Prins Maurits Laboratorium TNO

TNO-Defensieonderzoek

Lange Kleiweg 137
Postbus 45
2280 AA Rijswijk

Fax 015 - 84 39 91
Telefoon 015 - 84 28 42

AD-A263 346

TD 92-2039

TNO-rapport
PML 1992-82

december 1992

Exemplaar no: 10

Verschervingsgedrag van twee typen 120 mm mortiergranaten

Auteur(s):

R.H.A. van der Meer

DO-opdrachtnummer:

A84/KM/052

Rubriceringen

Rubricering bepaald door:

KLTZ J.A.M. van Burik

Rubriceringsdatum:

20 oktober 1992

Rapport:

ONGERUBRICEERD

Titel:

ONGERUBRICEERD

Samenvatting:

ONGERUBRICEERD

Bijlage(n):

ONGERUBRICEERD

DTIC
ELECTE
APR 23 1993
S E D

Oplage:

20

Aantal pagina's:

(incl. bijlagen, excl. distr. lijst en RDP)

36

Aantal bijlagen:

7

Alle rechten voorbehouden.
Niets uit deze uitgave mag worden vermenigvuldigd en/of openbaar gemaakt door middel van druk, fotokopie, microfilm of op welke andere wijze dan ook, zonder voorafgaande toestemming van TNO.

Indien dit rapport in opdracht werd uitgebracht, wordt voor de rechten en verplichtingen van opdrachtgever en opdrachtnemer verwezen naar de 'Algemene Voorwaarden voor Onderzoeksopdrachten aan TNO', dan wel de betreffende terzake tussen partijen gesloten overeenkomst.
Het ter inzage geven van het TNO-rapport aan direct belanghebbenden is toegestaan

TNO

93-08939

93 4 26 159

Nederlandse organisatie voor toegepast-natuurwetenschappelijk onderzoek

TNO Defensieonderzoek bestaat uit
het Fysisch en Elektronisch Laboratorium TNO
het Prins Maurits Laboratorium TNO en het
Instituut voor Zintuigfysiologie TNO

Approved for public release;
Distribution Unlimited

Samenvatting

Om de vraag van de Koninklijke Marine, over de effectiviteit van 120 mm mortiergranaten, te beantwoorden is bij het Prins Maurits Laboratorium van TNO een onderzoek verricht. Als onderdeel hiervan zijn in het Laboratorium voor Ballistisch Onderzoek 15 experimenten uitgevoerd.
Het doel van deze experimenten is het achterhalen van de verschervingsparameters van twee typen 120 mm granaten nl. de gietijzeren 104C2 en de stalen 104C5. Bij het PML-TNO is hiervoor een beproevingsmethode ontwikkeld genaamd STAFDIP [1]. Met deze methode is het mogelijk om de granaat statisch te verscherven en de scherfmassa- en scherfsnelheidsverdeling te bepalen. Gelijktijdig is het mogelijk om de perforatiecapaciteit van de scherven tegen verschillende doelmaterialen te bepalen.
Uit de resultaten komt ondermeer naar voren dat de gietijzeren granaat een veel groter aantal scherven oplevert, terwijl de stalen variant aanzienlijk grotere scherven voortbrengt. Hierdoor heeft de stalen granaat meer effect tegen de dikkere doelmaterialen (10mm St37 of meer), terwijl de gietijzeren granaat door zijn grotere aantal scherven meer effect sorteert tegen de dunnere doelplaten.

Summary

In order to answer the question of the Royal Netherlands Navy, about the effectiveness of 120 mm mortargrenades, the Prins Maurits Laboratory (PML) started an investigation. As a part of that investigation the Ballistics Research Laboratory of PML carried out 15 experimental tests.
The purpose of these tests was to determine the fragmentation parameters of two types of 120 mm shells: the cast iron 104C2 and the steel 104C5. PML-TNO developed a method for this named STAFDIP [1]. With this method it is possible to detonate the shell statically and determine the fragment mass and velocity. In the same experiment the perforation capacity against several target materials can be obtained.
The results show a much larger amount of fragments produced by the cast iron shell, while the steel one has bigger fragments in a smaller amount. This causes the steel shell to have a larger effect on the thicker target plates (10 mm St37 or more). But because of the large amount of small fragments the cast iron shell has more effect against the thinner targets.

