

HEMMELIG

FFI 441 7
Intern rapport T-149
Ref: 13/4/Jobb 24

Relev. nr. 1 av 6

FORSVARETS FORSKNINGSINSTITUTT

Biblioteket N-540
Kjeller, pr. Lillestrøm

TEORETISKE OG TAKTISKE SYNSPUNKTER VED INNFÖRING AV NÄR-
BRANNRÖR I 81 mm BOMBKASTERPROSJEKTIL M43A1

av

Chr. Holm

Godkjent av:

AVGRADERT
Dato: 7.11.08 Sign: Si


F. Lied
forskningsleder

Denne publikasjon er HEMMELIG.
og tilhører FFIs bibliotek
Låntageren er ansvarlig for at den
oppbevares forskriftsmessig.
Publikasjonen kan ikke LÅNES
videre til andre. Returneres til
biblioteket snarest.

FORSVARETS FORSKNINGSINSTITUTT
(Norwegian Defence Research Establishment)
Postboks 1084 Oslo

NORWAY

HEMMELIG

TEORETISKE OG TAKTISKE SYNSPUNKTER VED INNFØRING AV NÆR-
BRANNRØR I 81 mm BOMBKASTERPROSJEKTIL M43A1

SUMMARY: This report gives a survey on the tactical considerations to be taken into account in providing the 81 mm mortar projectile M43A1 with proximity fuze. From experiments, the firing table is worked out, based on drag coefficient of $c = 4,6 \cdot 10^{-4}$, compared to about $1,3 \cdot 10^{-4}$ for the normal, PD-fuzed projectile. The electrical characteristics of the VT-fuze is described, and some important experiments on the effective Doppler diagram of the projectile antenna are described. Further more experiments on the reflection characteristics of different grounds are cited, as well as preliminary terminal ballistic tests as to optimum height of burst. In the conclusion, the different data are combined, giving tables for practical application of VT-fuze. Here are given heights of burst versus firing angle, elevation and range above different types of ground.

(Theoretical and tactical considerations by fuzing 81 mm mortar projectiles with VT-fuzes).

1.0 HISTORISK OVERSIKT.

Nærbrannrør ble utviklet for 81 mm bombekasterprosjektiler i USA under siste halvdel av siste krig. Prosjektet kom så langt som til produksjon, men produksjonen er, av flere grunner antakelig stoppet. Disse brannrør var generatordrevet, hadde oscillator, en et-rørs forsterker og thyatron. Det ble benyttet keramiske trykte kretser i koplingene. Så vidt det er kjent, arbeides det for tiden i USA med en drastisk omkonstruert type nærbrannrør for 81 mm bk., dette skal ha samme ballistiske egenskap som et anslagsrør, og også gjennomgå de samme prøver som dette, noe "krigsutgaven" var langt fra å greie.

Her i landet startet arbeidet med "Engsmelle II"

1. juni 1954 etterat det i noen år tidligere hadde vært arbeidet med forskjellige studieprosjekter, som raketter og fallende bomber. "Engsmelle II" er gjort under kontrakt med MWDP, som har ytet økonomisk støtte til arbeidet. Jobben går ut ved utløpet av 1956, og status er i korthet at de siste prøveskytinger har vært vellykket, at praktisk talt alt materiale for bedømmelse av brannrøret er eller vil bli skaffet tilveie i høst, samt at sluttrapport med tegninger er under arbeid.

HEMMELIG

2.0 YTRE-BALLISTISKE DATA UT FRA SKYTEFORSØK.

Ved de forskjellige prøveskyttinger som har vært foretatt, har vi også foretatt rekkeviddemålinger og observert skytetider, slik at vi til foreløpig bruk har utviklet en skytetabell. Denne er regnet etter Otto-Lardillon's tabeller med motstandskoeffisient

$$c = 4,6 \cdot 10^{-4}$$

og utgangshastigheter ved de forskjellige ladninger etter kurveblad Kl.¹⁾ Skytetabellene, som viser nedslagsvinkelen ω , rekkevidden X, slutt hastigheten V_e , vertikal hastighet i nedslaget V_{vert} minimumshastighet V_{min} i banetopp samt flyvetiden T, alt ved forskjellige ladninger og oppsatser, fremgår av tabellen på blad K2.

