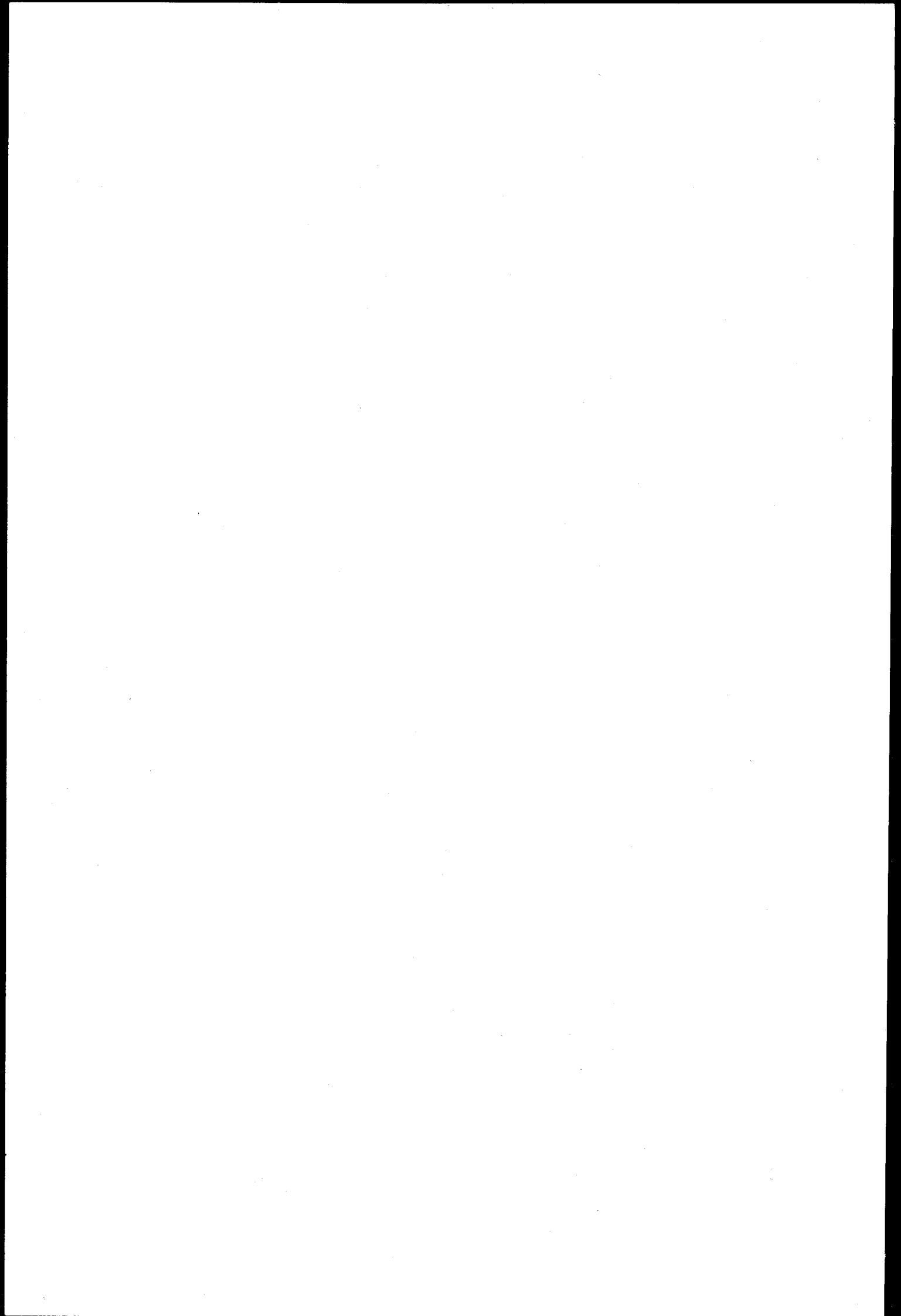


Fagområde:	GEOTEKNIKK BETONGTEKNOLOGI	
Stikkord:	PDA-MÅLINGER KNUSNING AV PELER	
Oppdragsnr.:	7 9 3 2	<i>KOPI</i>
Rapportnr.:	6	
Oppdrags- giver:	STATENS BYGGE- OG EIENDOMSDIREKTORAT STAVANGER LUFTHAVN, SOLA NYTT EKSPEDISJONSBYGG -----	
Oppdrag/ rapport:	PELEANALYSATORMÅLINGER KNUSNING AV PELER	
Dato:	7. desember 1984	
Rapport-utdrag:	<p>Vi har foretatt målinger med peleanalysator på friksjonspeler for å kontrollere pelenes integritet.</p> <p>Videre har vi vurdert årsaken til knusningen ved peletopp.</p> <p>Målingene viser at samtlige undersøkte peler er intakte med unntak av knusningen i toppen.</p> <p>Knusningen ved peletopp synes å skyldes skjevslagning på pelene.</p>	
Land/Fylke:	ROGALAND	Oppdragsansvarlig:
Kommune:	SOLA	O. Kr. Sande
Sted:	STAVANGER LUFTHAVN	Saksbehandler:
Kartblad:	1212 IV	H. Haugerud/A. Christophersen/ågm
		UTM-koordinater: 32V 3059 65321



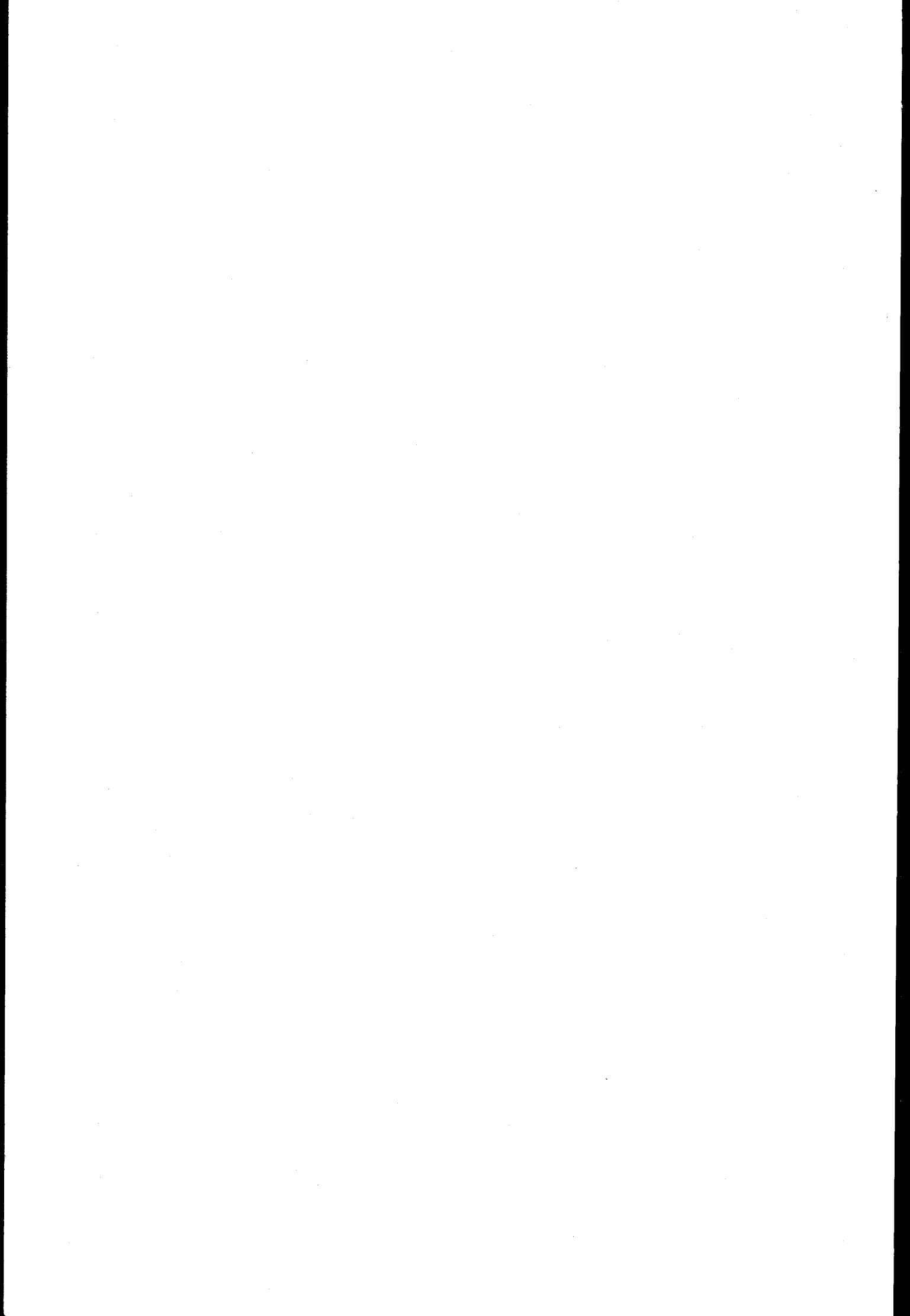
INNHALDSFORTEGNELSE:

1. INNLEDNING	side	3
2. MÅLINGER MED PELEANALYSATOR (PDA-MÅLINGER)	side	3
3. RESULTAT	side	4
3.1 Integritet	side	5
3.2 Rammeenergi, virkningsgrad	side	5
3.3 Skjevslagning	side	6
3.4 Pelegruppe i aksekryss K-112	side	6
4. KNUSNING AV PELER	side	6
5. KONKLUSJON	side	8

TEGNINGER:

7932-1100 t.o.m.
-1111

Kraft- og hastighetskurver fra
PDA-målinger



1. INNLEDNING

Statens Bygge- og Eiendomsdirektorat oppfører nytt ekspedisjonsbygg ved Stavanger Lufthavn, Sola.

Arkitekten for bygget er AROS A/S. Rådgivende ingeniører i byggeteknikk er Multiconsult, Stavanger A/S. Byggeledelsen blir utført av firma Siviling. Arne Rettedal.

Vårt firma har som rådgivende ingeniører i geoteknikk utført grunnundersøkelser, forestått prøvebelastning av peler og utarbeidet geotekniske rapporter for planlegging og utførelse av grunn- og fundamenteringsarbeider for bygget. Vi er videre engasjert til å følge opp pelearbeidene.

Nedrammingen av enkelte peler har medført knusning av betongen nær peletopp, kfr. vårt brev av 31.10.84 hvor hendelsesforløpet er nærmere beskrevet.

På enkelte av pelene er det videre registrert uregelmessig synkning ved nedramming som kunne skyldes brekkasje på den nedrammede del av pelene.

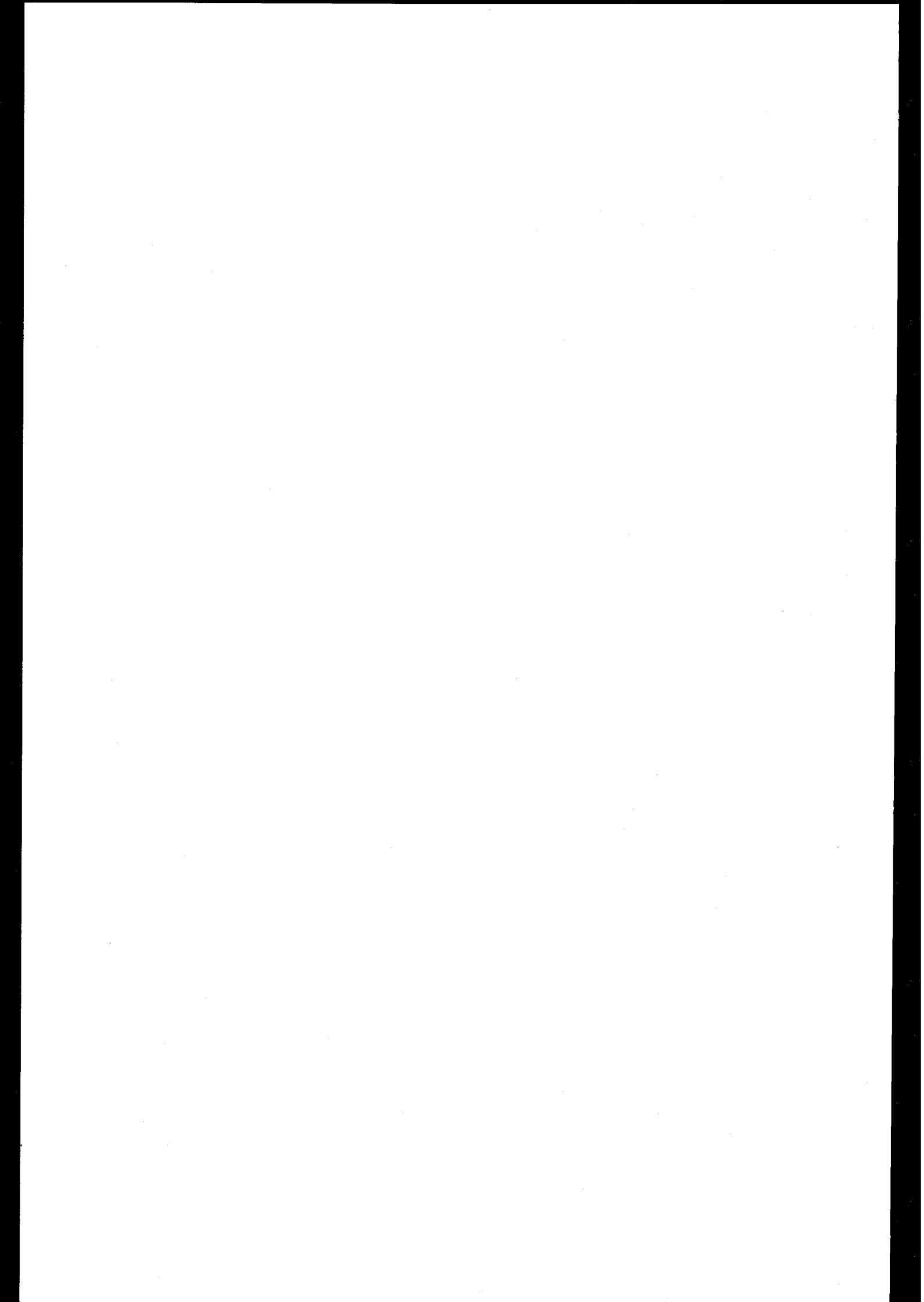
Et par peler har også trukket seg skjevt ved nedramming. Dette kan skyldes skrens mot stein i massene med medfølgende risiko for brekkasje.

Ut fra ovenstående ble det besluttet å foreta målinger med peleanalysator med primær hensikt å undersøke om det var brudd i de tvilsomme pelene.

2. MÅLINGER MED PELEANALYSATOR (PDA-MÅLINGER)

PDA-målinger utføres under ramming av pelene og foretas ved hjelp av to deformasjonsmålere og akselerometere montert på motstående sider på pelen. Målerne er tilknyttet peleanalysatoren, en spolebåndspiller, et oscilloskop og en plotter.

Deformasjons- og akselerasjonsmålingene bearbeides i analysatoren ved hjelp av et innlagt beregningsprogram. Oscilloskopet og plotteren benyttes til fortløpende vurdering av målingene mens båndopptak av signalene muliggjør gjentatt bearbeiding og tolkning av resultatene.



Målingene gir mulighet for å beregne bl.a. tilført energi (og derved peleriggens virkningsgrad) og pelens bæreevne. Ved studie av bølgeforplantning kan også diskontinuiteter (brudd) i pelen påvises ved at dette gir en reflektert bølge. Størrelsen på den reflekterte bølge gir mulighet for å anslå hvor stor del av tverrsnittet som har brudd. Videre kan bruddstedet bestemmes ut fra måling av bølgens gangtid.

Det ble planlagt å utføre en dags målinger (06.11.84) på flest mulig av pelene som oppgitt i brev fra Siviling. Arne Rettedal datert 05.11.84.

Pelene som benyttes for prosjektet har kvadratisk tverrsnitt med areal $0,0552 \text{ m}^2$ og sidekanter $0,235 \text{ m}$. Pelene er dimensjonert med en betongkvalitet på C55 og har lengdearmoring av $4 \phi 20 \text{ mm}$ og stålqualitet Ks 60 i henhold til beskrivelse. Pelene er utstyrt med Hercules skjot og har en total lengde på 35 m . Øvre 8 m av pelene er påsmurt bitumen.

Pelene rammes med beltegående rammerigg av type Akermann H12 Banut, med hydraulisk 40 kN fallodd montert på stillbar føring. Rammingen utføres av Trygve Benjaminsen A/S, Moss.