X

INHOUDSOPGAVE

	SAMENVATTING/SUMMARY	2
	INHOUDSOPGAVE	3
1	INLEIDING	5
2	BESCHRIJVING VAN DE TWEE TYPEN GRANATEN	6
3	DEFINITIE EMISSIEHOEK F	8
4	BESCHRIJVING VAN DE PROEFOPSTELLING	9
5	BEPROEVINGSRESULTATEN	12
5.1	Ruimtelijke verdeling van scherfmassa en -snelheid	12
5.2	Perforatiegegevens	15
6	CONCLUSIE	18
7	ONDERTEKENING	19
8	REFERENTIES	19
BIJLAGE 1	VERDELING VAN HET AANTAL SCHERVEN OVER DE MASSAKLASSEN	
BIJLAGE 2	MAXIMAAL, GEMIDDELD EN MINIMAAL SCHERFAANTAL, -MASSA EN -SNELHEID VERSUS EMISSIEHOEK F VAN DE 104C2	
BIJLAGE 3	MAXIMAAL, GEMIDDELD EN MINIMAAL SCHERFAANTAL, -MASSA EN -SNELHEID VERSUS EMISSIEHOEK F VAN DE 104C2	

A-1

BIJLAGE 4 MAXIMAAL, GEMIDDELD EN MINIMAAL SCHERFAANTAL, -MASSA EN -SNELHEID VERSUS EMISSIEHOEK F VAN DE 104C5

BIJLAGE 5 MAXIMAAL, GEMIDDELD EN MINIMAAL SCHERFAANTAL, -MASSA EN -SNELHEID VERSUS EMISSIEHOEK F VAN DE 104C5

BIJLAGE 6 VERDELING VAN DE SCHERVEN PER EMISSIEHOEK F EN PER GEWICHTSKLASSE 104C2

BIJLAGE 7 VERDELING VAN DE SCHERVEN PER EMISSIEHOEK F EN PER GEWICHTSKLASSE 104C5

1 INLEIDING

Op verzoek van de Koninklijke Marine verrichtte het Prins Maurits Laboratorium een onderzoek naar de effectiviteit van de vuursteun door het 120 mm mortierpeloton. Dit onderzoek werd verricht bij de groep Wapeneffectiviteit, waarbij gebruik gemaakt werd van computersimulaties. Om de modellen van de juiste verschervingsparameters te voorzien zijn vijftien experimenten uitgevoerd door de sectie Ballistiek in het Laboratorium voor Ballistisch Onderzoek op de vliegbasis Ypenburg.

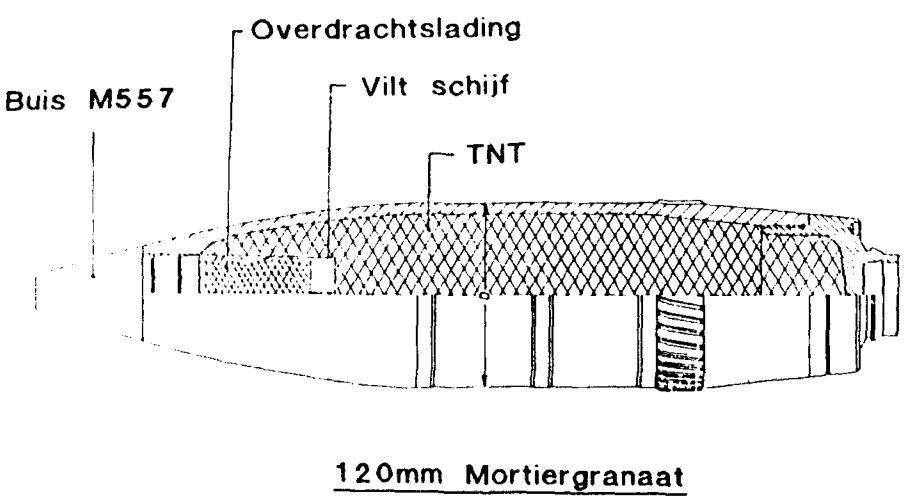
In dit onderzoek zijn twee typen granaten bekeken, te weten de gietijzeren 104C2 en de stalen 104C5. Hierbij is gebruik gemaakt van de bij PML-TNO ontwikkelde STAFDIP-methode [1]. Bij deze meetmethode wordt de snelheid van de afzonderlijke scherven bepaald door bestudering van de röntgenflits opnamen die op twee verschillende tijdstippen worden gemaakt. De scherven worden vervolgens in een kartonpakket opgevangen zodat de massaverdeling kan worden achterhaald. Gelijktijdig kan het penetratievermogen van de scherven worden onderzocht door gebruik te maken van een doelplaten-array.

