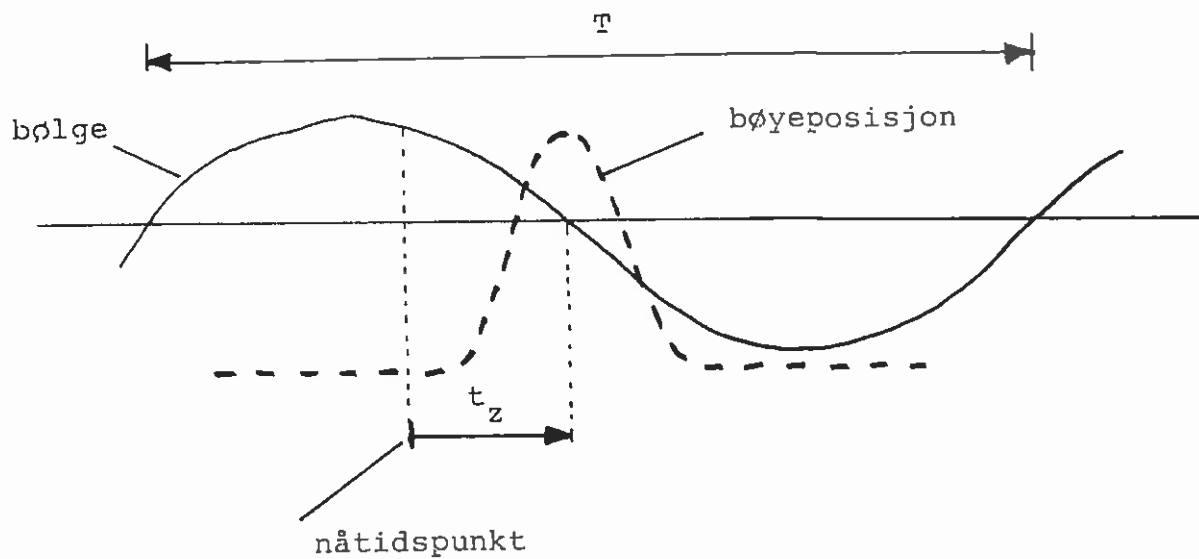
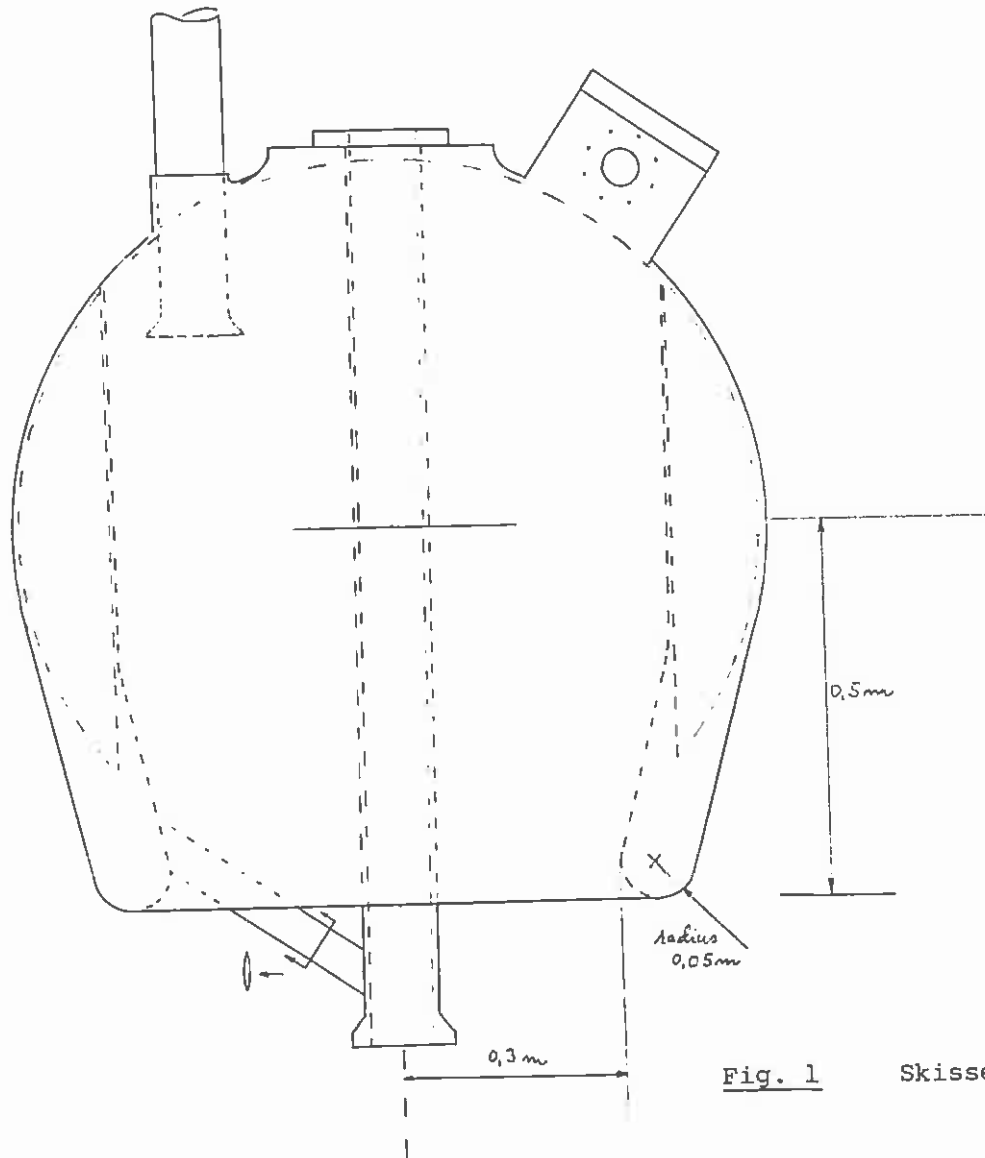