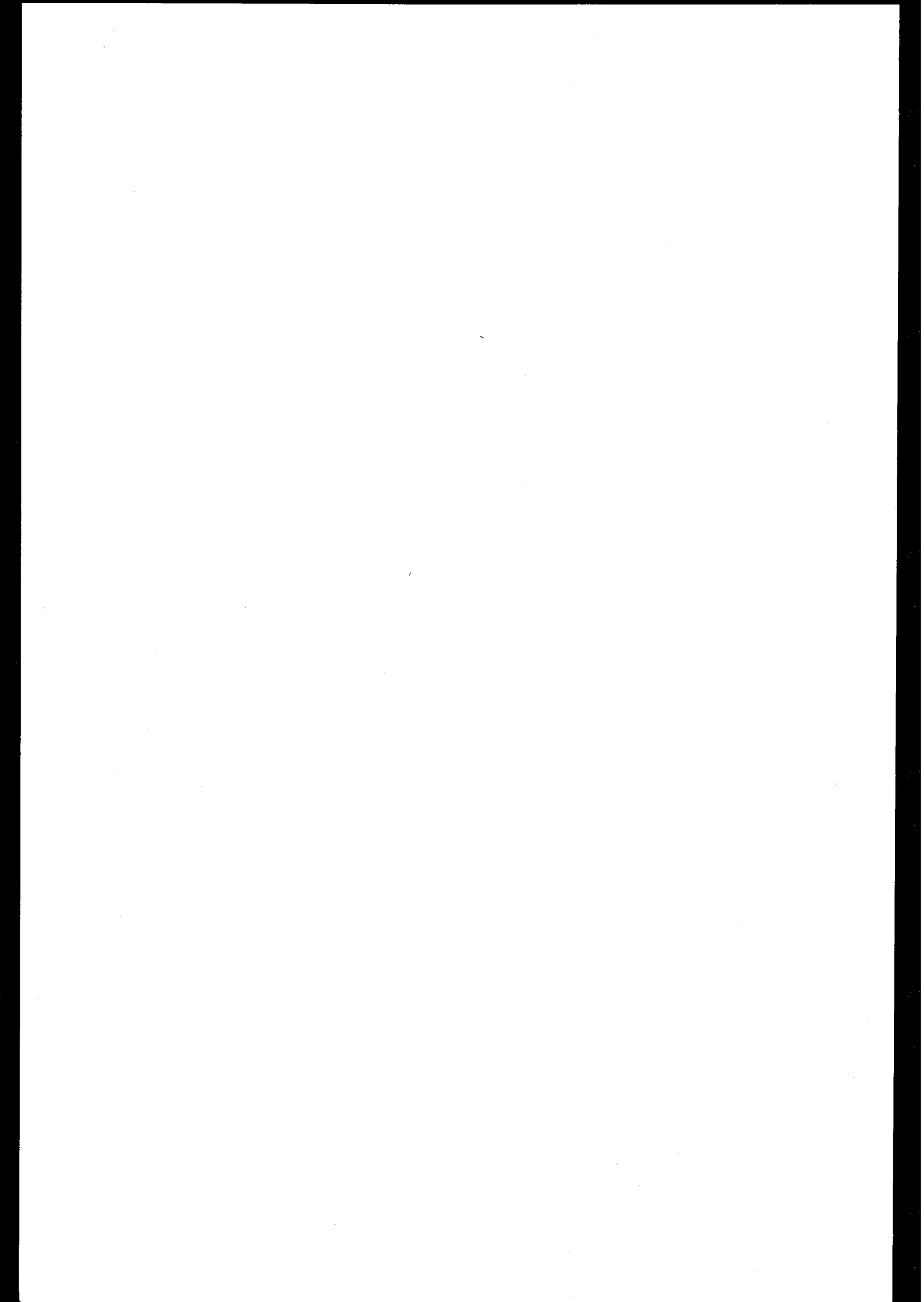
Som følge av knusningen i toppen var det ikke mulig å foreta måling på alle planlagte peler. Måling er utført på peler nr. 12, 14, 15, 17, 19, 22, 25, 136, 139, 141 og på to intakte referansepeler henholdsvis Pl7 og Pl8.

Under måling med ovennevnte rigg ble det gjentatte ganger registrert forskjell i krafttilførsel for de to målerne. En foreløpig tolkning av resultater på byggeplassen ble utført og det ble antatt at den målte kraftforskjell skyldtes skjevslagning på pelene. Videre viste de foreløpige resultater at tilført energi var lavere enn forventet.

For å ivareta fremdriften av pelearbeidene ble det 07.11.84 mobilisert ytterligere en pelerigg av type Banut med 50 kN fallodd, fra Norsk Spennbetong A/S. Det ble besluttet å foreta nye målinger med denne riggen på enkelte tidligere målte peler for sammenlikning med resultater fra 1. gangs måling.

3. RESULTATER

Resultatet av målingene er vist på vedlagte tegninger nr. 7932-1100 t.o.m. -1111. Tegningene viser støtbølgens kraftkurve og hastighetskurve som funksjon av tid for et representativt slag på hver pel. Videre er data angående pelelengde gitt.



3.1 Integritet

På enkelte av kurvene er det synlig små strekkreflekser i en dybde tilsvarende første peleskjøt. Disse refleksene antar vi skyldes slark i peleskjøtene. Målingene viser ingen skader på pelene. Pelene som det ikke var mulig å utføre målinger på har omtrentlig tilsvarende rammeforløp som de målte pelene. Vi vil med bakgrunn i de utførte målinger anta at også disse pelene er intakte. Vi finner derfor at peler nr. 12, 13, 14, 15, 17, 18, 19, 20, 25, 126, 136, 140 og 141 er funksjonsdyktige.

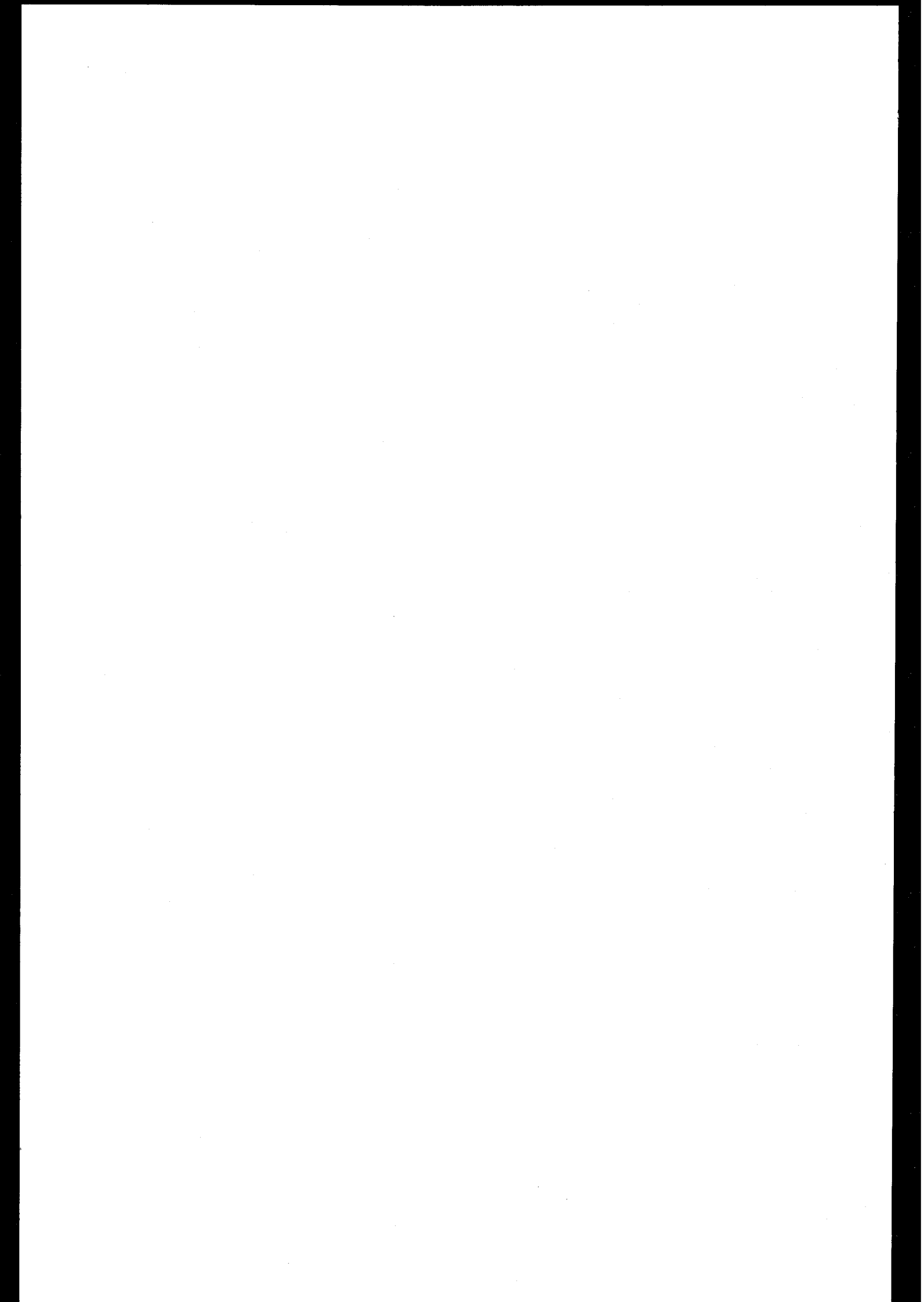
3.2 Rammeenergi, virkningsgrad

På samtlige sett kraft/hastighetskurver fremgår det at kraftkurven fortsetter å stige etter at støtbølgen passerer målepunktet, samtidig som hastighetskurven faller raskt. Dette skyldes trolig trykkreflekser som følge av stor sidefriksjon langs den øvre delen av pelene. Bitumenlaget eliminerer således ikke sidefriksjonen ved hurtig sjokkartet lastpåføring.

Støtbølgen vil ha en viss utstrekning, og ved tidlige trykkreflekser vil den siste delen av støtbølgen overlages av reflekser fra den første delen av støtbølgen. Den målte kraftkurven gir summen av påført og reflektert støt. Det er ikke mulig å skille disse støtene når bølgene virker samtidig i måleområdet. Tidlige trykkreflekser medfører derfor at tilført energi til peletopp ikke kan måles eksakt, og dermed heller ikke utstyrets virkningsgrad.

Standard beregningsprosedyre som er innlagt i peleanalysatoren beregner tilført energi som integralet av kraftkurven over det tidsrom hvor pelen har nedadrettet bevegelse. Siste del av støtet hvor den reflekterte bølge er størst og gir oppadrettet hastighet vil dermed ikke komme med. Følgelig angir analysatoren for liten tilført energi og dermed for lav virkningsgrad.

Målingene er gjort på peler som har stått i ro min. 2-3 uker etter ramming. Den registrerte sidefriksjonen skyldes således i noen grad konsolidering av massene rundt pelen og må påregnes å være høyere enn motstanden ved nedramming.



3.3 Skjevslagning

For nesten samtlige peler viste målingene skjevslagning ved ramming med 40 kN loddet.

Målt skjevslagning kan skyldes sprekker i betongen i måleområdet. Imidlertid ble samme skjevslagning registrert ved ramming på intakte referansepeler.

3.4 Pelegruppe i aksekryss K-112

Pelegruppen består av 5 peler (nr. 21, 22, 23, 24, 25) hvorav 4 peler (21-24) har stoppet opptil 5-6 m over prosjektert rammenivå. Disse er knust i toppen. Pelene kan ha stoppet i faste masser eller som følge av at tilført energi til pele-spiss under ramming var lav på grunn av knusningen.

Etter avtale skulle entreprenøren kappe pelene for å muliggjøre videre nedramming. Etter ramming til terrengnivå var det forutsatt å kontrollere pelenes integritet ved hjelp av peleanalysatoren. Pelene ble ikke kappet, og som følge av knusningen var det derfor ikke mulig å foreta måling på flere enn 2 peler (nr. 22 og nr. 25).

Målingene viser at peler nr. 22 og 25 er intakte.

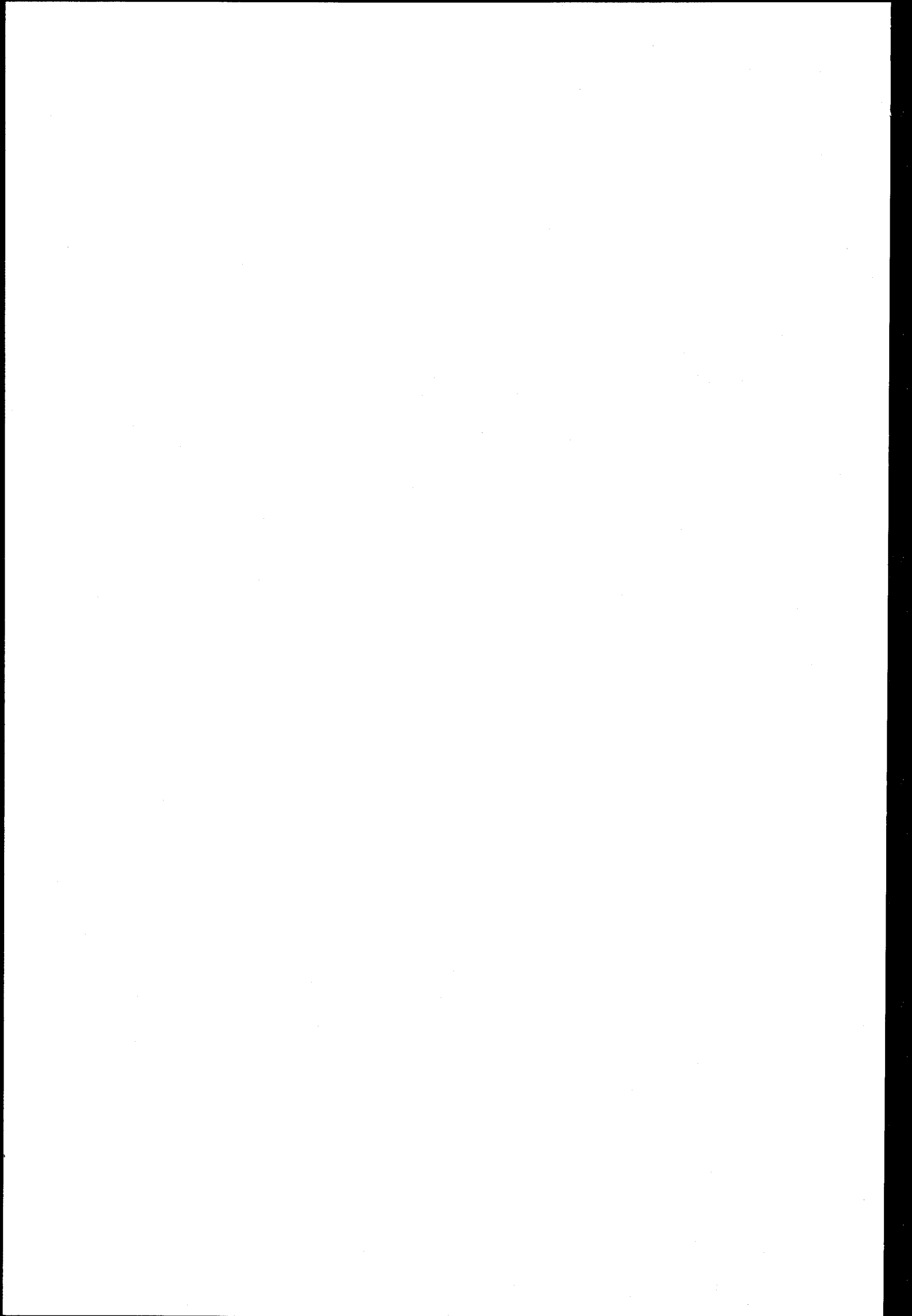
For pel nr. 22 ble det videre målt tilstrekkelig bæreevne (etter korreksjon for trykkreflekser i øvre lag). Deler av den målte bæreevne skyldes imidlertid mobilisert friksjon i sandlaget. Pelenes bæreevne for statisk last vil dermed være mindre, og er følgelig ikke påvist å være tilstrekkelig.

Som følge av den for korte nedrammingsdybde står deler av pelene 21 t.o.m. 24 uten bitumensmurt overflate i sandlaget. Dette medfører risiko for økede vedhengskrefter. Den reduserte nedrammingsdybde fører videre til endrede last/deformasjonsforhold sammenlignet med de øvrige peler.

Vi finner ut fra ovenstående at pelene 21 t.o.m. 24 må vrakes.

4. KNUSNING AV PELER

Som angitt i vårt brev av 31.10.84 har vi foretatt utboring av kjerner i 2 peler for trykkprøving i vårt laboratorium. Trykkprøving viste fastheter på 31,5 MPa til 42,9 MPa. Vi har også foretatt trykking av prøver som har hatt samme herdebetingelser som pelene. Resultatet viser fastheter fra 42,8 MPa til 55,9 MPa etter 7-14 døgns herding.



For beregning av maksimal fallhøyde har vi tatt utgangspunkt i den laveste målte betongfasthet (32,5 MPa). I følge bølgeforplantningsteorien vil maksimal fallhøyde for denne betongfasthet være 0,20 m ved ramming i masser hvor pelen møter motstand. Imidlertid skal fallhøyden (tilført energi) i henhold til vår rammeinstruks reduseres ved ramming i faste lag, da stadig gjentatte maksimale spenninger vil kunne føre til utmatning av pelene. Entreprenøren har stort sett benyttet fallhøyde på 20 cm ved ramming i faste lag for peler som er knust.

En forutsetning for at pelene skal motstå gjentatte høye belastninger er at slagene påføres sentrisk på pelene. Selv små skjevslagninger kan føre til spenningskonsentrasjoner som overskrider betongfastheten og følgelig fører til knusning av pelen. Nøyaktig justering av riggens tårn i forhold til pelens lengderetning er følgelig en betingelse for å unngå skjevslagning og overramming av pelen.