Disse tabellene, som danner grunnlaget for senere beregninger i denne rapport, er gode nok for dette formål, men nå for feltanvendelse måles opp grundigere.

Vi har fått en betraktelig forkortelse av rekkevidden, dels pga øket vekt i nærbrannrøret (550 gr) sammenlignet med anslagsrøret (250 gr), dels grunnet den flate nese på nærbrannrøret, som var nødvendig av indreballistiske grunner. Spredningen i rekkevidde ved nærbrannrør er erfaringsmessig ikke større enn ved anslagsrør, og skyldes i alt vesentlig spredning i utgangshastighet.

3.0 NÆRBRANNRØRETS ELEKTRISKE EGENSKAPER.

Nærbrannrøret består i prinsippet av en sender-mottaker ("oscillatoren"), en forsterker, et tennrør (thyatron), samt kraftforsyning for dette utstyr.

3.1 Oscillatoren.

Dette er en Colpitts-oscillator som svinger på ca. 137 Mp/s, hvor rør- og koplingskapasitetene inngår i svingekretsen. Oscillatoren er induktivt koplet til antennen, som er en skjev dipol, bestående av prosjektilkroppen på den ene side og mesteparten av brannrøret på den annen. Over en motstand i oscillatorrørets anode tas ut de lavfrekvente pulsasjoner i anodespenningen som skyldes varia-

sjoner i antenneimpedansens ohmske del når prosjektilet nærmer seg bakken. Antennen er ved meget store høyder over jord en cosinus-stråler. Ved de høyder som er aktuelle i praksis, $1/2 - 1/4$ bølgelengder, er imidlertid strålingsdiagrammet betraktelig modifisert.

For å få et bilde av refleksjonsforholdene i avhengighet av nedslagsvinkelen i forskjellige høyder, ble følgende forsøk gjort. Fra et treoppbygg 10 m høyt ble et prosjekttil sluppet i en vugge, som tillot en variasjon av prosjektilets vinkel ω med horisontalplanet. Prosjektilet inneholdt en batteridrevet oscillator på riktig frekvens. Da det var store vanskeligheter å få overført pulsasjonene i anodestrømmen som skyltes varierende avstand til bakken, benyttet vi oss av det antenneimpedansens ohmske og dens reaktive del varieres i samme forhold. Dette kan man se ved å studere forholdene for en vertikal, resp. en horisontal halvbølgedipol som faller mot bakken. Antenneimpedansen vil her, avhengig av den variable høyde over bakken, bevege seg langs en spiral hvis enkelte tårn kan tilnærmes av sirkler. Og når den induktive komponent av antenneimpedansvariasjonen er proporsjonal med den ohmske komponent, som igjen er proporsjonal med variasjonene i oscillatorens anodestrøm, følger igjen at de induktive pulsasjoner, eller direkte frekvensmodulasjoner av signalet ved små avvik, gir et entydig mål for vårt systems Dopplerfølsomhet. Variasjonene i reaktans ble studert v h a en FM-mottaker avstemt til brannrørets frekvens, samt likestrømforsterker og skrivende instrument.

I bilag K3 er vist registreringene for 4 forskjellige vinkler av bomber ved slipp i tårnet. Dataene for disse registreringer er bearbeidet, og fremgår av kurveblad K4 som viser omhyllingskurven for impedansvariasjonen ved forskjellige vinkler. Vi ser at for $\omega = 60^\circ$ følger omhyllingskurven en 1-gradshyperbel, mens for $\omega = 90^\circ$ følges en 2. gradshyperbel. De mellomliggende vinkler gir overgangskurver. I kurveblad K5 er det tatt vertikalsnitt gjennom K4 for hver halvbølge fra bakken, nemlig de punkter hvor det er mest sannsynlig at brannrøret vil tenne (antenneimpedansvariasjonen ohmsk og med et slikt fortegn at thyatron-

følsomhet spesifiserer vi gjerne som antall mV_{eff} ved optimalfrekvens (110 p/s) som må påtrykkes inngangen før thyatronen tenner. Vanlige verdier er 30 - 50 mV_{eff} for triggering.