Fig. 2 Prinsippskisse for styrestrategi hvor bøyen låses fast kun i nedre posisjon.

Under forsøkene ble det observert at bøyen hadde bedre oppretting enn tidligere.

2.2 Forankringsstang.

Det ble laget riller i ankerstangen for å oppnå høyere friksjonskoeffisient mellom stang og bremsebelegg og dermed bedre låsing.

Rillestigning : 3 mm
Rilledybde : 0.2 - 0.4 mm

Under hele forsøksperioden fungerte låsingen tilfredsstillende.

2.3 Instrumentering.

Under denne forsøksperioden ble føringskrefter, vann-nivå i kammer og bølgetrykk på trykksonderiggene ikke målt. Overflatens bevegelse like ved bøyen, ca. 1 m ifra, ble målt ved å benytte en trykksonde på ca. 4 m dyp hengende i kabel ned fra flottør på overflaten. På grunn av at dybden kun er 4 m blir bølger med lang periode underestimert (10% ved $T = 2.6$ s). Under forsøksperioden ble denne registreringer benyttet som styresignal det meste av tiden.

2.4 Styrestrategi.

Under forsøksserien ble en ny styrestrategi testet ut. Denne strategien er skissert i fig. 2. Bøyen holdes fast kun nede og skal ideelt sett bevege seg symmetrisk om bølgens nullnedkrysningspunkt. Denne styrestrategien gir ikke fullt så gode faseforhold som vanlig styring. Faseforholdene blir dårligere jo lengre bølgeperioden er, og metoden egner seg best for kortere perioder. Ved en slik styrestrategi blir den ene halvdel av låsemekanismen overflødiggjort. Videre vil en slik

strategi gi bedre oppretting siden bøyen kun holdes fast nede. Under forsøkene ble det observert at bøyen rettet seg markant opp når denne strategien ble benyttet i sjøtilstander hvor bøyen la seg over når den beveget seg fritt.