De resultaten van de metingen zijn in grafieken weergegeven. Hieruit is op te maken wat het effect van een granaat is in een bepaalde emissiehoek ten opzichte van de symmetrieas van de granaat. Daarnaast worden de verkregen gegevens over scherfmassa, -aantal en -snelheid als functie van de scherfrichtingen vastgelegd in een file, teneinde de verscherving rekenkundig te kunnen simuleren.

2 BESCHRIJVING VAN DE TWEE TYPEN GRANATEN

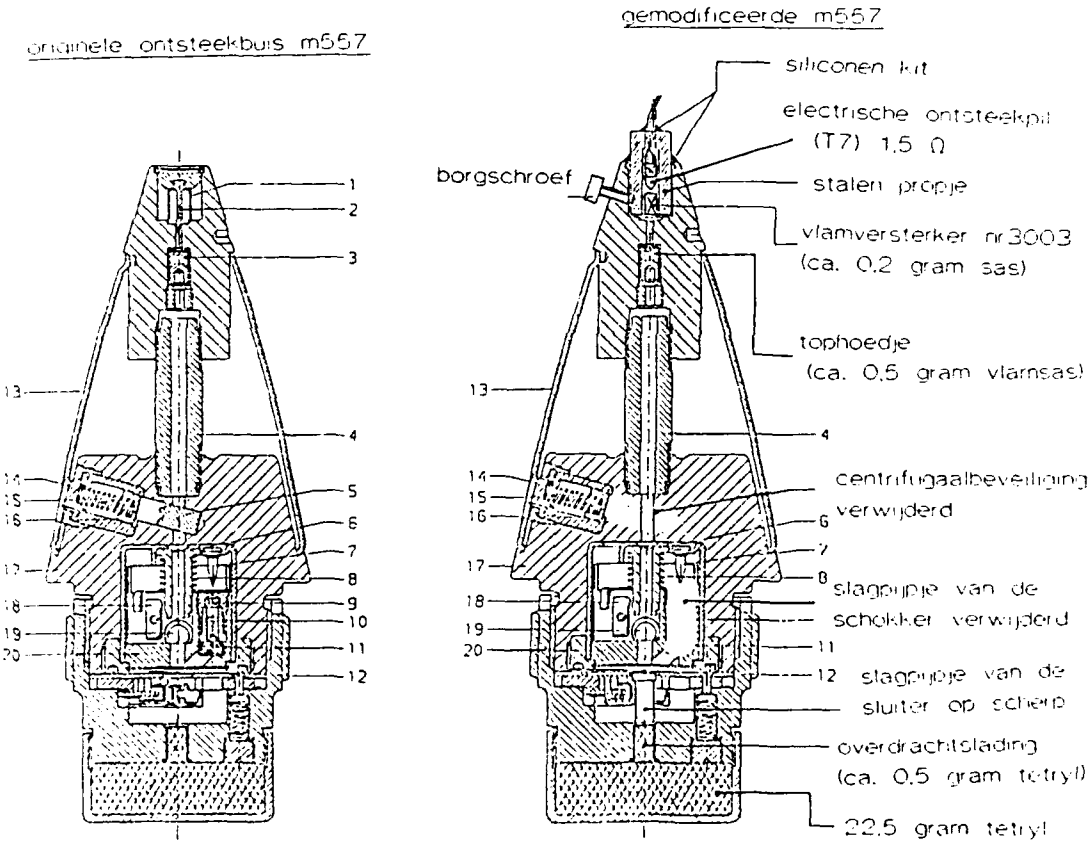
In de onderstaande tabel zijn enkele gegevens over de twee beproefde granaten weergegeven, terwijl in figuur 1 de granaat in doorsnede is getekend. Daar de twee granaten uiterlijk gelijk zijn, is volstaan met een halve doorsnede van de gietijzeren uitvoering.