3.3 Kraftforsyningen.

Brannrørets elektronikk får sin kraftforsyning fra en vindturbindrevet vekselstrømsgenerator og et likerettssystem. Generatorens frekvens fremgår av bilag K6, som viser målte frekvenser ved forskjellige vindhastigheter under skyting og i vindtunneli. Vi kan regne at spredningen ikke er større enn mellom de to linære kurver. Generatoren er forsynt med spenningsregulering, slik at reguleringen er bedre enn 1 % ved frekvenser over 2000 p/s. Under 2000 p/s faller spenningen raskt. Den flate karakteristik er laget for å hindre pulsasjoner i vindhastigheten i å forplante seg som spenningsvariasjoner gjennom likeretter- og filterdelen. Koplingen i forsterkeren er gjort slik at forsterkeren er død for frekvenser fra generatoren under 2000 p/s, og er fullt åpen over ca 2300 p/s. Dette er oppnådd ved seriekondensator i glødningen, hvorved Richardsons lov for katodeemisjon utnyttes.

3.4 Sikringsarrangementet.

Først etterat turbinen har rotert 2900 omdreininger, hvilket tilsvarer 11600 perioder av generatorfrekvensen, blir brannrøret armert. Da oppheves kortslutningen av sprengkapselen, forsterkerens skjermgitterspenning gjøres positiv istedenfor negativ, og ca. $\frac{1}{2}$ sek. etter denne armeringstid er brannrøret fullt aktivt og armert. Omkring toppen av banen, d v s hvis generatorfrekvensen synker under 2000 p/s, koples forsterkeren ut, og den koples ikke inn igjen før på nedtur når generatorfrekvensen er steget igjen.

4.0 UTREGNEDE EKSPLOSJONSHØYDER UT FRA 2.0 OG 3.0.

For å kunne regne ut eksplosjonshøydene over forskjellig bakke og ved variabel elevasjon og ladningstall, trenger vi nå bare kombinere de ytre ballistiske data fra

avsnitt 2.0 med brannrørets data fra avsnitt 3.0. Av kurveblad K5 vil vi velge oss to settinger for brannrøret, og som rimelige praktiske løsninger velges R=3.0 og R=4.0. R=3.0 er en vanlig oppnådd middelvei under tidligere skyteserier. Ut fra kurveblad K5 ser vi at vi bør sjalte ut de skudd hvor nedslagshastigheten er mindre enn 85 m/s, d v s vi bruker bare ladningene 2 - 6. Vi regner at forsterkerens frekvensgang er flat i det aktuelle frekvensområde, dette stemmer innen ca 10%.

I kurveblad K7 er tegnet skytekurvene fra K5. Her er vist skuddvidden ved variabel oppsats og ladningsantall, og som hjelpeparameter er også inntegnet nedslagsvinkelen ψ , som jo er bestemmende for refleksjonen. Når disse kurver skal brukes i praksis, vil det være nødvendig å legge inn en sagtannkurve mellom to nedslagsvinkler, og sørge for at bredden av denne sagtannkurve tillater en rimelig overlappning mellom de forskjellige ladningstall. Det gjelder nå å legge inn den optimale kurve, og denne er ved forsøk både for R=3.0 og for R=4.0 funnet å ligge i området $65^\circ < \psi < 74^\circ$. Velger man brattere vinkler vil eksplosjonshøyden gjennomgående bli for lave, mens man ved slakere vinkler vil få en innskrenking av operasjonsmulighetene, idet det må stipuleres en minste rekkevidde som er for stor. Det er meget uheldig at ladning 1 ikke kan brukes, men dette kan ikke forandres uten at generatorens reguleringskarakteristikk kan flyttes til lavere frekvens, slik at stabilisering inntreffer ved f eks 1600 p/s istedenfor ved 2000 p/s som nå. Med de begrensninger som er nevnt, vil vi ut fra K7 og K5 få følgende eksplosjonshøyder over bakke:

R=3.0	K=0.2 :	1.1, 2.2m
	K=0.4 :	2.2, 2.3m
	K=0.6 :	4.4, 2.2, 6.6m
R=4.0	K=0.2 :	1.1, 2.2m
	K=0.4 :	3.3, 4.4m
	K=0.6 :	5.5, 6.6, 7.7, 8.8m

Konklusjonen av disse betraktninger skal vi komme tilbake til når vi har sett på jordsmonnets egen-skaper og på enkelte terminalballistiske undersøkelser.