Den alternative styrestrategien ble gjennomført ved kontinuerlig å estimere tiden fram til neste nullnedkrysning, t_z , og sammenlikne denne med den spesifiserte løsslippingstiden.

$$t'_z = \frac{1}{\omega} \operatorname{arc\,tg} \left\{ -\frac{x_1 \omega}{x_2} \right\}$$

hvor x_1 er estimert bølgeposisjon, x_2 er estimert bølgehastighet og ω er estimert bølgefrequens.

$$t_z = T/4 \quad \text{når} \quad x_2 = 0 \quad \text{og} \quad x_1 < 0$$

$$t_z = 3T/4 \quad \text{når} \quad x_2 = 0 \quad \text{og} \quad x_1 < 0$$

$$t_z = \begin{cases} t'_z + T/2 & \text{når} \quad x_2 > 0 \\ t'_z + T & \text{når} \quad x_2 < 0 \quad \text{og} \quad x_1 < 0 \\ t'_z & \text{når} \quad x_2 < 0 \quad \text{og} \quad x_1 > 0 \end{cases}$$

I tillegg til dette ble BØYTØY-boksen bygget om slik at den alternativt kun ga låsepuls for låsing nede.

3. FORSØKSRESULTATER

3.1 Energiregnskap.

For å sjekke energiregnskapet er samme metode benyttet som beskrevet i tidligere rapport. En skal imidlertid merke seg følgende:

- Stort sett er analysen foretatt over kun 2 bølgeperioder.
- Bølgeamplituden, $|\hat{\eta}|$, er anslått på grunnlag av målingen som blir gjort like ved bøyen. Det er ikke kompensert for utstrålt bølge.
- Fasevinklen, φ , er funnet ved å sammenlikne bøyens hastighet med bølgetrykket på forankringsstanga. På grunnlag av den midlere faseforskjellen, $\langle t_{\varphi} \rangle$, beregnes fasevinklen

$$\varphi = \frac{\langle t_{\varphi} \rangle}{T_0} \cdot 360^{\circ}$$

Når bøyebevegelsen og bølgeamplituden kommer over et visst punkt, blåses det vann opp gjennom blendeåpningen når bøyen står låst i nedre posisjon. Det skjer anslagsvis ved effektnivå $P \gtrsim 150 \text{ W}$.

Tabell 1 og Fig. 3 sammenfatter analysen av energiregnskapet. Av dette framgår at en nå har et noe bedre samsvar mellom teori og forsøksresultat enn under tidligere forsøk. Det må imidlertid presiseres at det teoretiske estimat er beheftet med stor usikkerhet på grunn av usikkerheten i estimeringen av bølgeamplituden.

3.2 Alternativ styrestrategi.

Alternativ styrestrategi med fastholding kun nede viser seg å fungere bra. Spesielt er det med denne strategien mulig å

Reg	$t_1 - t_2$	n_s	T_0 (s)	y_0 (m)	s_m (m)	ϕ	P_p (W)	P_f (W)	P_a (W)	P_t (W)
5	2.1 - 25.1	16	2.9	0.055	0.06	28°	9	3	12	18
6	71.2 - 83.0	8	2.95	0.08	0.15	27°	29	9	38	59
9	52.6 - 66.9	10	2.85	0.04	0.09	36°	10	9	19	15
14	78.5 - 84.2	4	2.85	0.06	0.13	45°	25	6	31	27
38	6.0 - 13.1	4	3.55	0.11	0.29	29°	99	21	120	135
44	42.8 - 49.1	4	3.15	0.13	0.30	25°	111	23	134	185
45	1.5 - 7.6	4	3.05	0.17	0.38	26°	134	34	168	305
45	31.3 - 37.3	4	3.0	0.19	0.33	35°	79	23	102	282
45	84.4 - 91.4	4	3.5	0.15	0.38	24°	149	30	179	260
62	67.7 - 77.3	4	3.2	0.12	0.29	58°	65	9	74	75
65	78.9 - 85.9	4	3.5	0.11	0.29	55°	74	12	86	75
65	6.0 - 12.6	4	3.3	0.14	0.38	51°	106	21	127	141
66	75.4 - 81.9	4	3.25	0.13	0.28	59°	37	13	50	80
66	66.1 - 77.7	4	2.9	0.14	0.25	64°	29	11	40	64

Tabell 1 Målt effektabsorpsjon, $P_a = P_p + P_f$, sammenliknet med teoretisk estimat, P_t .