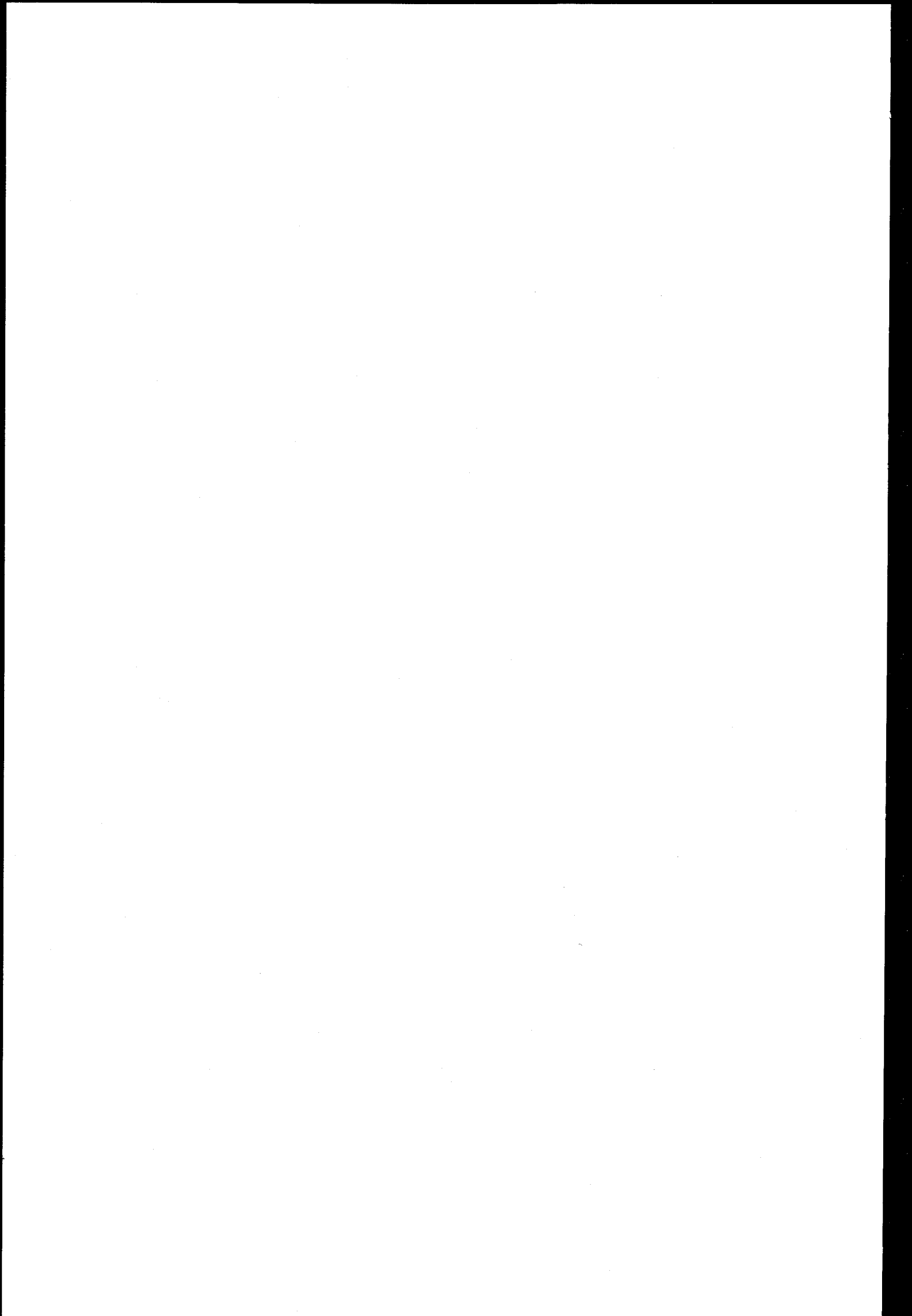
Toppskjøten på enkelte av de knuste pelene er skjeve. Dette indikerer at pelen har blitt påført skjeve slag.

Knusning av peler vil medføre at en stor del av tilført energi tapes i bruddsonen og gjenværende energi for neddrivning av pelen blir dermed redusert. Synkningen pr. slag vil følgelig avta uten at dette skyldes økende fasthet i massene.

Pr. dato er ytterligere 4 peler knust i toppen hvorav peleprotokollene for 3 peler viser liten synk ved knusning. For en av disse pelene (pel nr. 252) er det ikke registrert ramming med liten synk. Pelen har brudd på motstående sider i form av 2 ca. 0,5 m lange avskallinger inn til lengdearmeringen. Videre er det registrert diagonalt brudd nedover i pelen. Bruddet kan tyde på overramming som følge av skjevslagning eller eventuell materialfeil i pelen.

Vi har ved tilstedeværelse ved rammingen ikke kunnet påvise direkte årsaker til knusning med unntak av påsveiste føringsstykker på innsiden av slagheten som umiddelbart ble rettet, kfr. vårt brev av 31.10.84. Forøvrig har ingen peler knust ved vår eller byggeleders tilstedeværelse på byggeplassen.

Pelearbeidene blir utført av to pelemaskiner. Sist ankomne pelerigg har pr. dato ingen knuste peler. Pelemaskin med 40 kN lodd blir betjent av to mannskapsskift. Hittil har det for et av skiftene heller ikke forekommet knusning.




5. KONKLUSJON

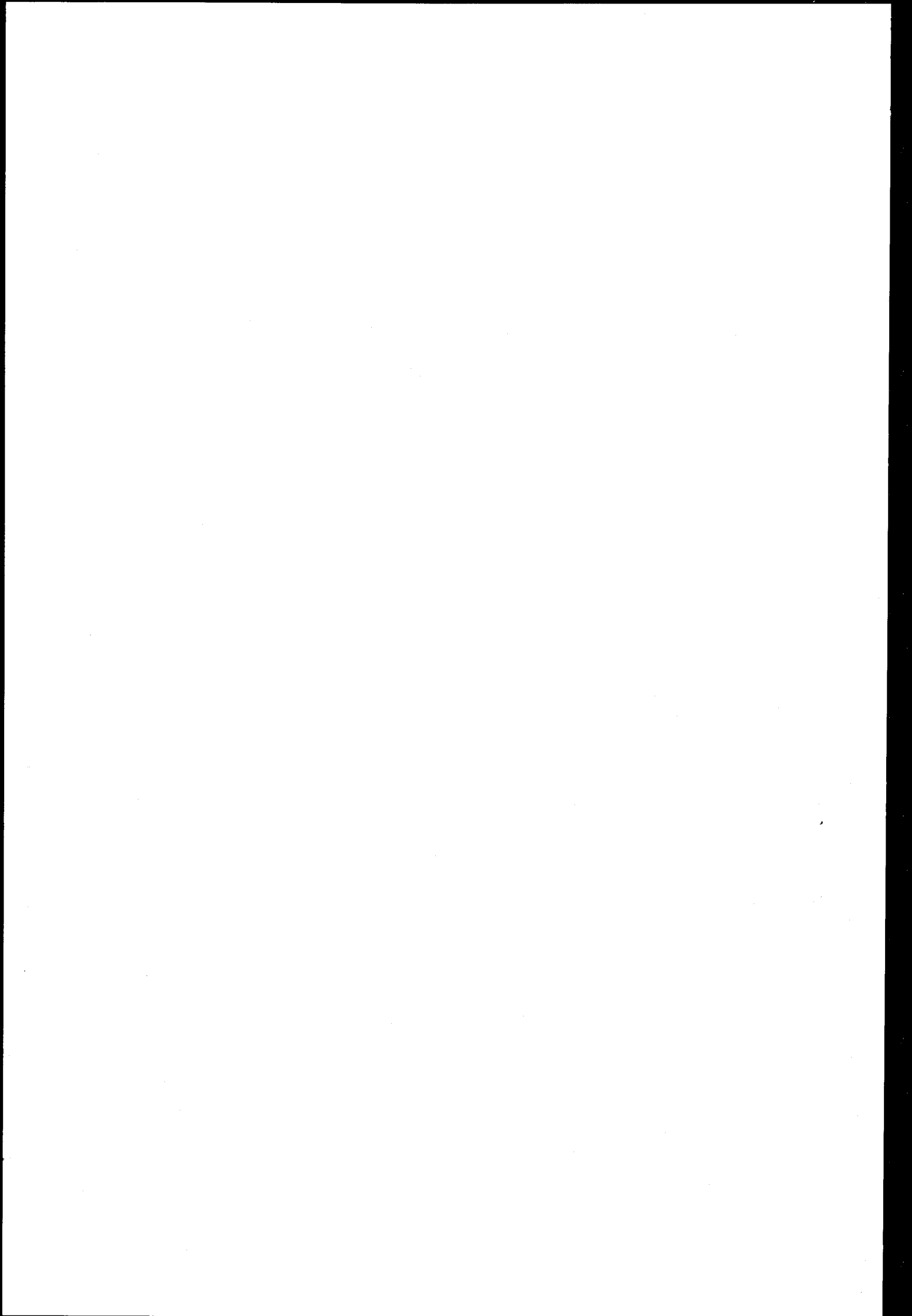
Alle peler som vi har foretatt PDA-målinger på er intakte og kan benyttes såfremt pelene er rammet til prosjektert nivå.

Ut fra foreliggende data vil vi anta at knusningen av peletopp skyldes utførelsen av pelearbeidene.

NOTEBY
NORSK TEKNISK BYGGEKONTROLL A/S


O. Kr. Sande


A. Christophersen



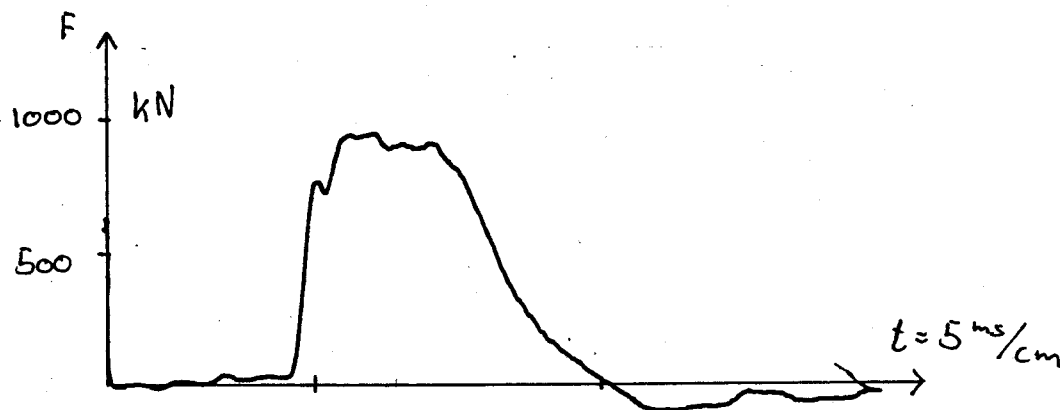
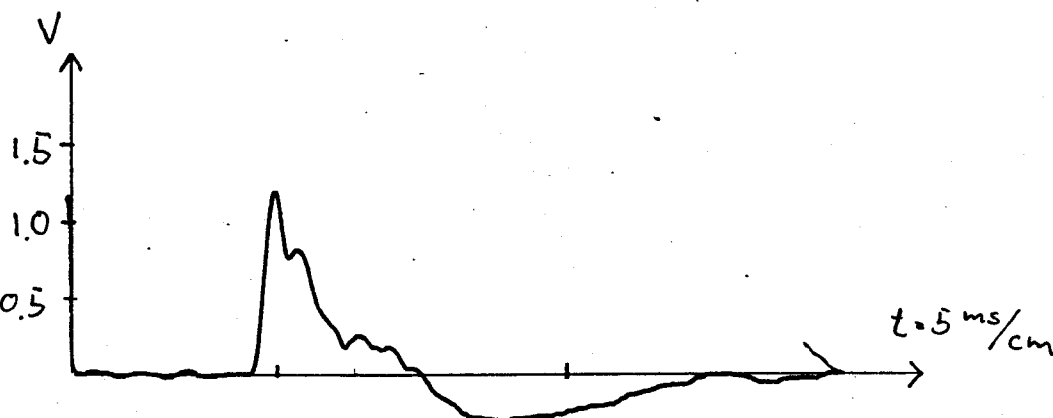
NOTEBYNORSK TEKNISK
BYGGEKONTROLL A.S

SAK:

STAVANGER LUFTHAVN, SOLA

SIDE:

1 av 1

ANG.: Peleanalysatormålinger. Pel nr. 12Kraft-
kurve:Hastighets-
kurve:Pelelengde totalt: 35 mMålelengde (2L/C): 34.4 mPelelengde i jord: 34.0 m

Fra utskrift:

Kraft: 780 kNEnergi: 3.7 kNmBæreevne: kNLoddtype: BanutLoddvekt: 40 kNFallhøyde: 0.35 mVirkningsgrad:

BEREGN.

KONTR.

TEGNET

DATO

MÅL

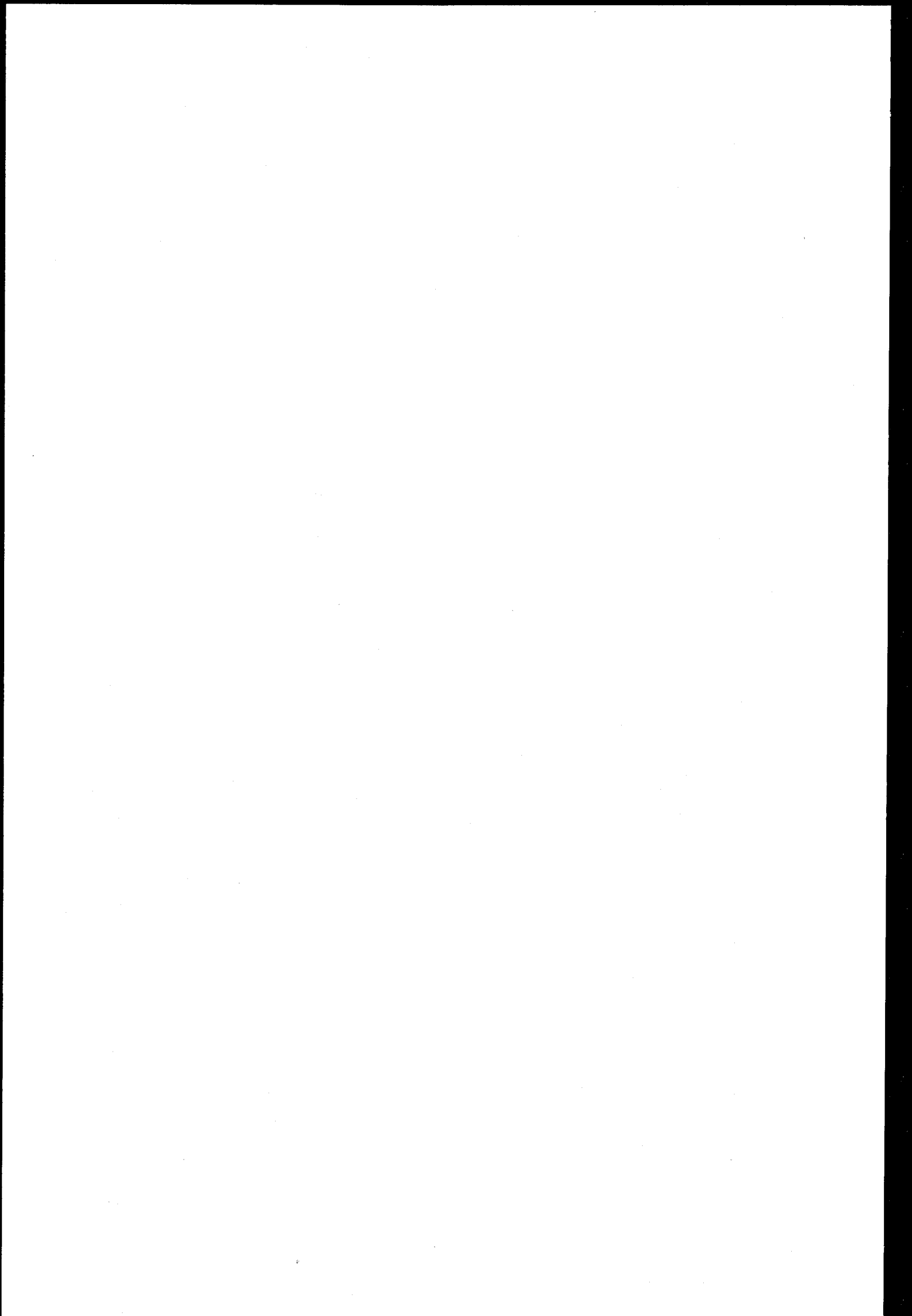
SAK NR.

7932

TEGN. NR.