5.0 JORDSMONNETS EGENSKAPER.

Over forskjellige typer terreng er det sommeren 1956 foretatt refleksjonsmålinger ved aktuell brannrørfrekvens 136 Mp/s, som beskrevet i spesielt avdelingsnotat jobb 34:1134, September 1956. ³⁾ Hvis refleksjonstallet for den brukte messingduk (referansen) settes lik 1.0, fikk man her over fastland verdier mellom 0.15 (tørr sandgrunn) og 0.64 (skogbunn). Gressbakke lå på ca 0.54, mens vei og fjell lå på ca 0.4. Når brannrørets setting skal bestemmes, må man her enten bruke skytetabeller som er avpasset etter den aktuelle midlere refleksjonskoeffisient eller ved en skytetabell sørge for at storparten av de aktuelle skudd vil få rimelig detonasjonshøyde. Det ser ut som om $K=0.4$ kan være en rimelig middelvei. Tørr sandgrunn vil ved en slik setting av brannrøret at $K=0.4$ blir utnyttet best mulig, gi for lave høyder, men antakelig er det riktig, at virkelig tørr sandgrunn uten vegetasjon vil man bare finne meget sjelden.

6.0 OPTIMAL DETONASJONSHØYDE.

Det er våren 1956 foretatt terminalballistiske prøver på Terningmoen med målplater lagt plant ut på bakken og eksplosjon av granater i forskjellige høyder. Resultatet her var at man fikk størst virkning i ca 4 m høyde over bakken, mens en rimelig effektivitet oppnåddes i høyder mellom 1.5 og 7.0 m. Senere er det gjort forsøk med mål i simulerte skyttergraver, her er tendensen at optimal høyde ligger nærmere 6 m. Det vil senere i høst bli gjort forsøk over snedekt mark, men det er ikke grunn til å tro at optimalhøyden vil ligge utenfor området 5-6 m. Når det gjelder forbedringsforholdet overfor granater med anslagsbrannrør har vi ikke gode data, da vel disse data ikke kan skaffes ved statiske målinger, men må skytes.

7.0 KONKLUSJON ANGÅENDE OPTIMAL SKYTEABELL.

Det forhold som er nevnt i 6.0, at det kreves en ca 50 % større høyde over skytegraver enn over plant terreng, er antakelig gunstig når vi tenker på terrengets beskaffenhet. Skyttergraver vil man neppe kunne grave i løs, tørr

HEMMELIG

Litteratur:

- 1) Eggestad, M : **Støklarasjonkarakteristikk og munningshastigheter av 81 mm bombekasterprosjekttil, forsynt med nærbrannrør.**
(T-118, 12/10-56)
- 2) Høla, Chr.: **Prøveskyting ved Horten 4. oktober 1956 (notat)**
- 3) Larsen, Ø.: **Måling av jordens refleksjonsevne.**
(notat, sept. 1956)
- 4) Strømsøe, E.: **Splintvirkningen for 81 mm bk-granat XIR-38 (16/6-56)**

K1

HEMMELIG

250 m/s

xx obs. ved statiske skyteforsøk

200

150

100

50

1

2

3

4

5

6 laadn.