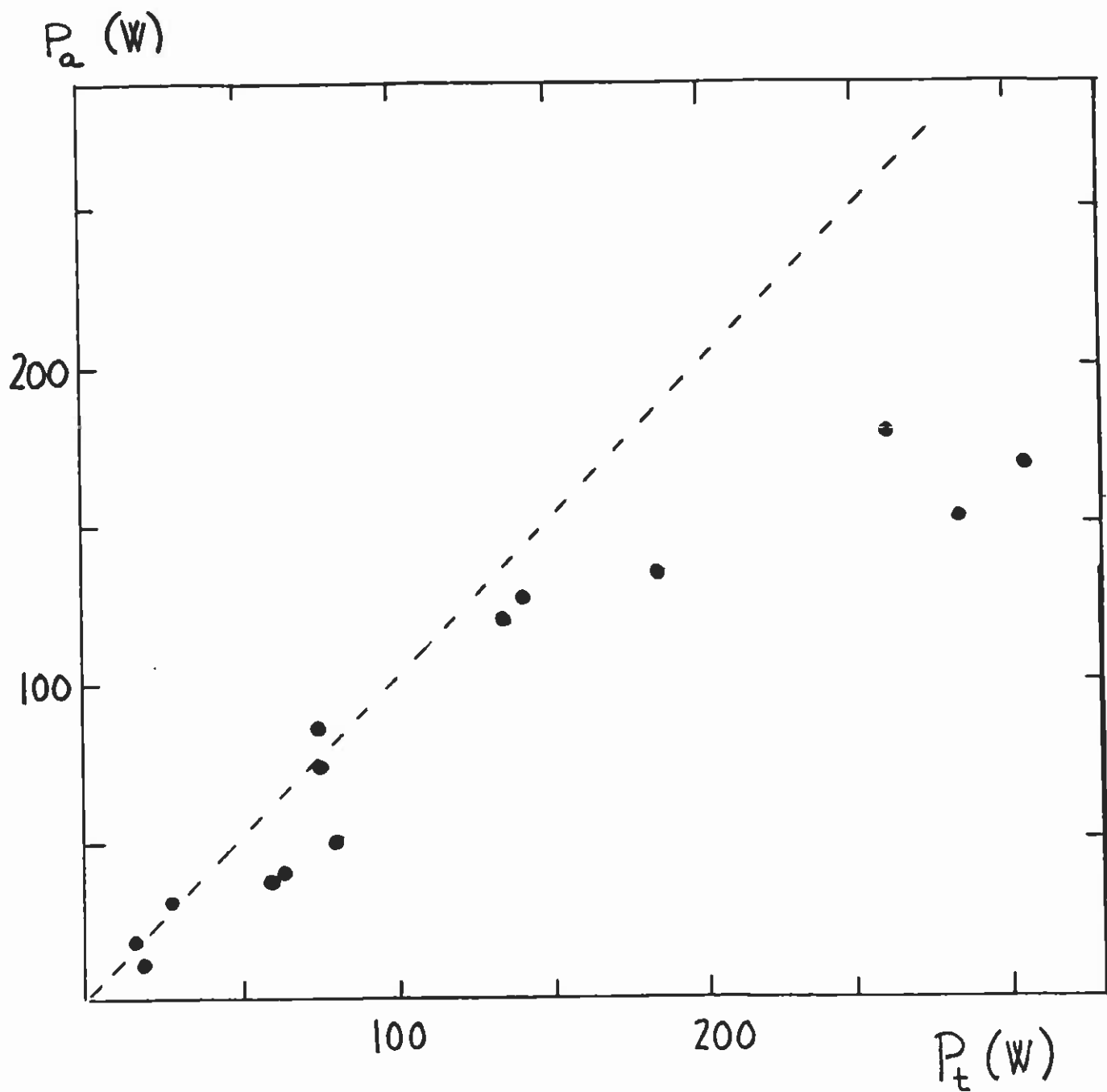


Fig. 3 Absorbert effekt, $P_a = P_p + P_f$, sammenliknet med teoretisk estimat, P_t .

styre bøyen også for bølgeperioder som nærmer seg ned mot bøyens egenperiode. Videre er det observert at bøyen har langt bedre oppretting med en slik styrestrategi sammenliknet med vanlig styring og også sammenliknet med fri bøye. Fig. 4 viser utskrift av detaljer for den alternative styrestrategien. Nivået inne i bøyen (W-LEVEL) er beregnet ved hjelp av numerisk integrasjon på grunnlag av dysekararakteristikken:

$$Q = Q(p_c) = -A_i \dot{x}_i$$

En ser av fig. 4 at det beregnede vannivå ikke svinger om null. Dette skyldes drift på grunn av integrasjonen.