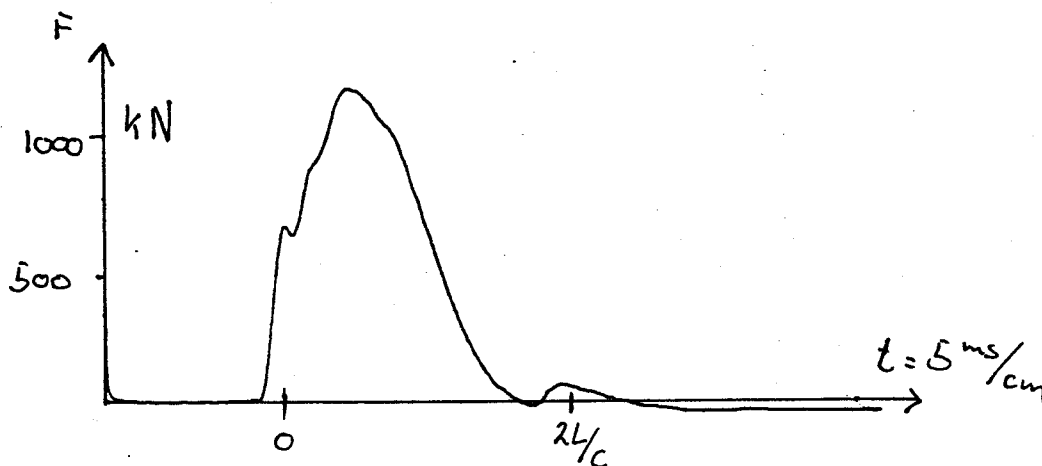
1100

REV.

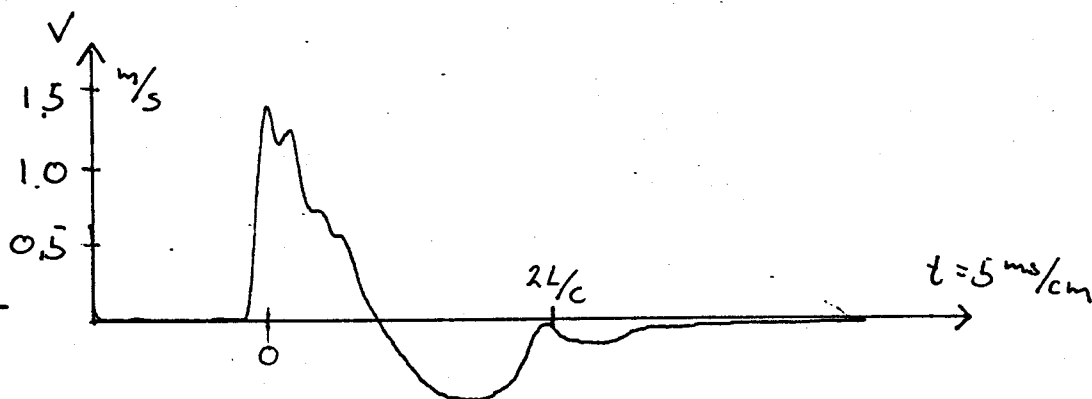


ANG.: Peleanalysatormålinger. Pel nr. 14

Kraft-
kurve:



Hastighets-
kurve:



Pelelengde totalt: 35.0 m
Målelengde (2L/C): 34.4 m
Pelelengde i jord: 34 m

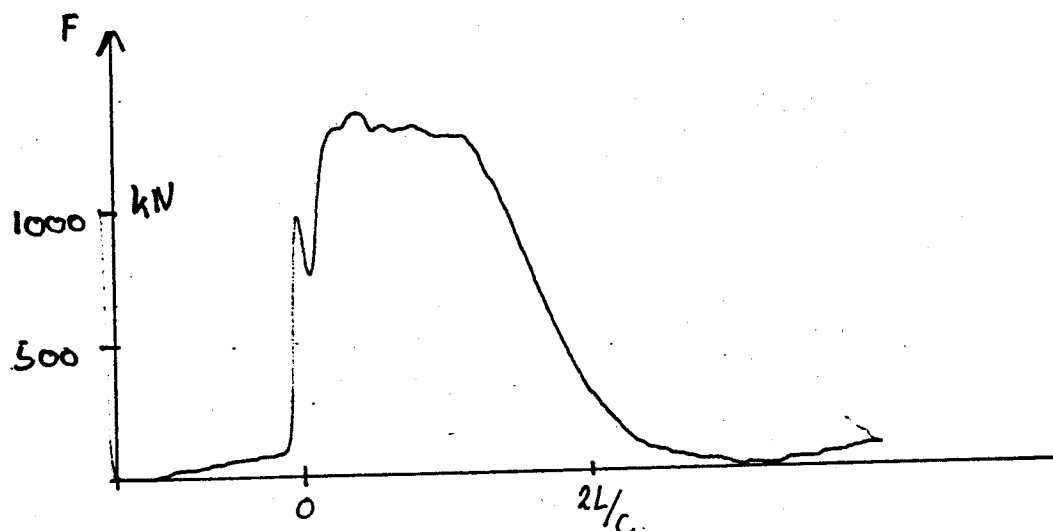
Fra utskrift:

Kraft: 660 kN
Energi: 4.9 kNm
Bæreevne: kN

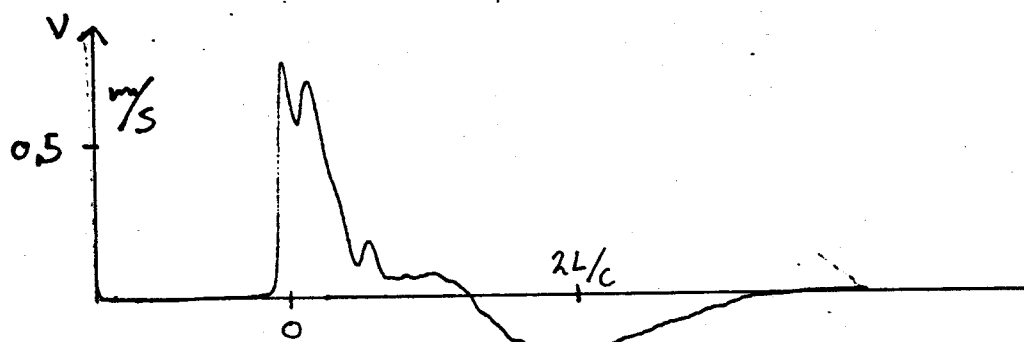
Loddtype: Banutt
Loddvekt: 40 kN
Fallhøyde: ~0.3 m
Virkningsgrad:

ANG.: Peleanalysatormålinger. Pel nr. 15

Kraft-
kurve:



Hastighets-
kurve:

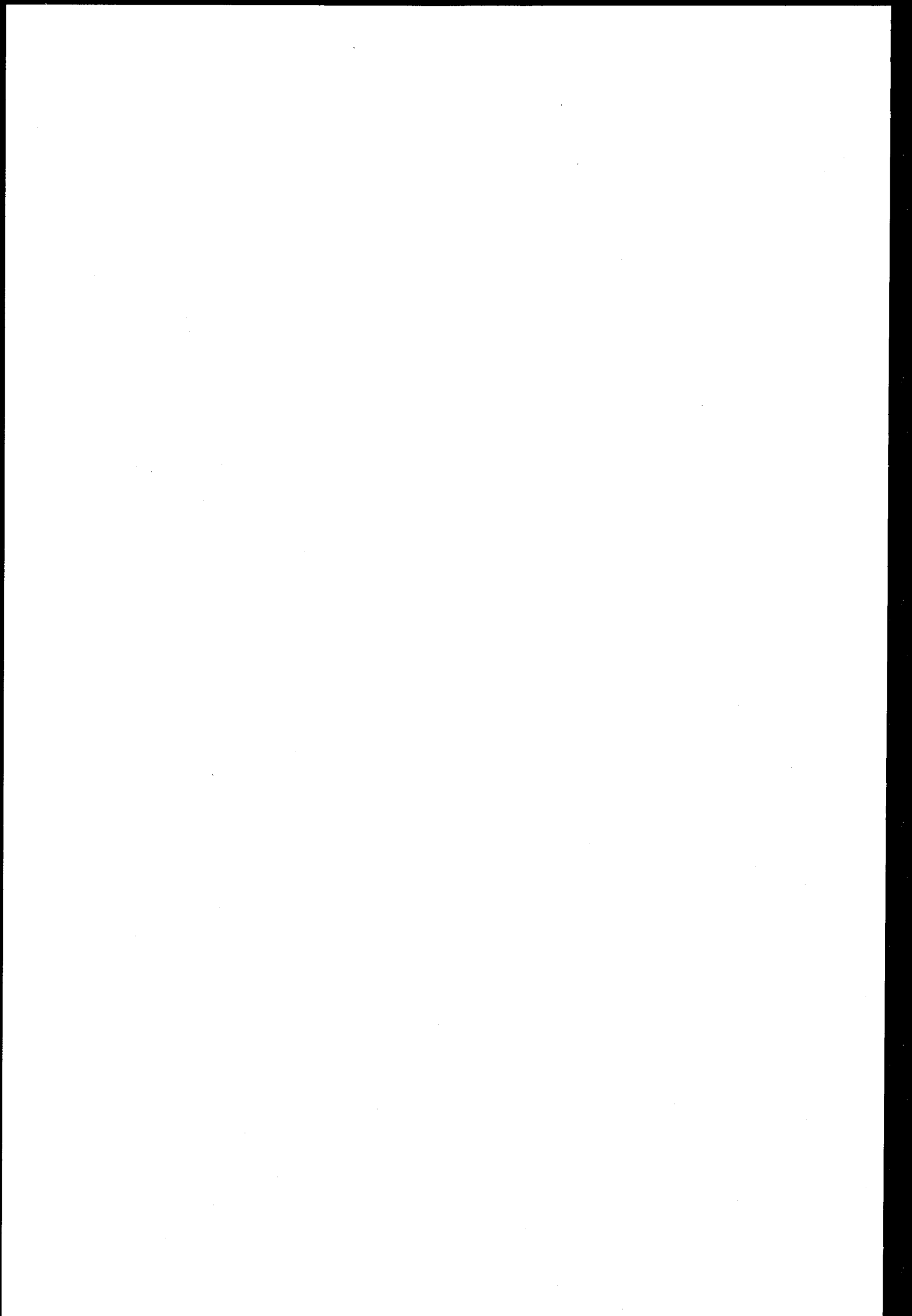


Pelelengde totalt: 35 m
Målelengde (2L/C): 34.4 m
Pelelengde i jord: 34 m

Loddtype: Bannet
Loddvekt: 40 kN
Fallhøyde: 0.35-0.4 m
Virkningsgrad:

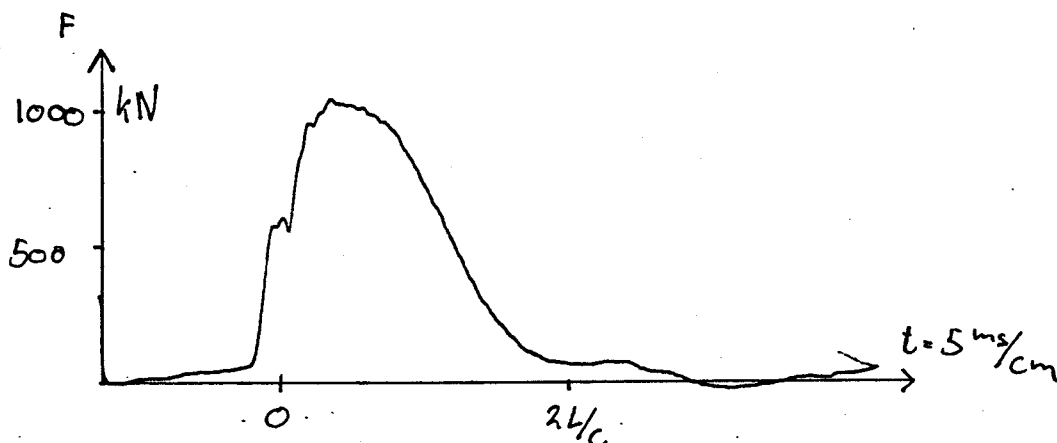
Fra utskrift:

Kraft: 890 kN
Energi: 6.3 kNm
Bæreevne: kN

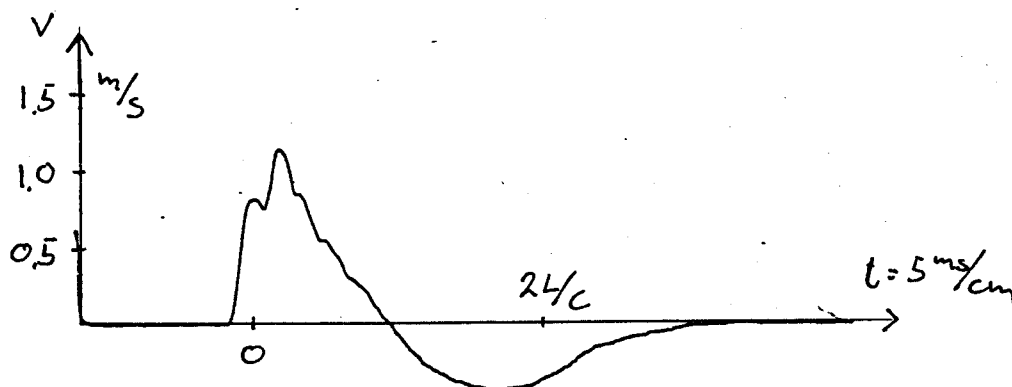


ANG.: Peleanalysatormålinger. Pel nr. 17

Kraft-
kurve:



Hastighets-
kurve:



Pelelengde totalt: 35 m

Målelengde (2L/C): 34.4 m

Pelelengde i jord: 34 m

Fra utskrift:

Kraft: 620 kN

Energi: 4.9 kNm

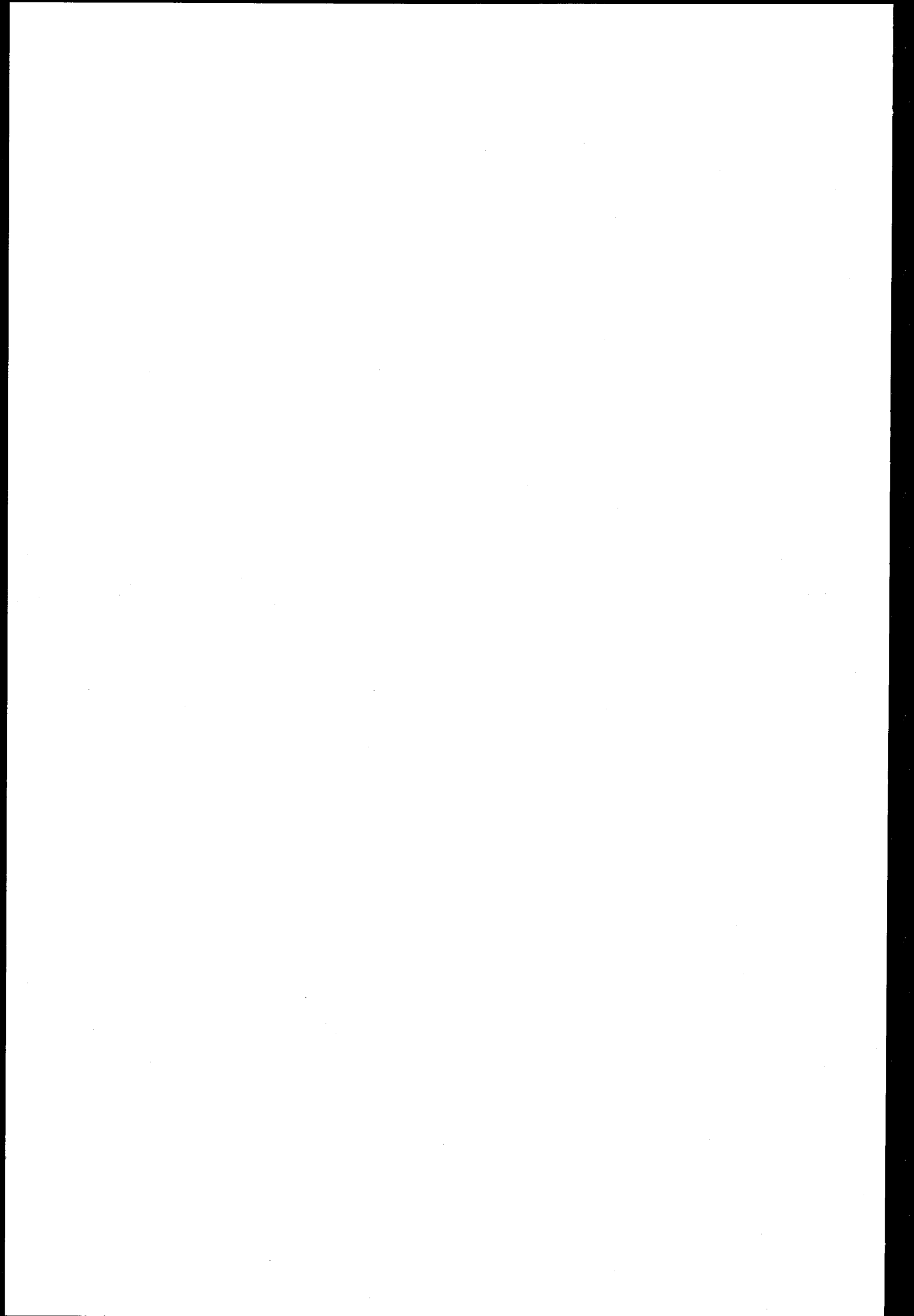
Bæreevne: kN

Loddtype: Banet

Loddvekt: 40 kN

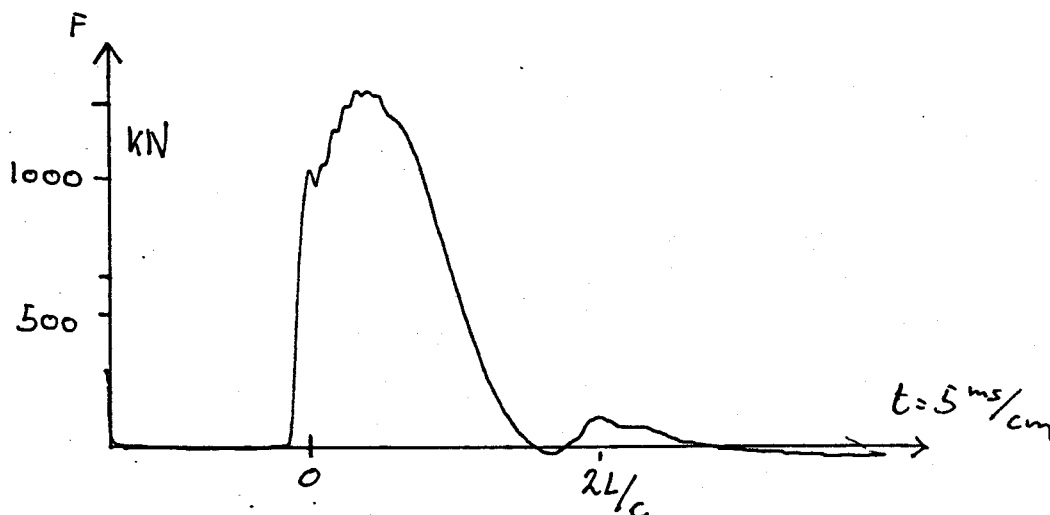
Fallhøyde: ~0.3 m

Virkningsgrad:

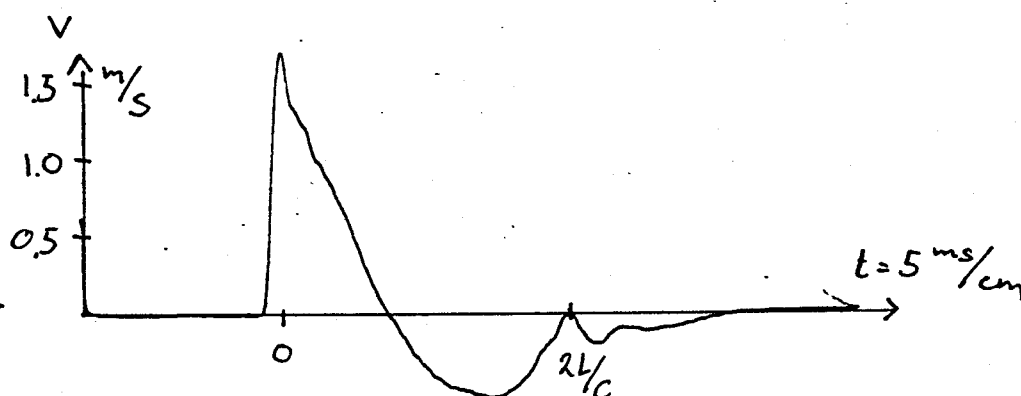


ANG.: Peleanalysatormålinger. Pel nr. 19

Kraft-
kurve:



Hastighets-
kurve:



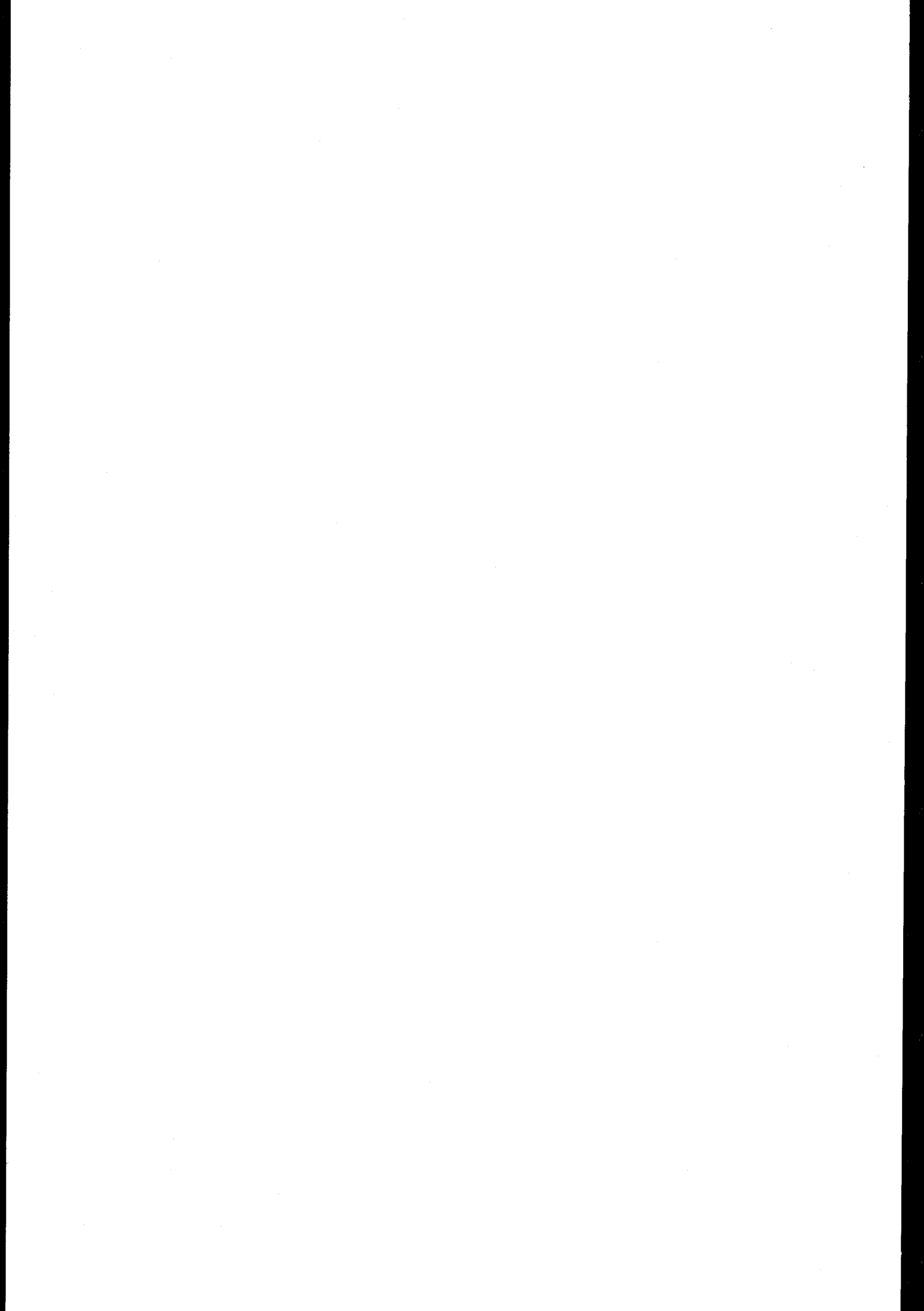
Pelelengde totalt: 35 m
Målelengde (2L/C): 34,4 m
Pelelengde i jord: 34 m

Loddtype: Banutt
Loddvekt: 40 kN
Fallhøyde: ~0,3 m
Virkningsgrad: _____

Fra utskrift:

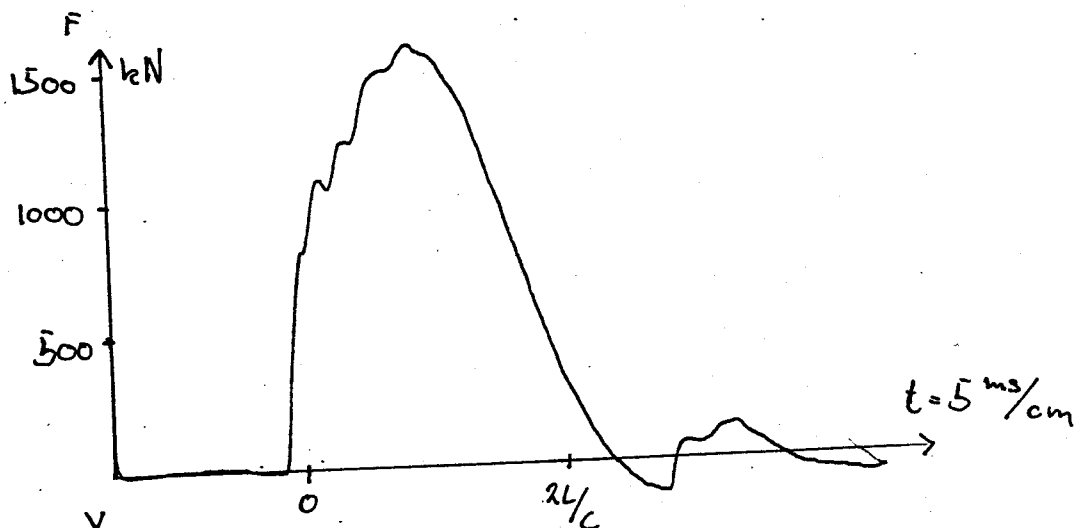
Kraft: 1050 kN
Energi: 7,1 kNm
Bæreevne: _____ kN

BEREGN.	KONTR.	TEGNET	DATO	MÅL	SAK NR.	TEGN. NR.	REV.
					7932	1104	

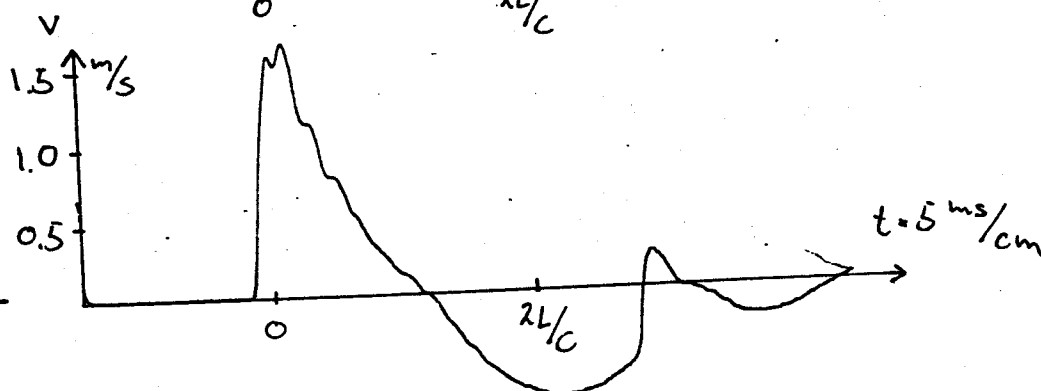


ANG.: Peleanalysatormålinger. Pel nr. 22

Kraft-
kurve:



Hastighets-
kurve:

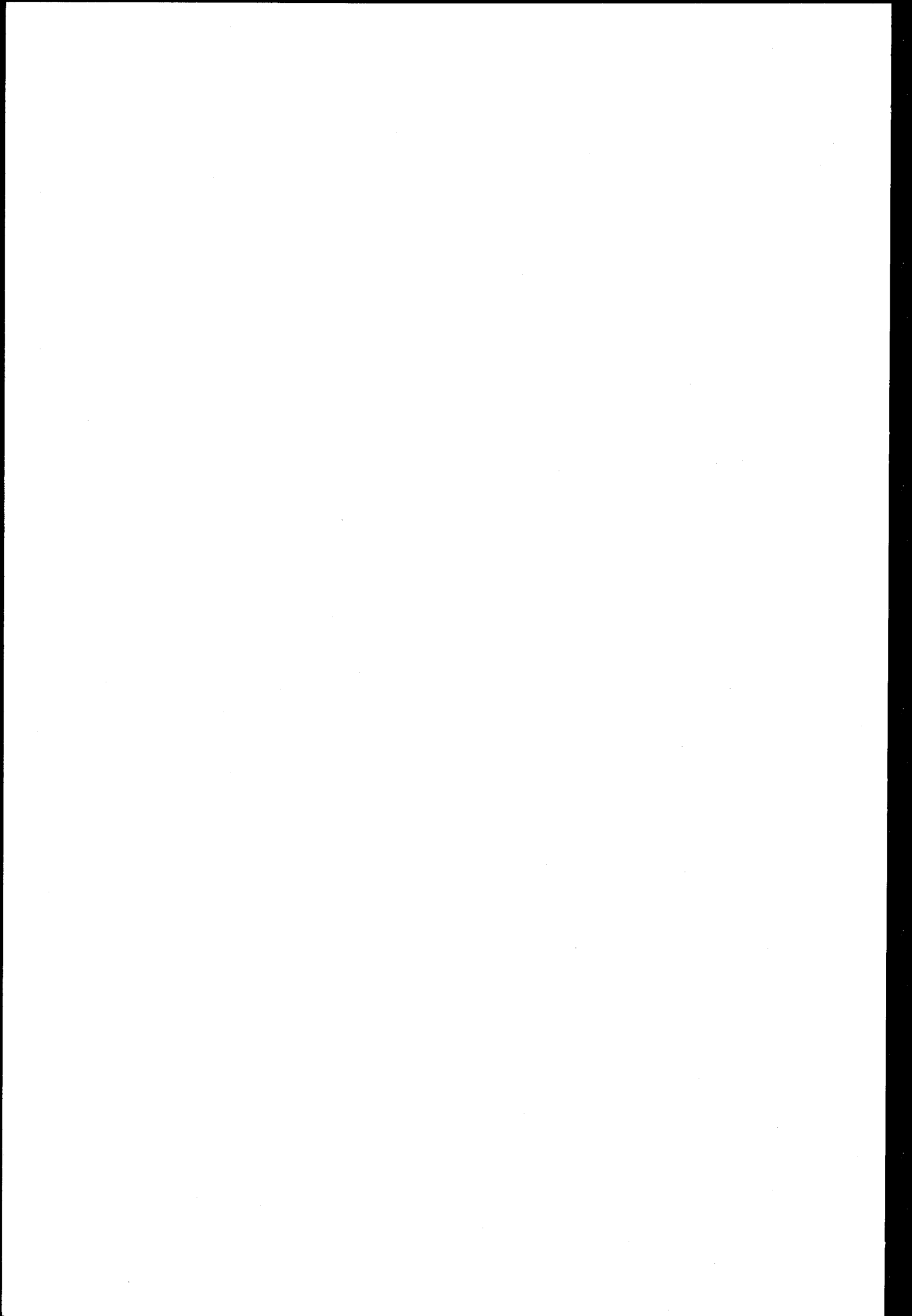


Pelelengde totalt: 35 m
Målelengde (2L/C): 31 m
Pelelengde i jord: 30 m

Loddtype: Barnut
Loddvekt: 50 kN
Fallhøyde: ~0.3 m
Virkningsgrad:

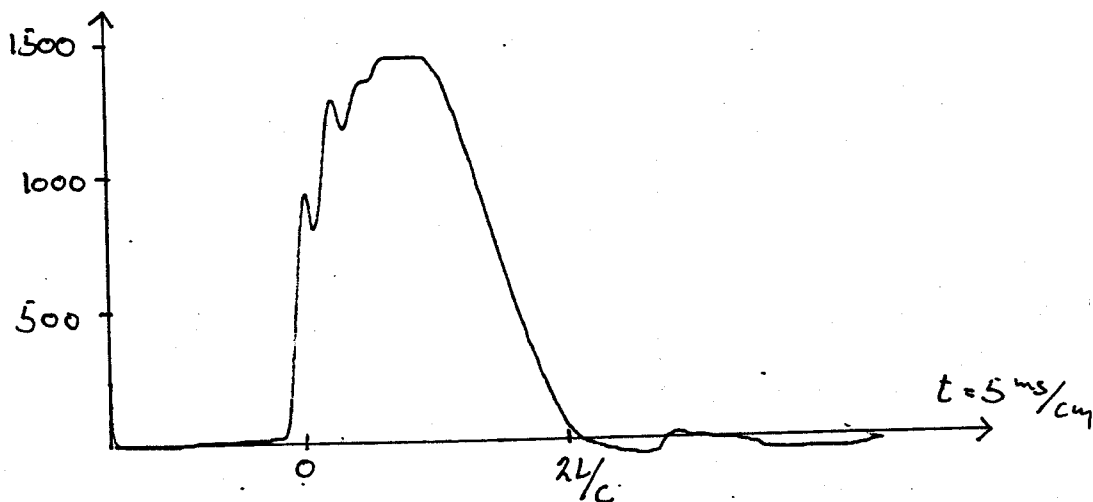
Fra utskrift:

Kraft: 850 kN
Energi: 9.1 kNm
Bæreevne: kN

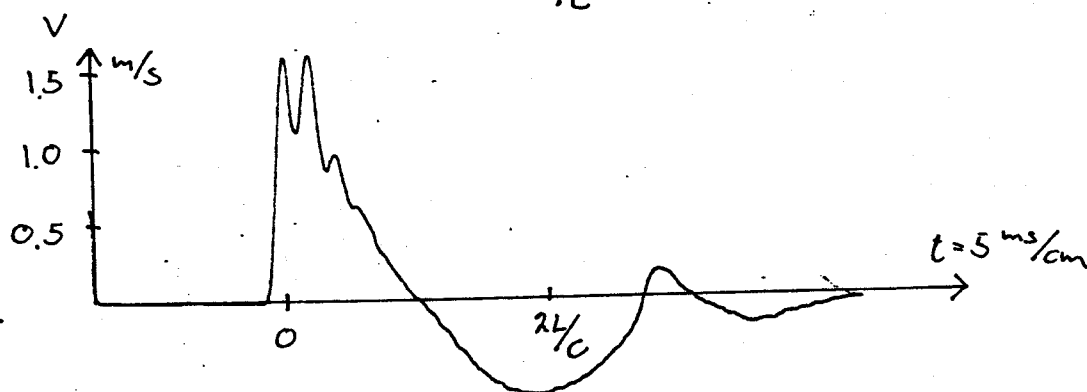


ANG.: Peleanalysatormålinger. Pel nr. 22

Kraft-
kurve:



Hastighets-
kurve:

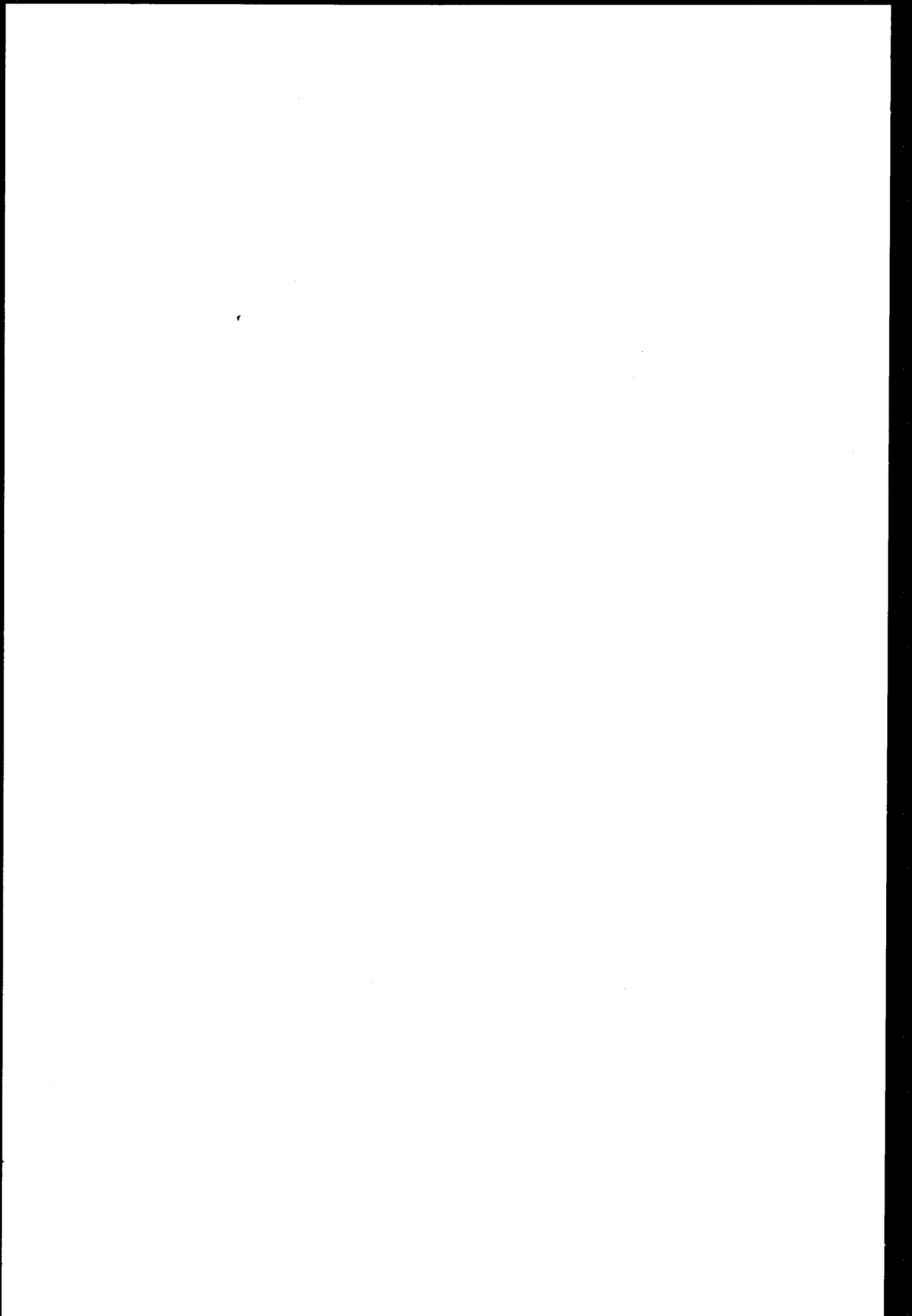


Pelelengde totalt: 35 m
Målelengde (2L/C): 31 m
Pelelengde i jord: 30 m

Loddtype: Banut
Loddvekt: 40 kN
Fallhøyde: 0,35-0,4 m
Virkningsgrad:

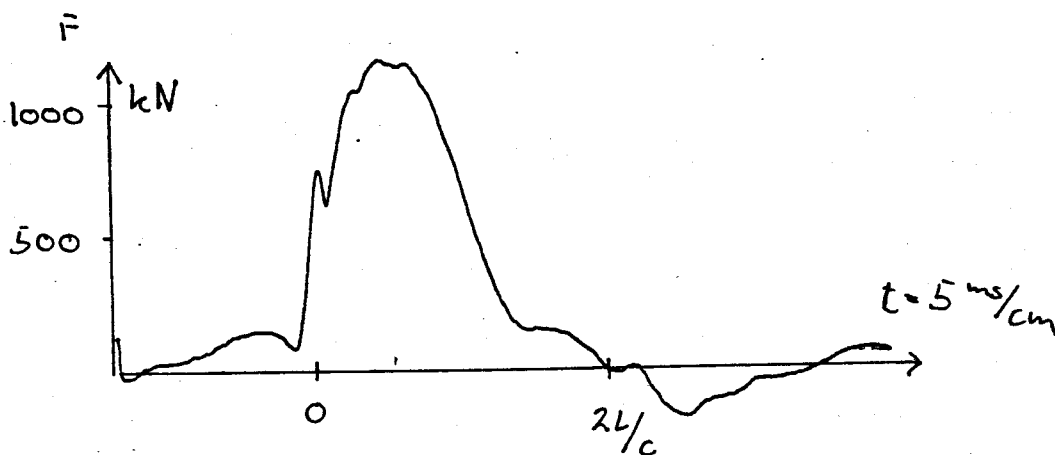
Fra utskrift:

Kraft: 950 kN
Energi: 8,4 kNm
Bæreevne: kN

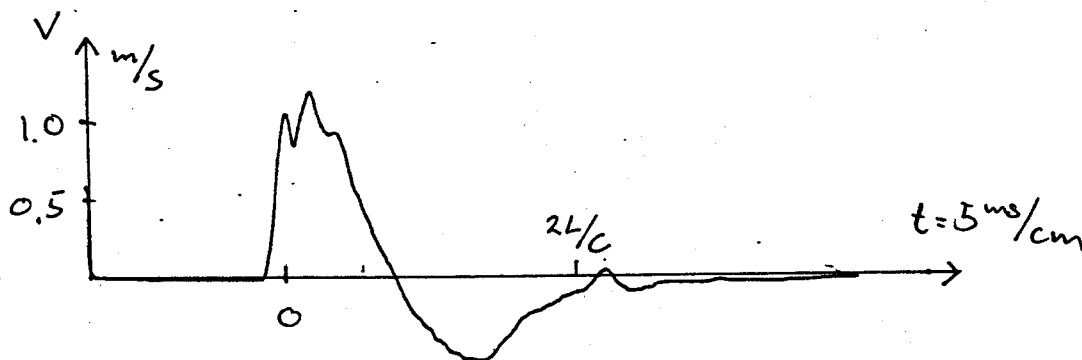


ANG.: Peleanalysatormålinger. Pel nr. 25

Kraft-
kurve:



Hastighets-
kurve:



Pelelengde totalt: 35 m
Målelengde (2L/C): 344 m
Pelelengde i jord: 34 m

Loddtype: Barnet
Loddvekt: 40 kN
Fallhøyde: ~0,3 m
Virkningsgrad: _____

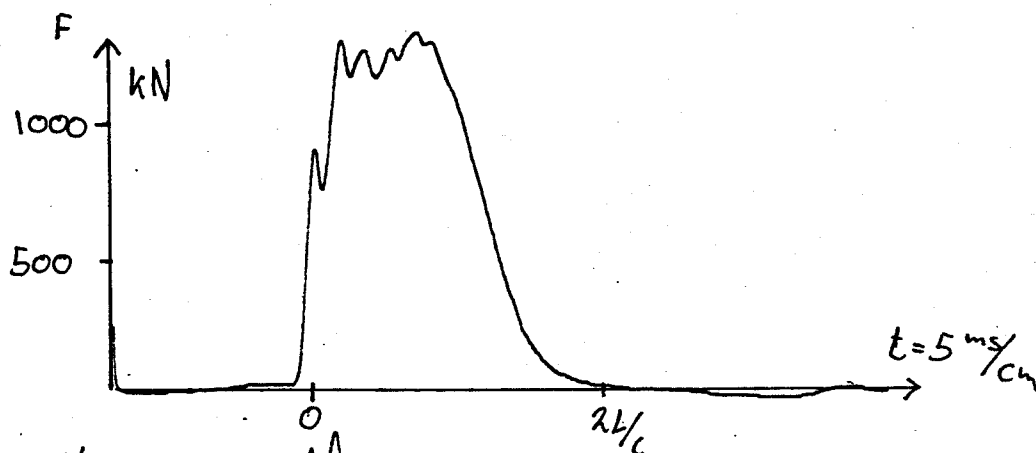
Fra utskrift:

Kraft: 890 kN
Energi: 6,1 kNm
Bæreevne: _____ kN

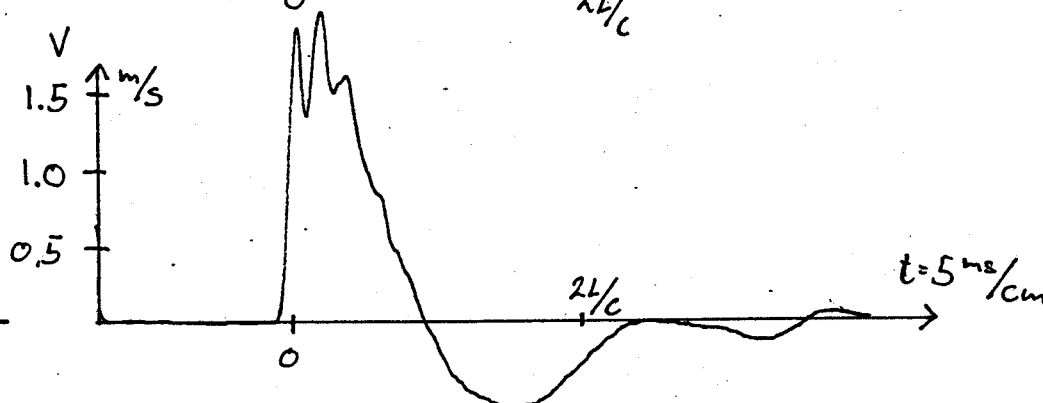


ANG.: Peleanalysatormålinger. Pel nr. 136

Kraft-
kurve:



Hastighets-
kurve:



Pelelengde totalt: 35 m

Målelengde (2L/C): 34.4 m

Pelelengde i jord: 34.3 m

Fra utskrift:

Kraft: 890 kN

Energi: 9.3 kNm

Bæreevne: kN

Loddtype: Banut

Loddvekt: 40 kN

Fallhøyde: 0.35-0.4 m

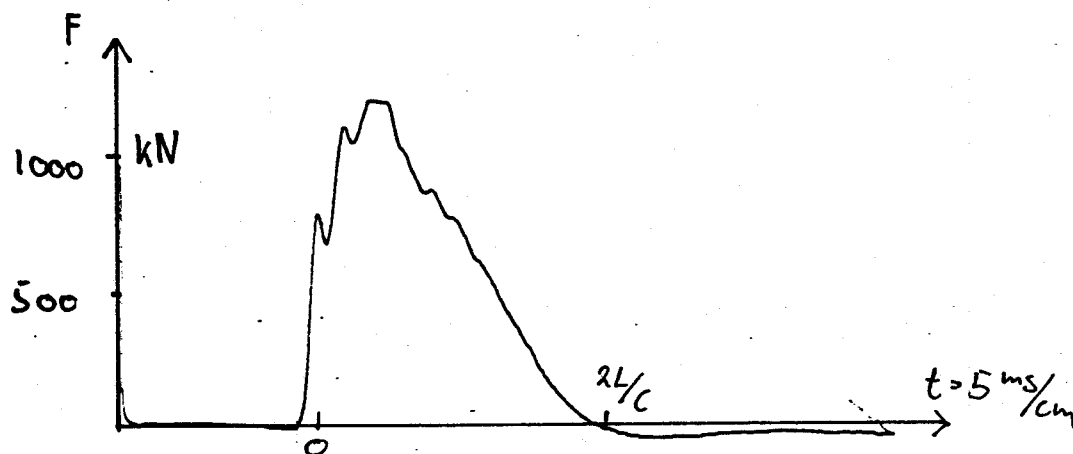
Virkningsgrad:

BEREGN.	KONTR.	TEGNET	DATO	MÅL	SAK NR.	TEGN. NR.	REV.
					7932	1107	



ANG.: Peleanalysatormålinger. Pel nr. 139

Kraft-
kurve:



Hastighets-
kurve:



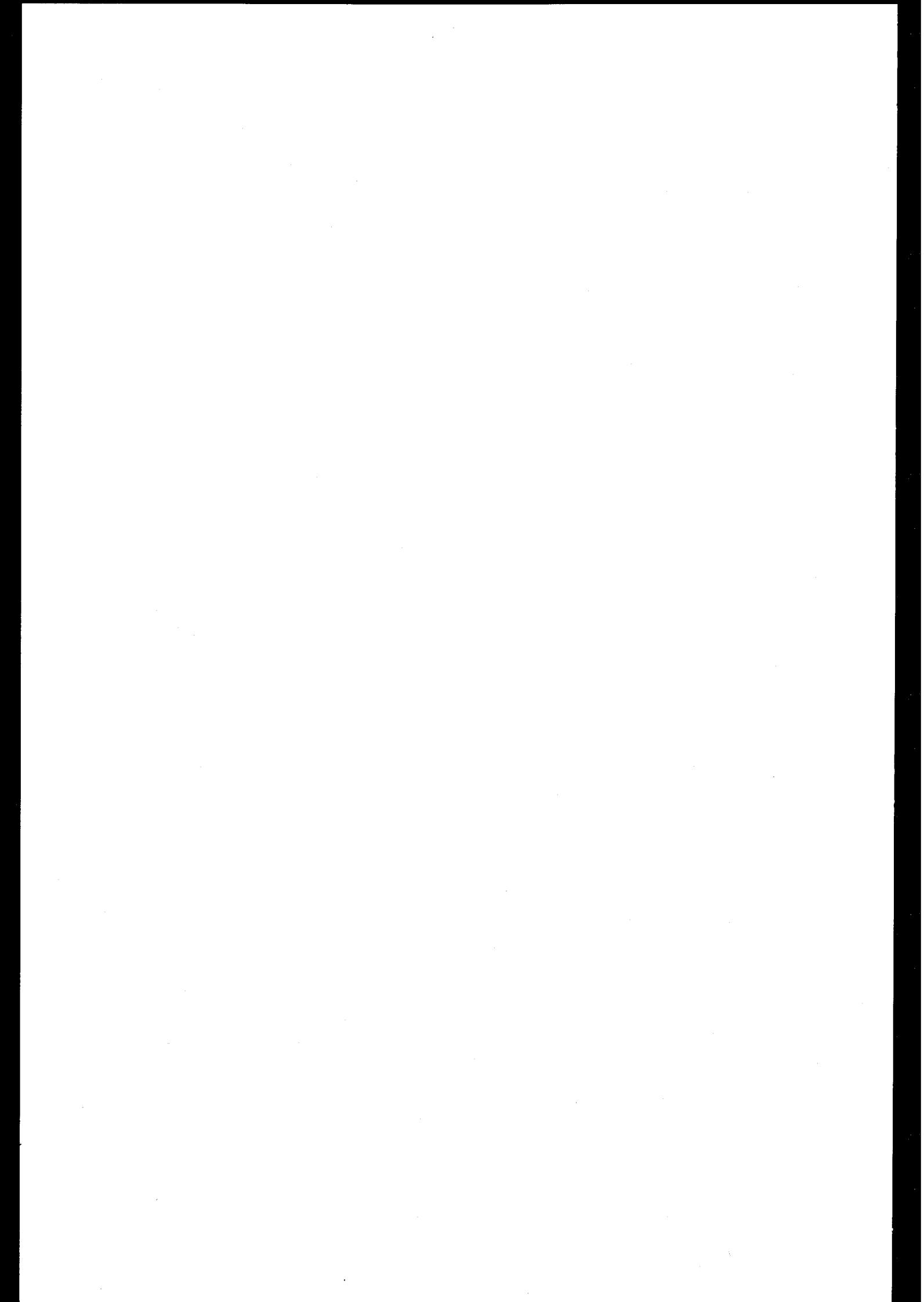
Pelelengde totalt: 35 m
Målelengde (2L/C): 34.4 m
Pelelengde i jord: 34.2 m