UTGANGSHASTIGHETER VED FORSKJ. DELLADNINGER



Skydetabell for $c=4,6 \cdot 10^{-4}$

HEMMELIG

Ladning 1 V = 101 m/s

φ	ω	$\cos^2 \omega$	x m	V_e m/s	V_{vert} m/s	V_{min} m/s	T sec
50°	57°14'	0.294	752	77.8	69.2	53.5	14.4
55°	61°45'	0.224	712	79.0	69.5	47.7	15.5
60°	66°02'	0.166	655	79.9	73.0	41.5	16.3
65°	70°04'	0.117	580	81.0	76.1	35.1	16.9
70°	74°02'	0.076	490	81.6	78.4	28.4	17.6
75°	77°56'	0.044	381	82.3	80.5	21.7	18.0

Ladning 2 V = 123 m/s

φ	ω	$\cos^2 \omega$	x m	V_e m/s	V_{vert} m/s	V_{min} m/s	T sec
50°	59°32'	0.258	995	87	75.0	61.5	16.8
55°	63°50'	0.194	941	88.5	79.2	54.3	18.0
60°	67°50'	0.142	865	89.8	83.1	47.7	19.0
65°	71°35'	0.100	<u>764</u>	91.1	86.4	40.4	19.3
70°	75°14'	0.065	<u>645</u>	92.5	89.5	32.3	20.5
75°	78°50'	0.033	504	93.0	91.1	24.9	21.1