	104C5	104C2
totale massa	14900 g	15700 g
materiaal granaatwand	gietijzer	staal
massa granaatwand	10350 g	11150 g
springstof	TNT	TNT
springstof massa	4200 g	4200 g
ontsteekbuis & boosterlading	350 g	350 g



Figuur 1 Doorsnede van één van de beproefde granaten

Alle granaten waren voorzien van aanslagbuis type M557C1 die is gemodificeerd voor electrische ontsteking. Hiermee kunnen de granaten ontstoken worden zonder dat de oorspronkelijke detonatieketen wordt gewijzigd.

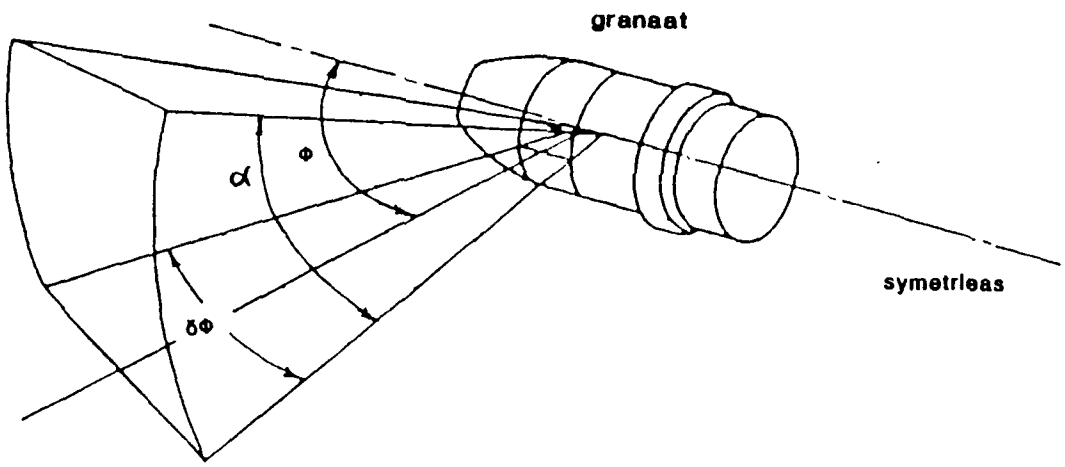


Figuur 2 Verschillen tussen de originele en de gemodificeerde ontsteker

In figuur 2 zijn naast elkaar de originele en de gemodificeerde ontsteekbuis afgebeeld. De wijzigingen aan de buis zijn uitgevoerd door de afdeling Beproevingen van de DMKL, Sie. mun. & KKW.

3 DEFINITIE EMISSIEHOEK Φ

In dit rapport worden de verschervingsparameters uitgezet tegen de emissiehoek Φ. In figuur 3 zijn deze emissiehoek Φ, de segmentbreedte δΦ en de openingshoek α aangegeven. In deze tekening is Φ de emissiehoek, dit is de hoek tussen de symmetrie-as van de granaat en de beweegrichting van de scherf, gemeten vanuit de top van de granaat. De totale boog om de granaat, van de top naar de bodem, is opgedeeld in stukjes van 5°, segmenten geheten en aangeduid met δΦ. In het vlak loodrecht op de symmetrie-as van de granaat is nog een hoek gedefinieerd, die de breedte van de schervenbundel aangeeft; deze wordt de openingshoek α genoemd en is bij deze experimenten altijd 15°.