3.3 Sammenlikning av bøyens operasjonsmodi.

For registrering 59, 60 og 61 er det foretatt en sammenlikning mellom bøyens tre operasjonsmodi:

- Styr 1 : Vanlig styrestrategi (Reg. 59)
- Styr 2 : Alternativ styrestrategi (Reg. 60)
- Fast : Fastholdt bøye (Reg. 61)

Fig. 5 viser bøyens utsving for Reg. 59 og 60. Tabell 2 viser en sammenlikning mellom de tre modi. En ser at alternativ styring gir nesten like mye energi som vanlig styring.

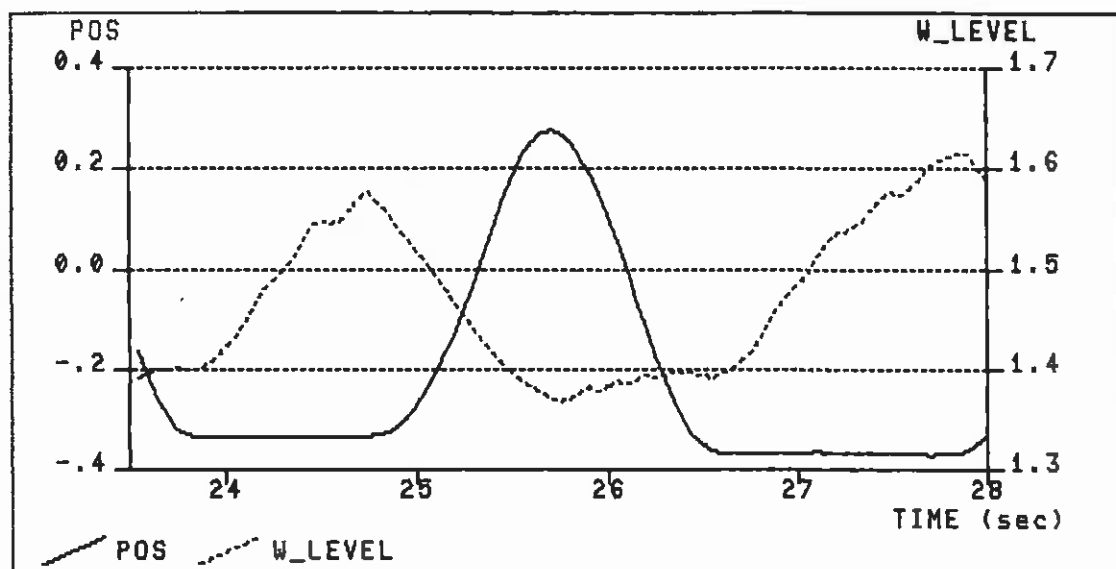
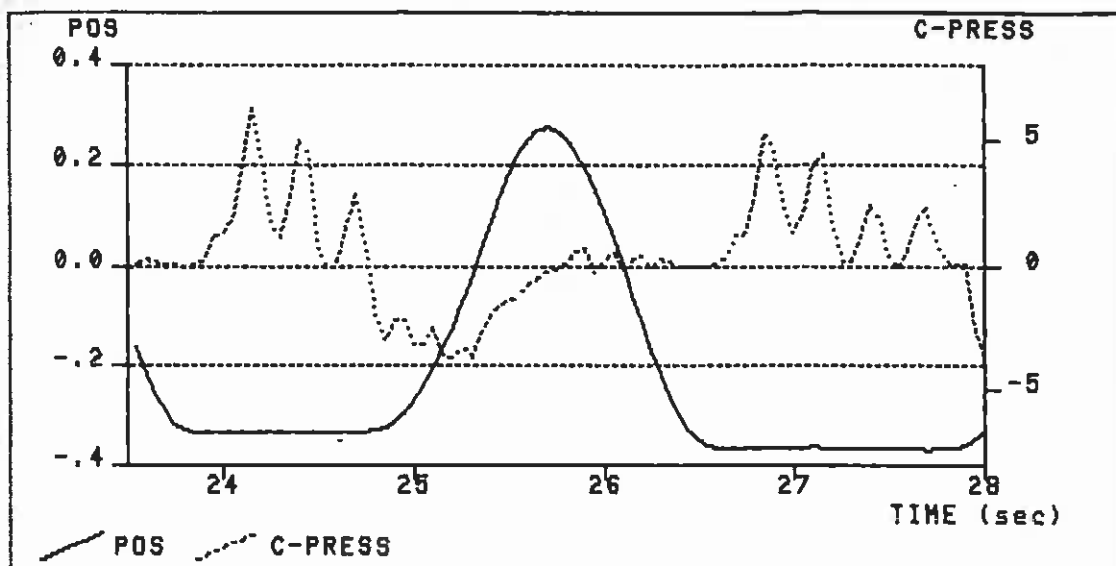