Ladning 3 V = 145 m/s

φ	ω	$\cos^2 \omega$	x m	V_e m/s	V_{vert} m/s	V_{min} m/s	T sec
50°	61°40'	0.225	1230	94.3	83.4	69.0	19.2
55°	65°47'	0.168	1160	96.3	87.7	61.3	20.4
60°	69°33'	0.122	1063	98.1	91.9	53.4	21.5
65°	73°03'	0.085	940	99.5	95.2	45.1	22.4
70°	76°24'	0.055	792	101	98.1	36.6	23.2
75°	79°42'	0.032	621	101.9	100.1	27.9	23.8

HEMMELIG

Ladning 4 $V_0 = 100 \text{ m/s}$

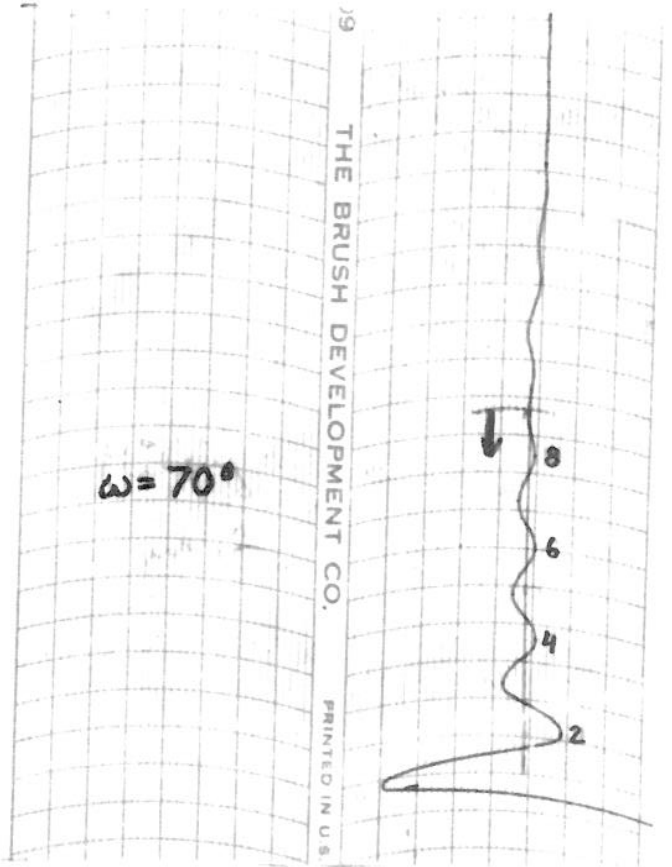
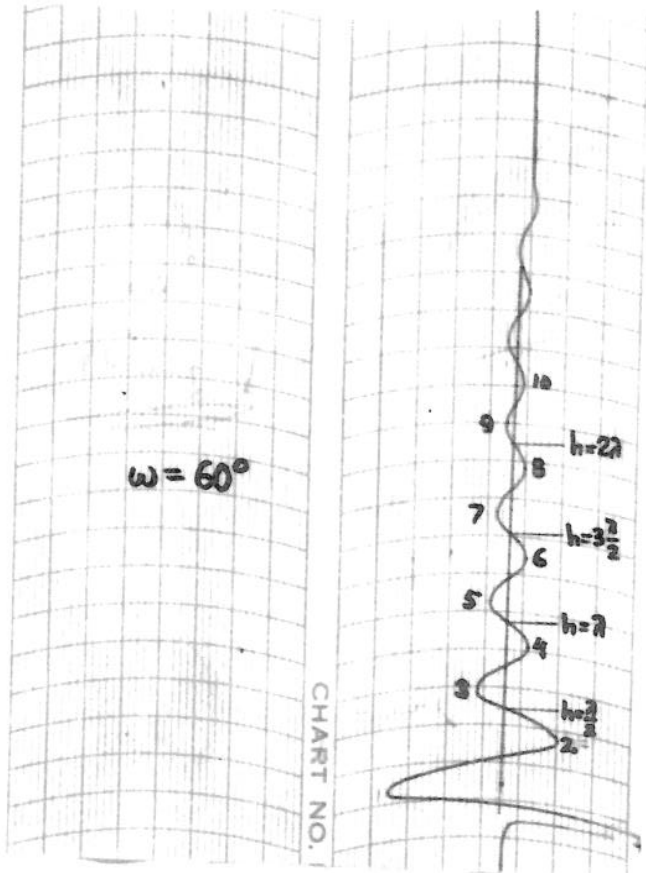
ϕ	ω	$\cos^2 \omega$	x m	V_e m/s	V_{vert} m/s	V_{min} m/s	t sec
50°	63°10'	0.196	1450	100.6	90.0	75.9	21.2
55°	67°34'	0.146	1372	102.8	94.9	67.6	22.6
60°	71°06'	0.106	1258	104.2	98.6	59.5	23.8
65°	74°23'	0.073	1112	106.2	102.2	49.6	24.8
70°	77°27'	0.047	935	107.8	105.1	40.2	25.6
75°	80°30'	0.027	734	109	107.2	30.6	26.4