Loddtype: Banutt
Loddvekt: 40 kN
Fallhøyde: 0.35-0.4 m
Virkningsgrad: _____

Fra utskrift:

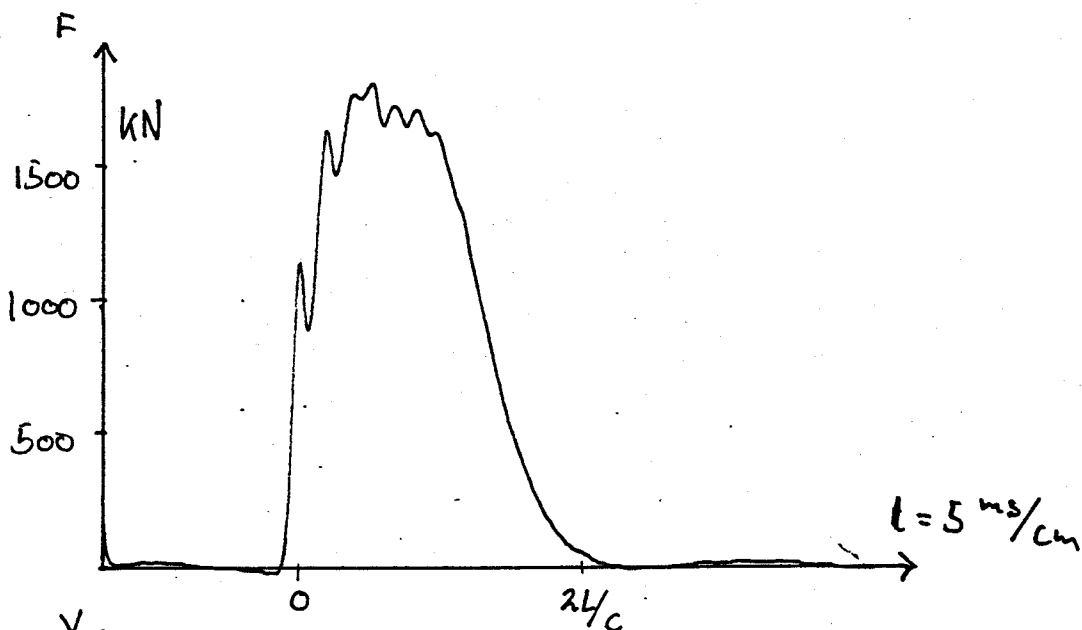
Kraft: 790 kN
Energi: 93 kNm
Bæreevne: _____ kN

BEREGN.	KONTR.	TEGNET	DATO	MÅL	SAK NR.	TEGN. NR.	REV.
					7932	1108	

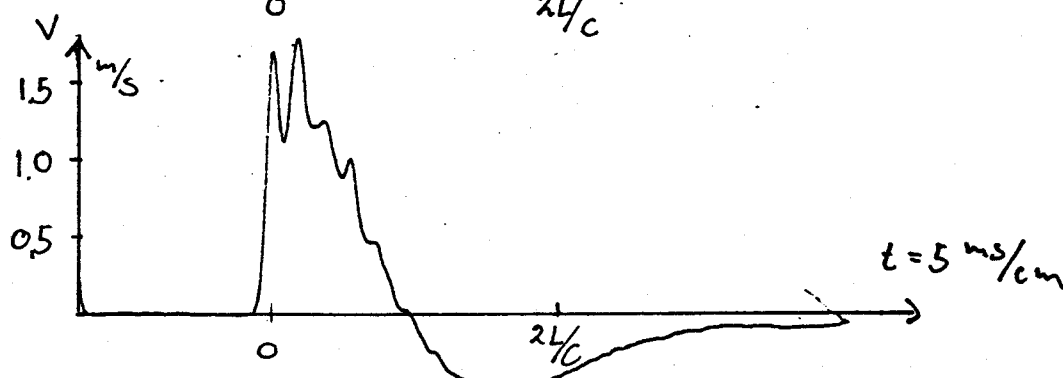


ANG.: Peleanalysatormålinger. Pel nr. 141

Kraft-
kurve:



Hastighets-
kurve:

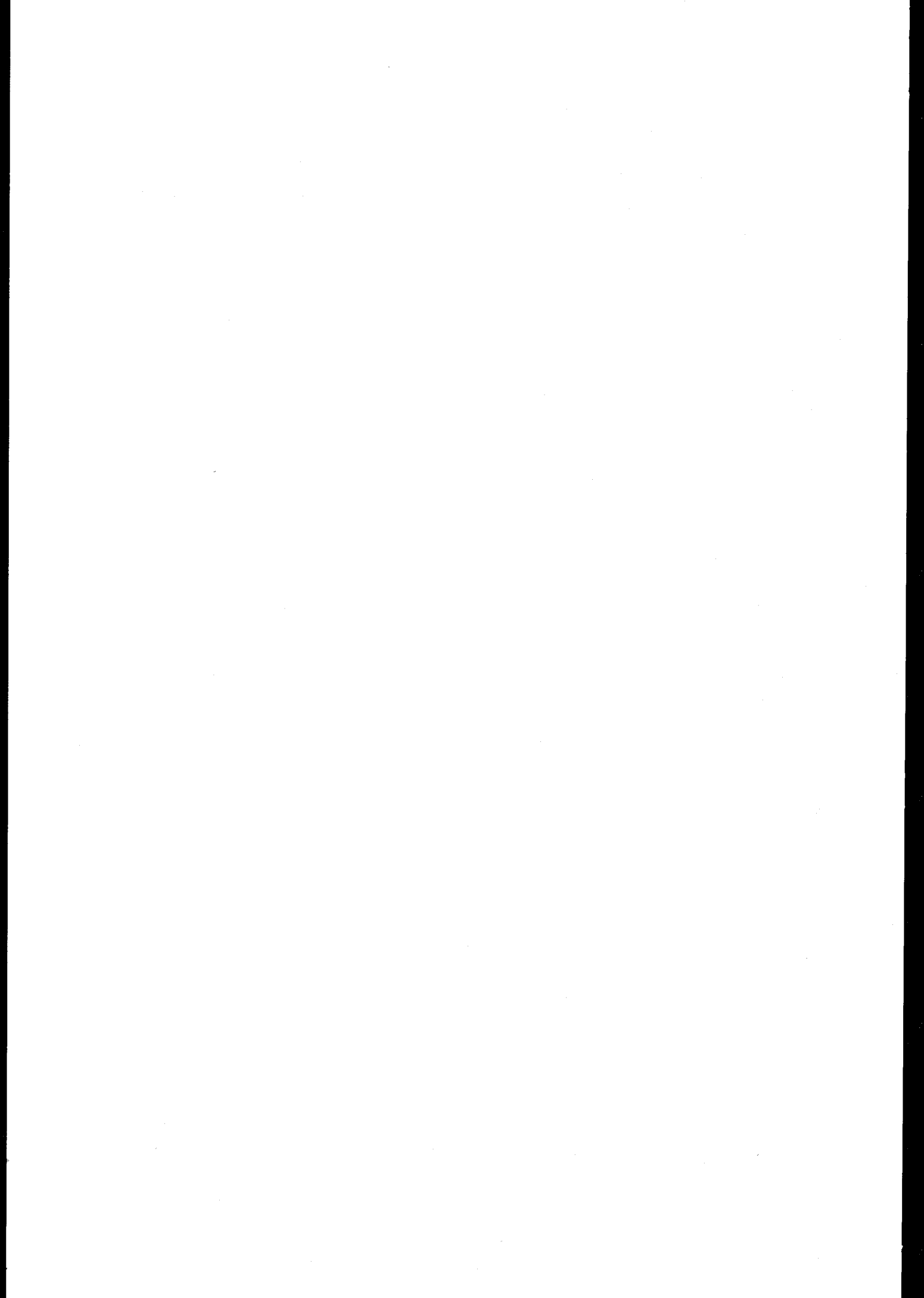


Pelelengde totalt: 35 m
Målelengde (2L/C): 34.4 m
Pelelengde i jord: 34.3 m

Loddtype: Barnut
Loddvekt: 40 kN
Fallhøyde: 0.35-0.4 m
Virkningsgrad: 100%

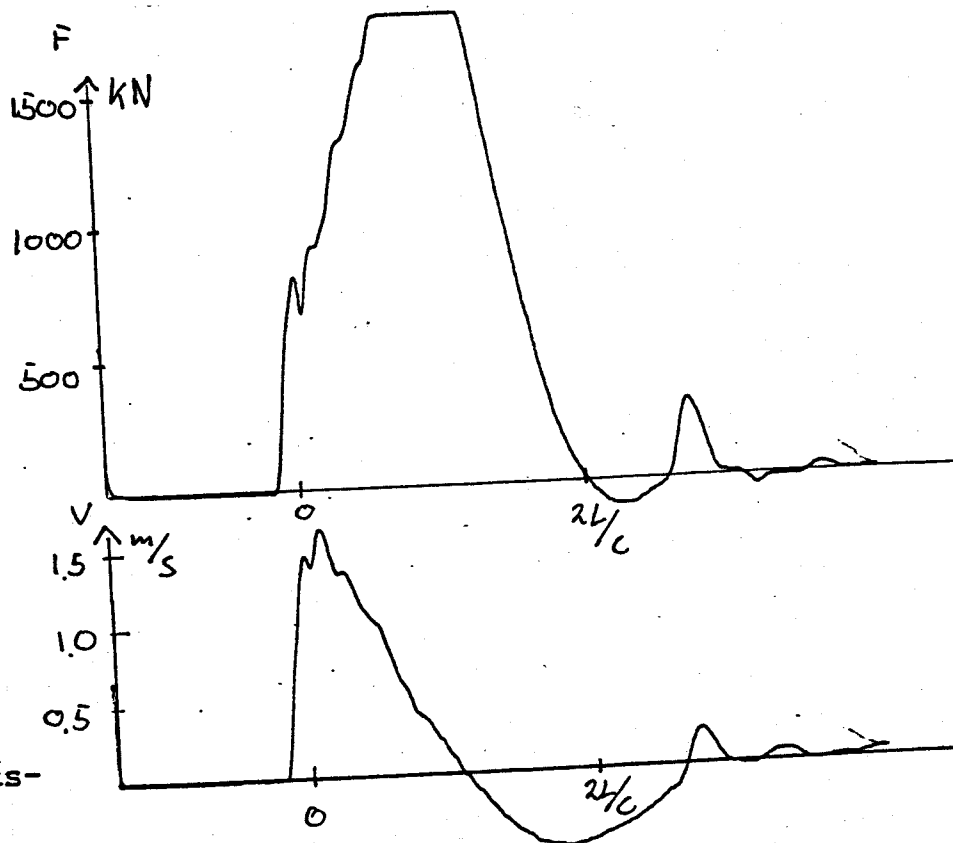
Fra utskrift:

Kraft: 1180 kN
Energi: 13.3 kNm
Bæreevne: kN



ANG.: Peleanalysatormålinger. Pel nr. 141

Kraft-
kurve:



Hastighets-
kurve:

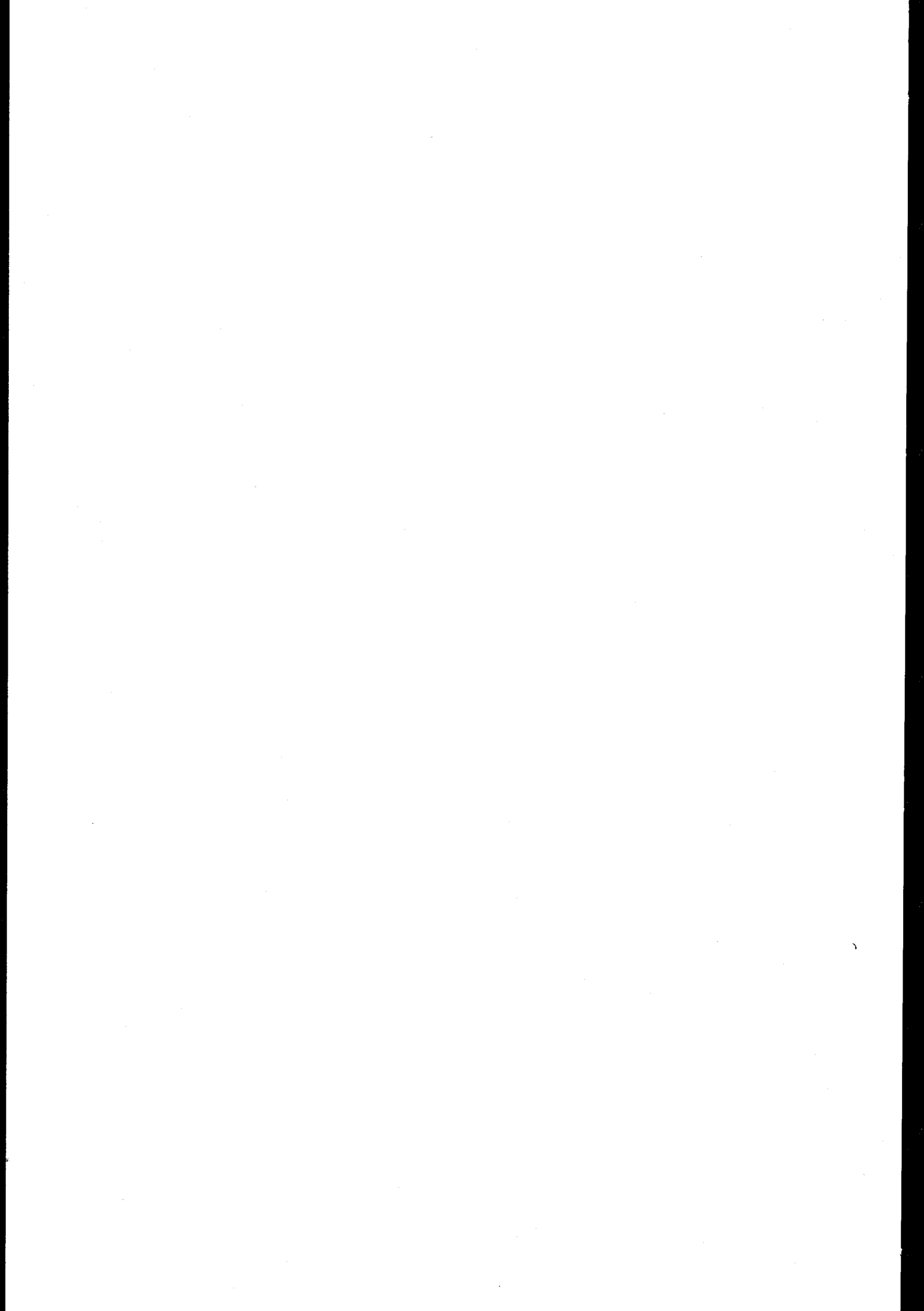
Pelelengde totalt: 35 m
Målelengde (2L/C): 34.4 m
Pelelengde i jord: 34.3 m

Loddtype: Banet
Loddvekt: 50 kN
Fallhøyde: ~0.3 m
Virkningsgrad: _____

Fra utskrift:

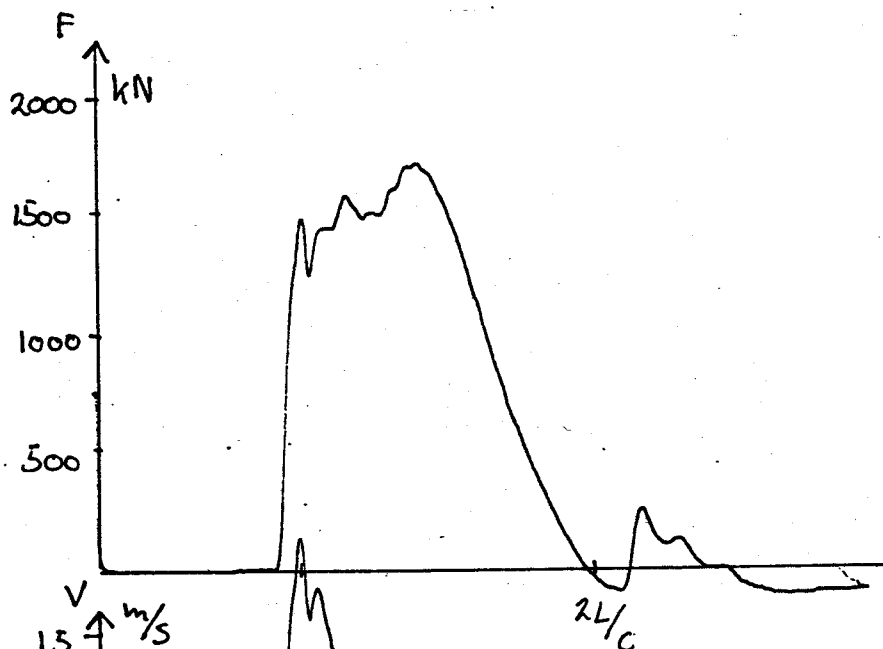
Kraft: 770 kN
Energi: - kNm
Bæreevne: _____ kN