Fig. 4 Utskrift av detaljer for alternativ styrestrategi.

Reg. nr. 67.

POS	:	Bøyeposisjon	[m]
C-PRESS	:	Kammertrykk	[kPa]
W-LEVEL	:	Indre vannivå	[m]
VEL	:	Bøyehastighet	[m]
WAVE-1	:	Bølgetrykk ved klaven	[kPa]
Z-FORCE	:	Kraft i ankerstang	[kN]
P-ENERGY	:	Pneumatisk energi	[kJ]

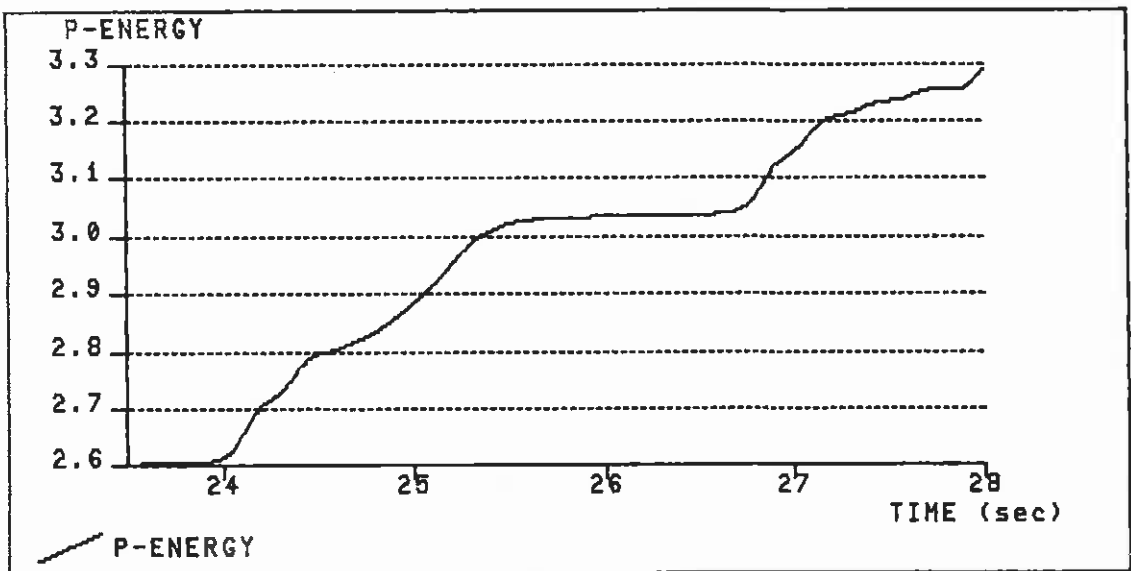
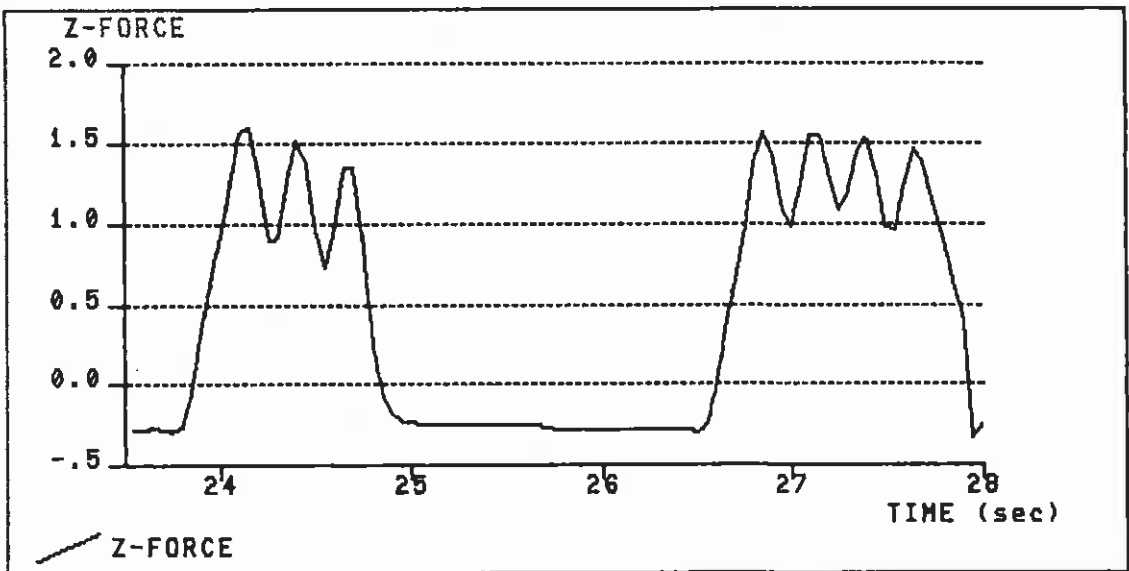
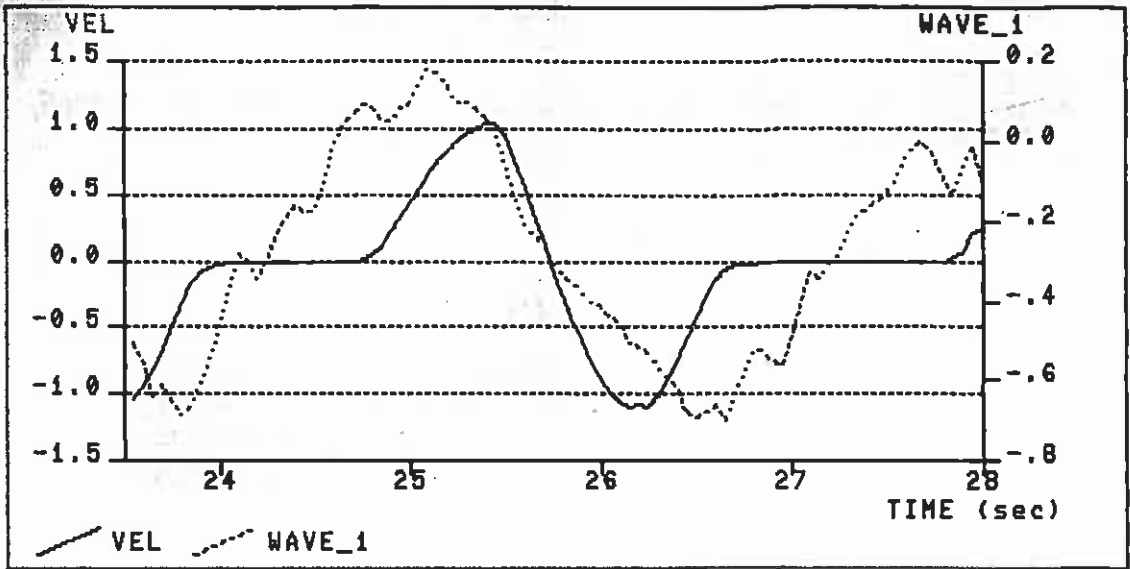


Fig. 4 Fortsettelse.