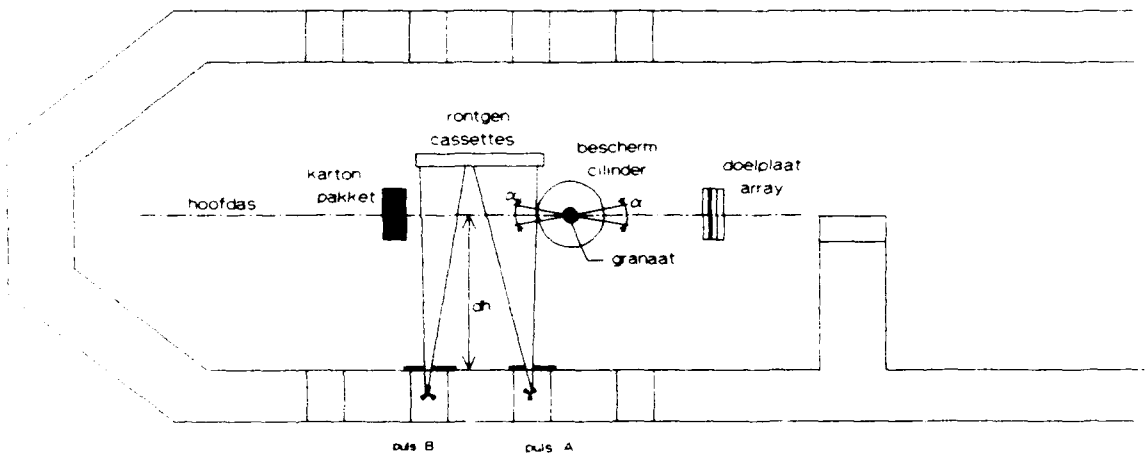


Φ = emissiehoek
δΦ = segment = 5°
α = openingshoek = 15°

Figuur 3 Definitie van de begrippen emissiehoek Φ, segment δΦ en openingshoek α

4 BESCHRIJVING VAN DE PROEFOPSTELLING

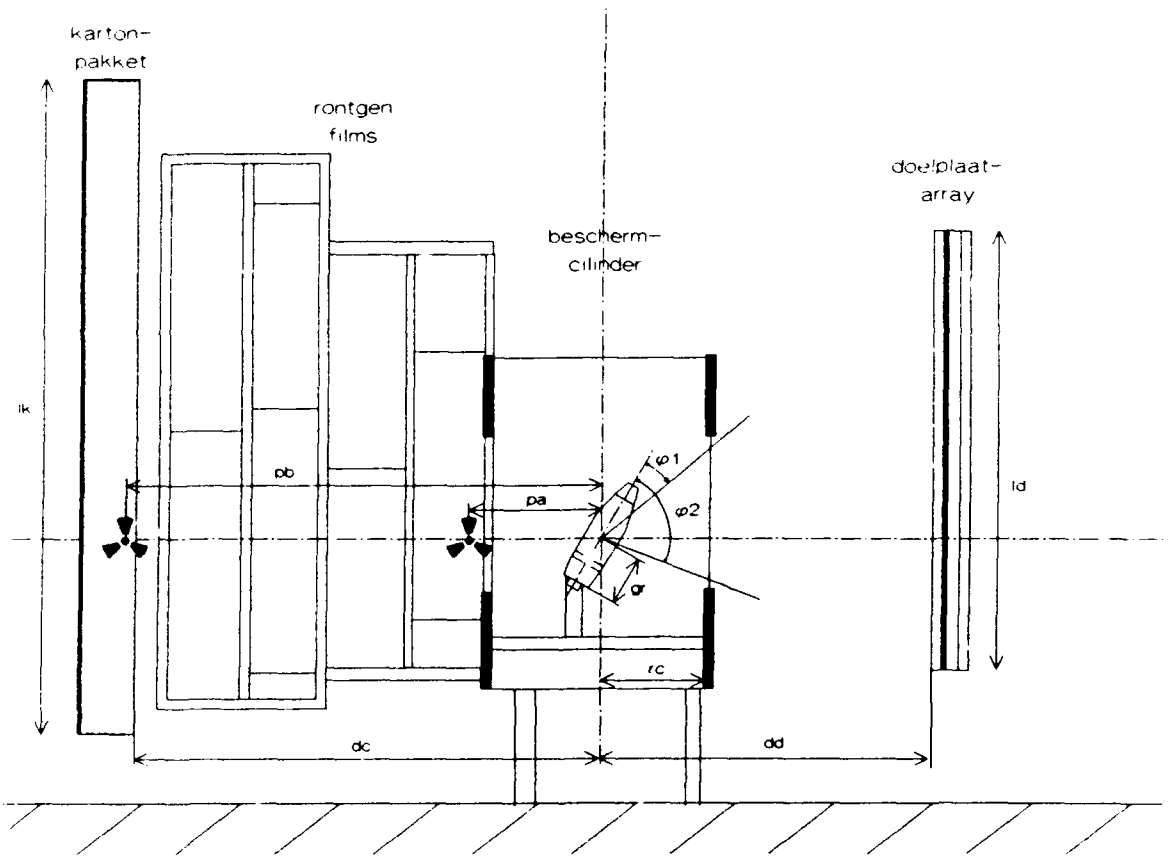
Voor het uitvoeren van de experimenten is gebruik gemaakt van de door PML-TNO ontwikkelde STAFDIP-methode (STAtic Fragment DIstribution and Perforation) [1]. Met deze methode is het mogelijk om in één experiment de scherfmassaverdeling, de scherfsnelheidsverdeling en het perforatievermogen van de scherven te bepalen. In figuur 4 is een plattegrond van de STAFDIP-opstelling getekend, zoals die bij deze serie experimenten is gebruikt, terwijl in figuur 5 een zijaanzicht met de belangrijkste maten is afgebeeld.