BEREGN.	KONTR.	TEGNET	DATO	MÅL	SAK NR.	TEGN. NR.	REV.
					7932	1109	

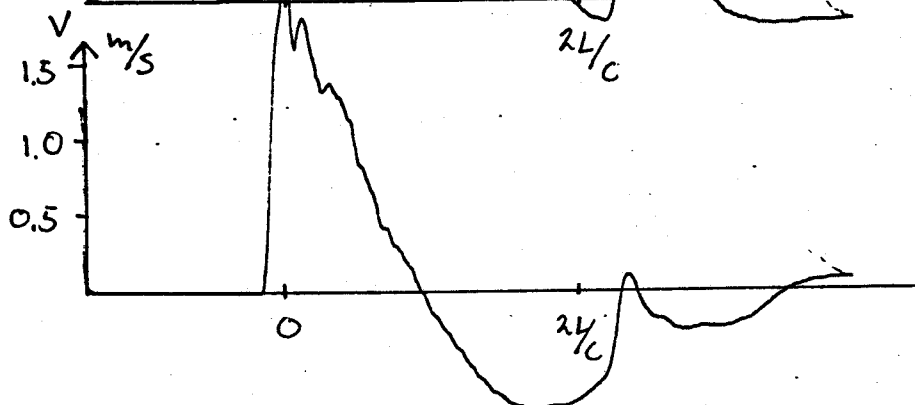


ANG.: Peleanalysatormålinger. Pel nr. L35 (Prøvepel)

Kraft-
kurve:



Hastighets-
kurve:

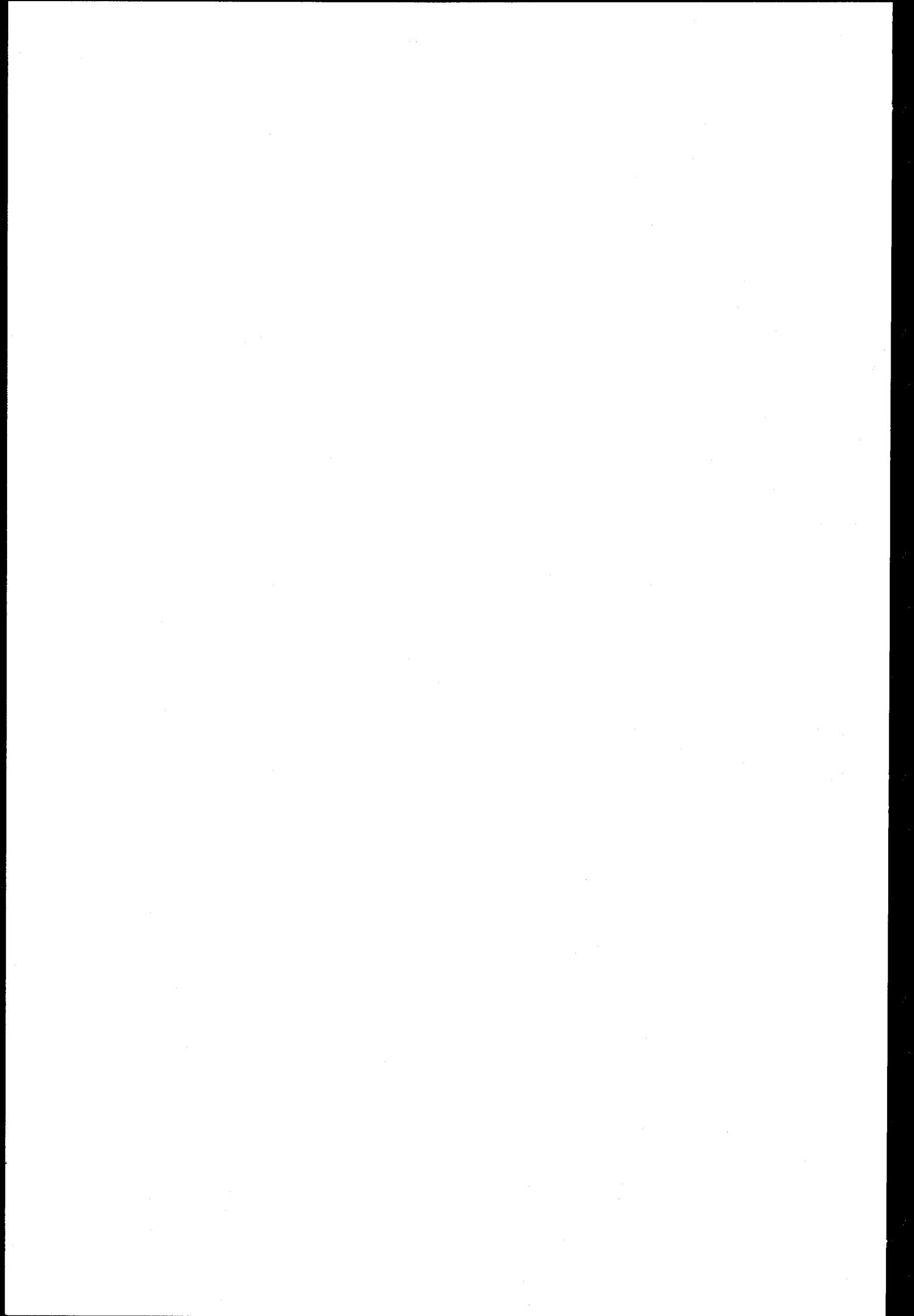


Pelelengde totalt: 36,5 m
Målelengde (2L/C): 35,5 m
Pelelengde i jord: 35,0 m

Loddtype: Banut
Loddvekt: 50 kN
Fallhøyde: 0.66 m
Virkningsgrad: _____

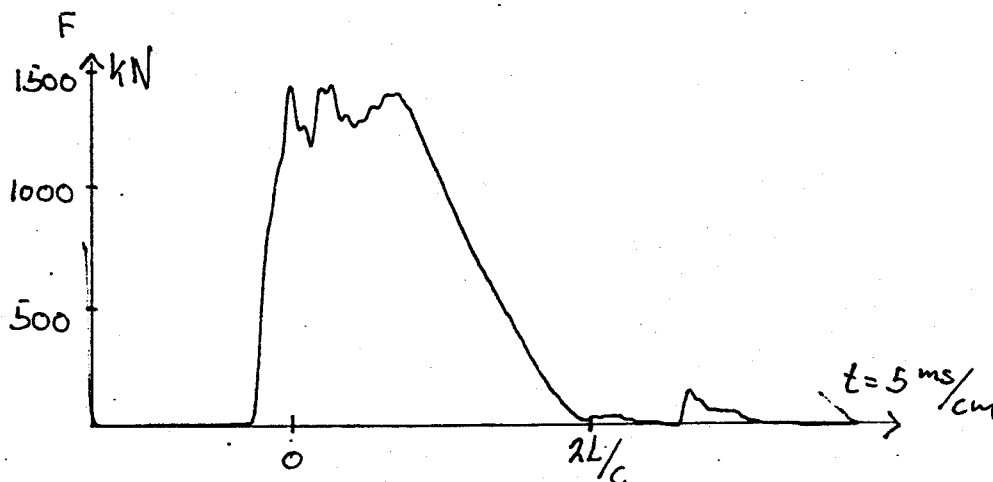
Fra utskrift:

Kraft: 1410 kN
Energi: 14,9 kNm
Bæreevne: _____ kN

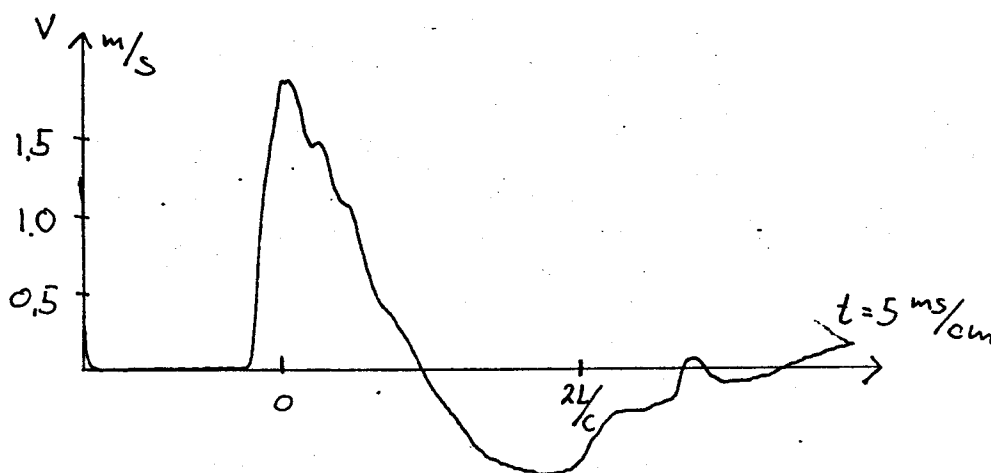


ANG.: Peleanalysatormålinger. Pel nr. P17

Kraft-
kurve:



Hastighets-
kurve:

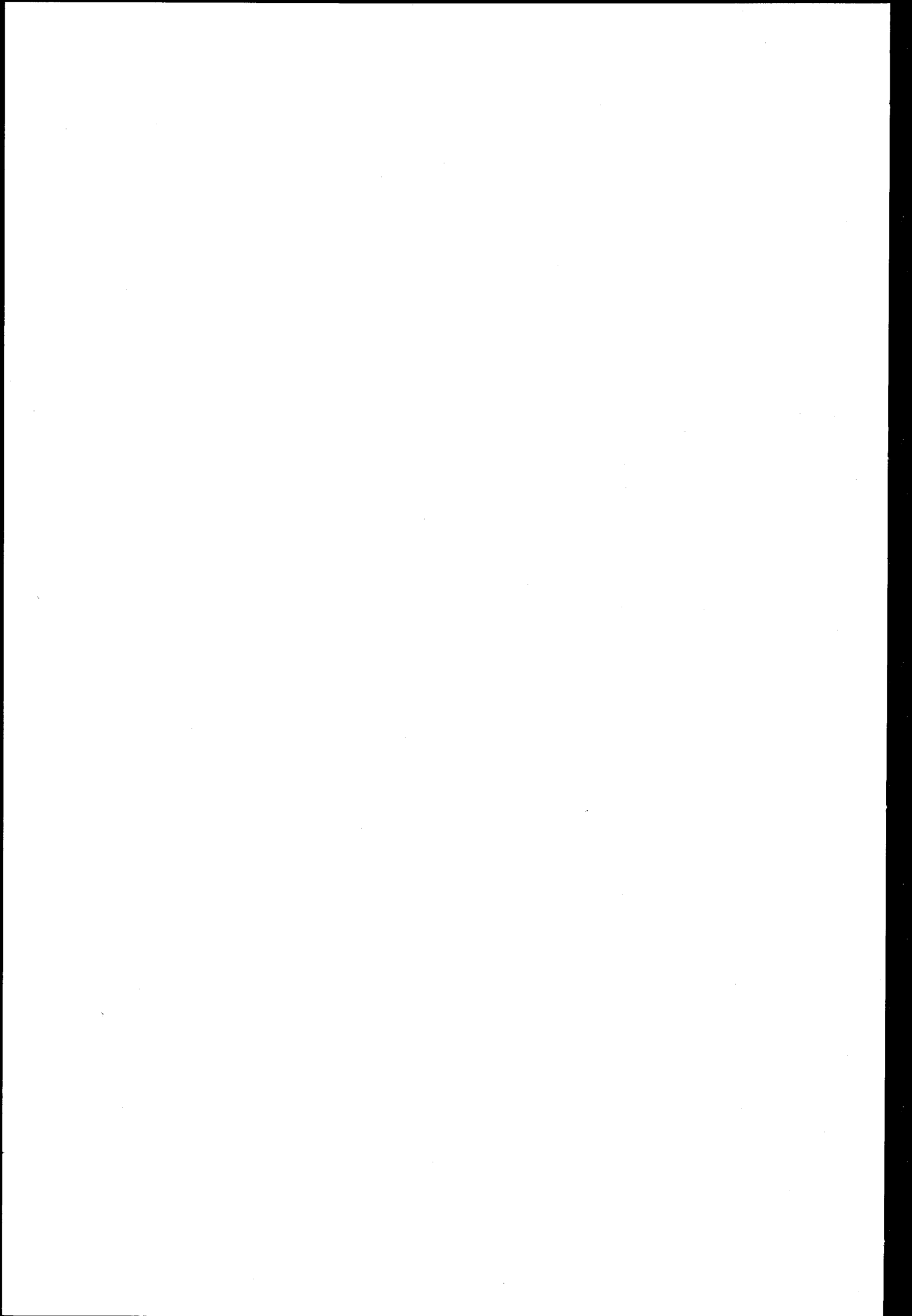


Pelelengde totalt: 36.5 m
Målelengde ($2L/C$): 35.5 m
Pelelengde i jord: 3.5 m

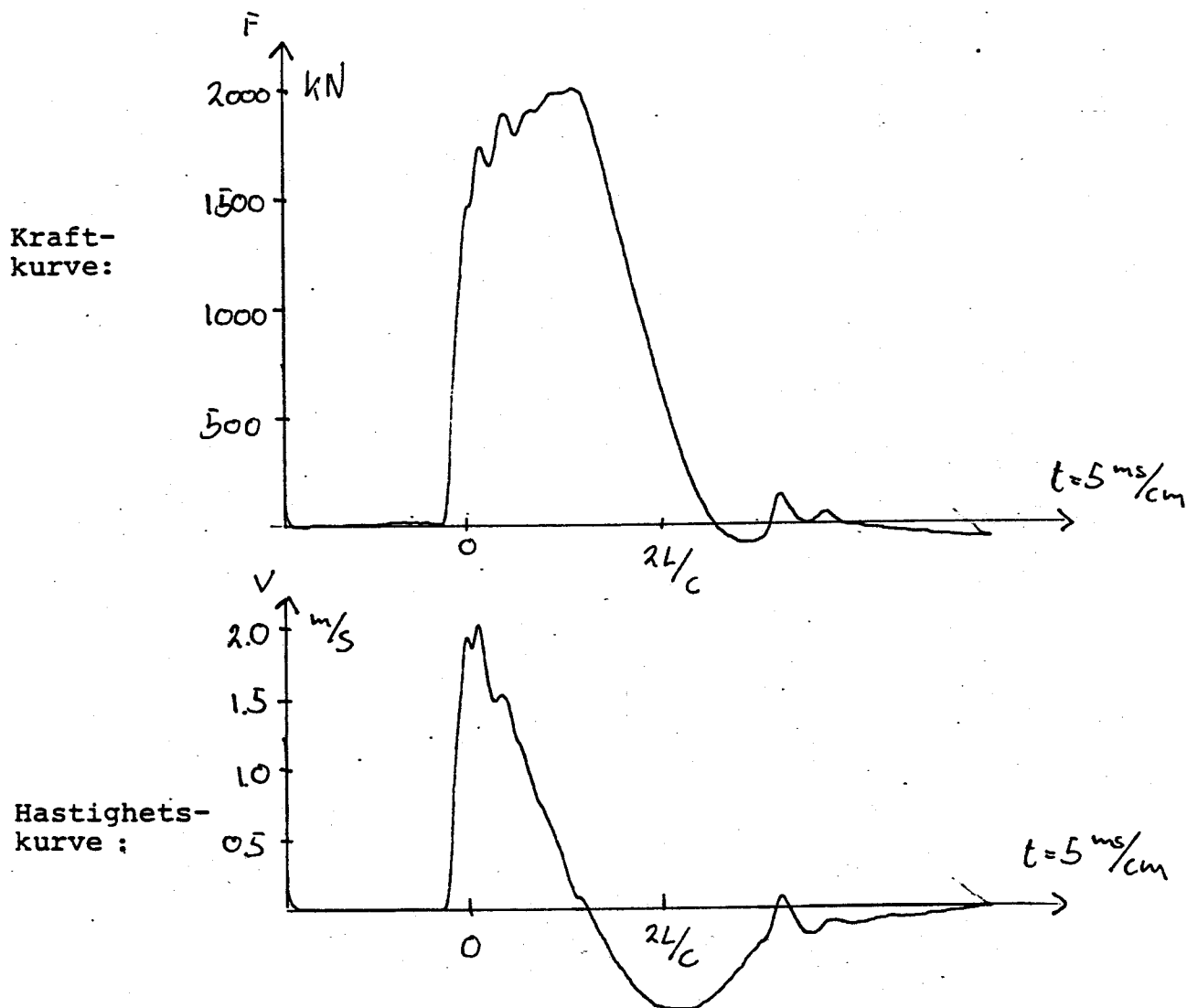
Loddtype: Banrut
Loddvekt: 40 kN
Fallhøyde: ~0.35 m
Virkningsgrad: _____

Fra utskrift:

Kraft: 1430 kN
Energi: 13.3 kNm
Bæreevne: _____ kN



ANG.: Peleanalysatormålinger. Pel nr. P18



Pelelengde totalt: 26.4 m
Målelengde (2L/C): 25.5 m
Pelelengde i jord: 25.0 m

Fra utskrift:

Kraft: 1480 kN
Energi: 17.2 kNm
Bæreevne: kN

Loddtype: Banutt
Loddvekt: 50 kN
Fallhøyde: 0.80 m
Virkningsgrad:

BEREGN.	KONTR.	TEGNET	DATO	MÅL	SAK NR.	TEGN. NR.	REV.
					7932	1111	