Ladning 5 $V_0 = 190 \text{ m/s}$

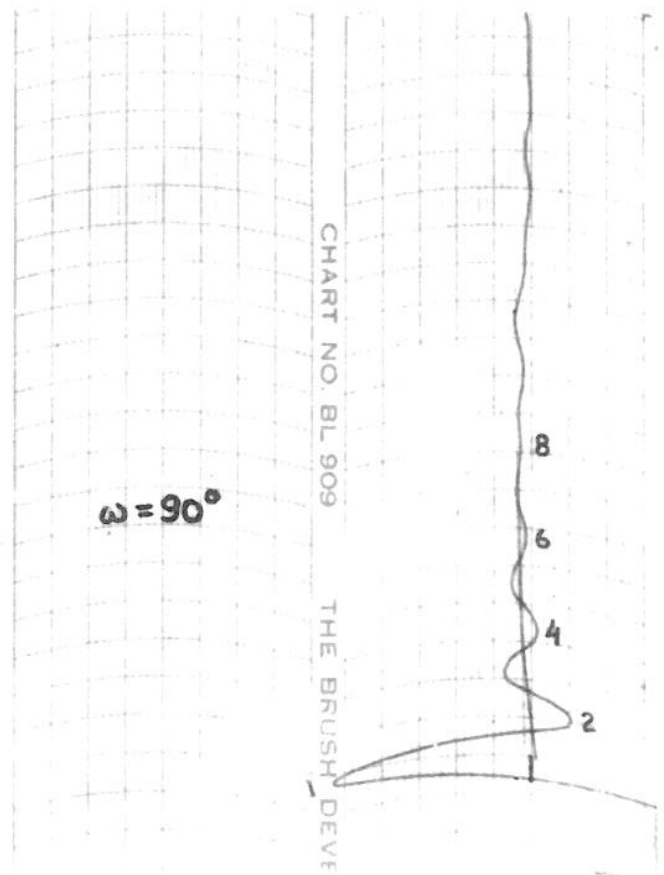
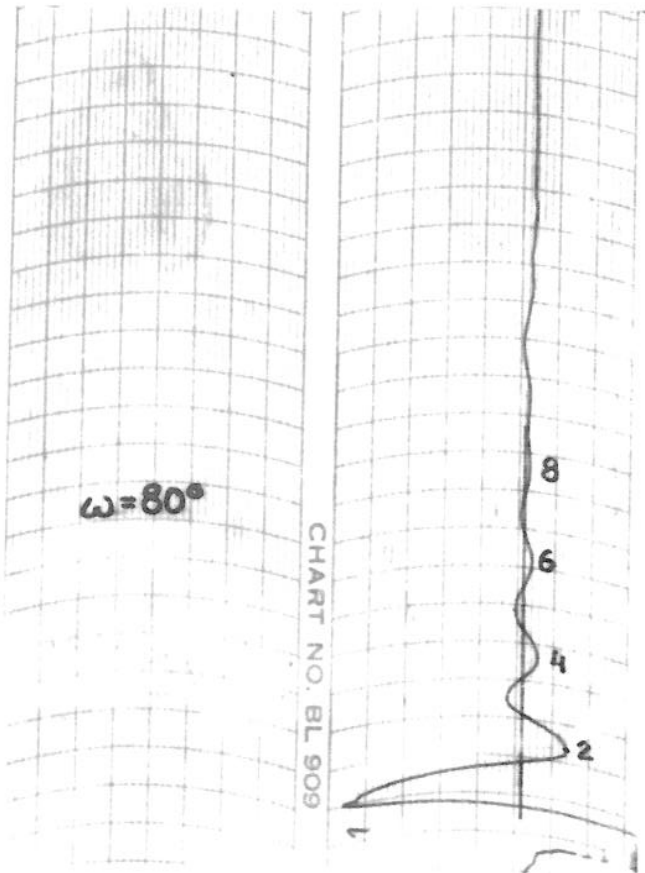
ϕ	ω	$\cos^2 \omega$	x m	V_e m/s	V_{vert} m/s	V_{min} m/s	t sec
50°							
55°	69°15'	0.126	1573	107.9	100.9	73.6	24.7
60°	72°31'	0.090	1440	109.7	104.4	64.0	25.9
65°	75°41'	0.061	1270	112.3	108.9	54.0	27.0
70°	78°26'	0.040	1070	113.0	110.7	43.0	28.0
75°			853				29.0

Ladning 6 $V_0 = 212 \text{ m/s}$

ϕ	ω	$\cos^2 \omega$	x m	V_e m/s	V_{vert} m/s	V_{min} m/s	t sec
50°							
55°							
60°							
65°	76°36'	0.054	1412	116	112.9	53.2	29.0
70°	79°14'	0.035	1180	118.3	116.1	47.3	29.8
75°			932				