dh = 2970mm
α = 15°

Figuur 4 Bovenaanzicht van de meetopstelling in de bunker

De granaat is opgesteld in een stalen beschermcilinder waarin vensters (diafragma's) gemaakt zijn, zodat slechts een gecontroleerd deel van de scherven, een bundel met een openingshoek α van 15°, naar buiten kan vliegen. De beschermcilinder voorkomt daarnaast nog onnodige schade aan de binnenzijde van de bunker.



dc	= 2100	mm	lk	= 3000	mm
dd	= 1500	mm	ld	= 2000	mm
pa	= 600	mm	gr	= 215	mm
pb	= 2150	mm	Φ1	= 20°	
rc	= 508	mm	Φ2	= 80°	

Figuur 5 Zijaanzicht van de opstelling met de meest relevante afmetingen

De interesse ging tijdens deze experimenten uit naar de scherfverdeling in een delta emissiehoek Φ van 20° tot 130° ten opzichte van de as door de granaat. Vanwege de beperking opgelegd door testfaciliteit, meetapparatuur, geometrie en hoeveelheid springstof is het niet mogelijk om bij één experiment de verschervingsparameters over een delta emissiehoek groter dan 60° te bepalen. Om de gegevens over de gewenste delta-emissiehoek te verkrijgen zijn dus minimaal twee experimenten noodzakelijk. Hiertoe is de granaat 30° uit het lood opgesteld in de beschermcilinder (zie figuur 5), waardoor aan één kant van de beschermcilinder de emissiehoek Φ tussen 20° en 80°, en aan de andere kant de emissiehoek Φ tussen 80° en 140° bestudeerd kan worden. De consequentie hiervan is, dat per experiment maar één doelplaat-array kan worden geplaatst. Uit statistische overwegingen moeten dan echter wel meerdere experimenten per type granaat worden uitgevoerd.

Van één van de smalle schervenbundels (horizontale openingshoek α = 15°) die door de diafragma's in de beschermcilinder komen, worden op twee tijdstippen röntgenfoto's gemaakt. Deze scherven worden vervolgens in een kartonpakket opgevangen. Met behulp van kartonplaten met een afmeting van 1000•700•2 mm is een kartonpakket opgebouwd van 3000•700•250 mm. De scherven die niet in staat zijn om in de eerste plaat van het karton te dringen, worden geacht geen bijdrage te leveren aan de effectiviteit van de granaat, en worden niet verder in de berekeningen mee genomen. De scherven die in het karton worden teruggevonden, worden gewogen en de positie wordt bepaald.

Analyse van de röntgenfoto's maakt het mogelijk om het traject dat door elke scherf is afgelegd te achterhalen. Dus samen met het gewicht van de teruggevonden scherven, zijn nu de scherfmassa, -snelheid en -richting bekend.