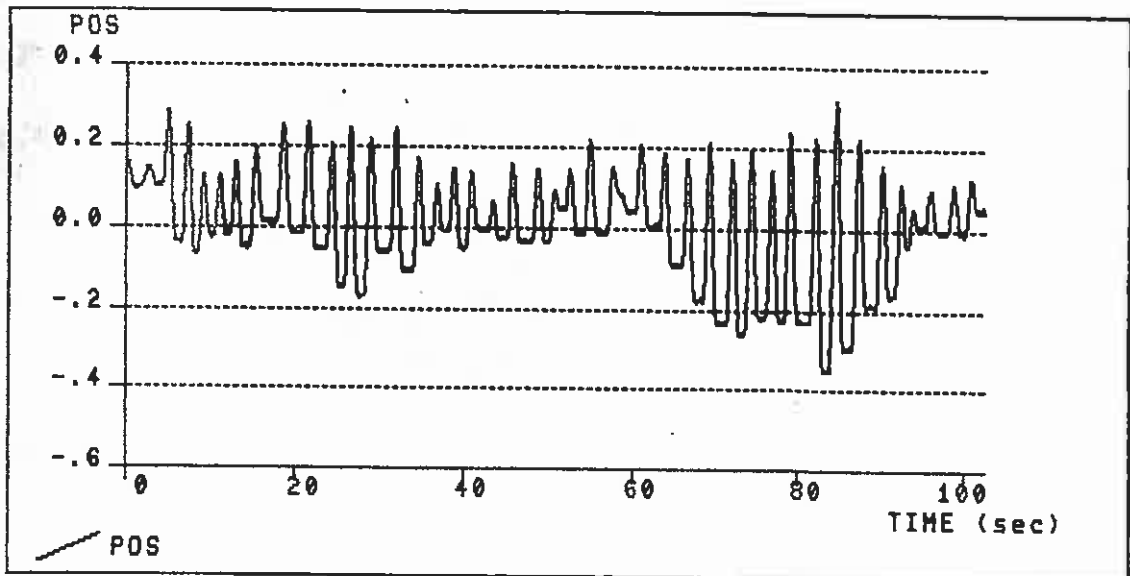
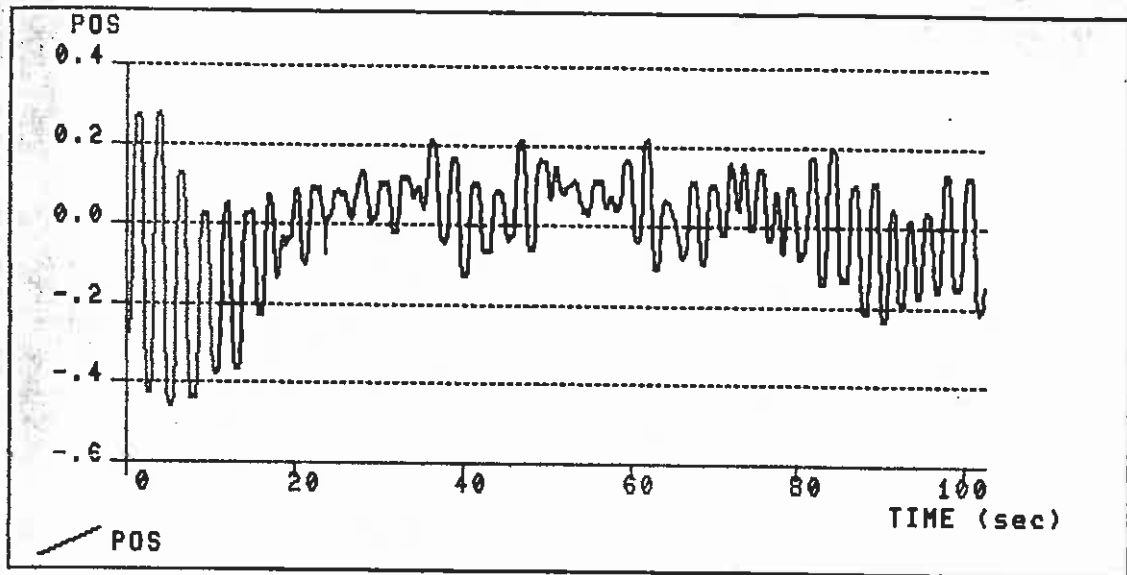


Fig. 5 Bøyebevegelse, Reg. 59 og 60.

Reg.nr.	59	60	61
Mode	Styr-1	Styr-2	Fast
H_s (m)	0.24	0.24	0.22
T_i (s)	2.5	2.5	2.5
p_{in} (W/m)	69	69	58
P_a (W)	18	16	7
P_a/p_{in} (m)	0.26	0.23	0.12

Tabell 2 Effektabsorpsjon for tre forskjellige operasjonsmodi.