HEMMELIG

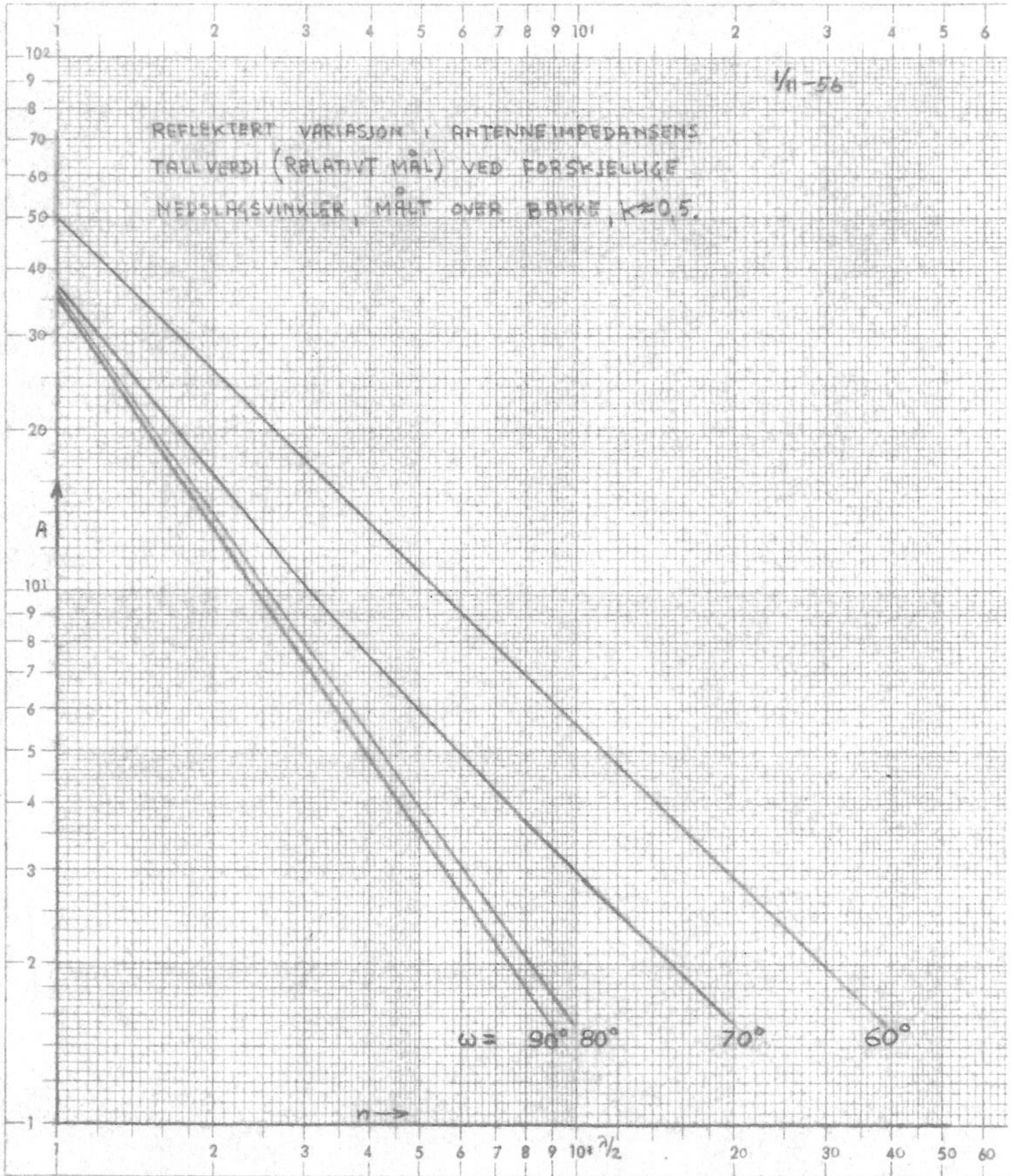


RELATIV FREKVENSMODULASJON VED 137 MPa VED SLIPP AV 81MM GRANAT FRA 10M HØYT TÅRN MOT BAKKE, $K \approx 0.55$.

HEMMELIG

1/11-56

REFLEKTERT VARIASJON I ANTENNEIMPEDANSENS
TALLVERDI (RELATIVT MÅL) VED FØRSKJELLIGE
NEDSLAGSVINKLER, MÅLT OVER BAKKE, $k \approx 0.5$.



K6

LEMLIVELIG

4000 Hz

↑
 f_g

3000

AKTIV FÖRSTERKER

INNKÖPL. OMRÅDE

2000

PASSIV FÖRSTERKER

x x SKYTFÖRSÖK
o o VINDTUNNELDATA

1000

0

50

100

150 m/s

HASTIGHETER V_e
FÖR LADN. 1-5

GENERATORFREKVENNS SOM FUNKTION AV
PROJEKTILHASTIGHET

SKYTEKURVER MED INNLAGTE NEDSLAGSVINKLER

----- BESTE SKYTETABELL

$$\left. \begin{array}{l} R=3,0 \text{ gir } h=1-6 \cdot \frac{\alpha^2}{2} \\ R=4,0 \text{ " } h=2-8 \cdot \frac{\alpha^2}{2} \end{array} \right\} k=0,2-0,6$$