Een soortgelijke schervenbundel wordt aan de andere kant van de beschermcilinder op een doelplaat-array gericht. Het hier gebruikte doelplaat-array bestaat uit twee evenwijdige platen met een tussenruimte van 50 mm. De voorste plaat is het te onderzoeken doelmateriaal, terwijl de achterste plaat dient om te kijken of een scherf na perforatie van het doelmateriaal nog perforerend vermogen over heeft. De tweede plaat moet dus een dunne plaat zijn, gebruikelijk is 1 mm St37. Dit array bevindt zich op 150 cm afstand van het middelpunt van de granaat.
De onderzochte doelmaterialen zijn voor de 104C2 : 6, 8 en 10 mm St37 en 3 mm Al, en voor de 104C5 : 10 en 15 mm St37. Door het aantal inslagen en perforaties te tellen en op te meten wordt een beeld verkregen van de perforatie capaciteit per emissiehoek segment δΦ.

5 BEPROEVINGSRESULTATEN

Tijdens deze proevenserie kon worden beschikt over vijftien stuks granaten: tien stuks 104C2 (gietijzer) en vijf stuks 104C5 (staal). Om redenen zoals hierboven geschetst kunnen met de 104C2 vijf proeven over de volledige delta emissiehoek worden gedaan, en met de 104C5 maar twee, waarbij voor de perforatiemeting elk doelmateriaal maar één keer over de volledige delta emissiehoek wordt beschoten.

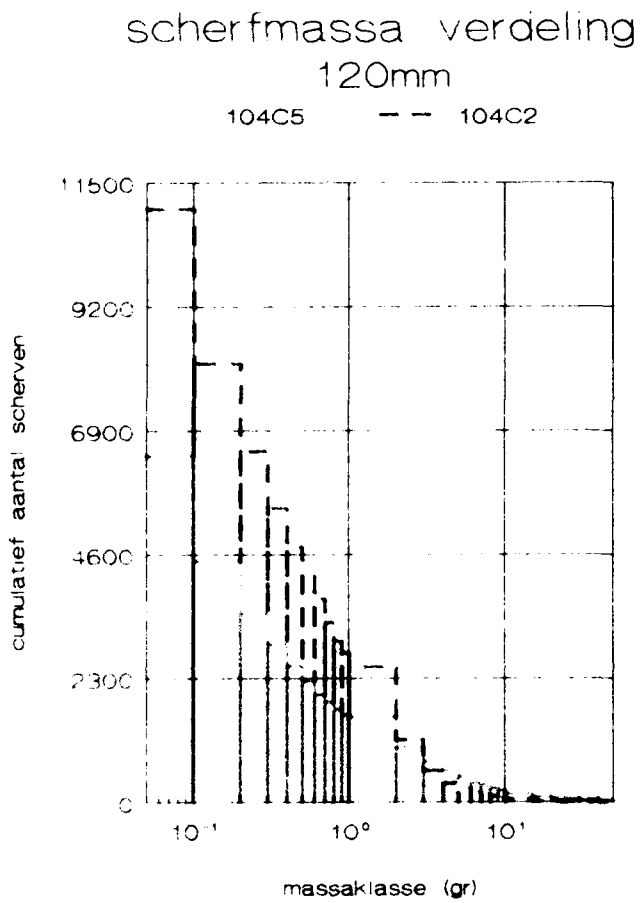
Bij de uitwerking van de experimenten worden de verschervingsparameters uitgezet tegen de emissiehoek Φ. De ruimtelijke verdeling van de scherven met hun massa, snelheid en energie wordt gepresenteerd in paragraaf 5.1. De resultaten uit de perforatiemetingen worden gepresenteerd in paragraaf 5.2.

5.1 Ruimtelijke verdeling van scherfmassa en -snelheid

Bij alle hier gepresenteerde resultaten is uitgegaan van rotatiesymmetrie, dat wil zeggen: de verschervingsparameters gemeten in een openingshoek $\alpha=15°$, in een vlak loodrecht op de as van de granaat zijn representatief voor dat gehele vlak (360°). Alle gemeten gegevens zijn dan ook omgerekend naar de totale omtrek van 360°. Eveneens zijn alle gepresenteerde resultaten gemiddelden van de uitgevoerde experimenten.

In figuur 6 is de gemiddelde cumulatieve massaverdeling, onderverdeeld in massaklassen voor beide type granaten gegeven. Het is duidelijk dat het type C2 (gietijzeren wand) veel meer scherven oplevert, terwijl het type C5 (stalen wand) weer veel zwaardere scherven geeft. Deze gegevens komen van de scherven die zijn teruggevonden in het kartonpakket.

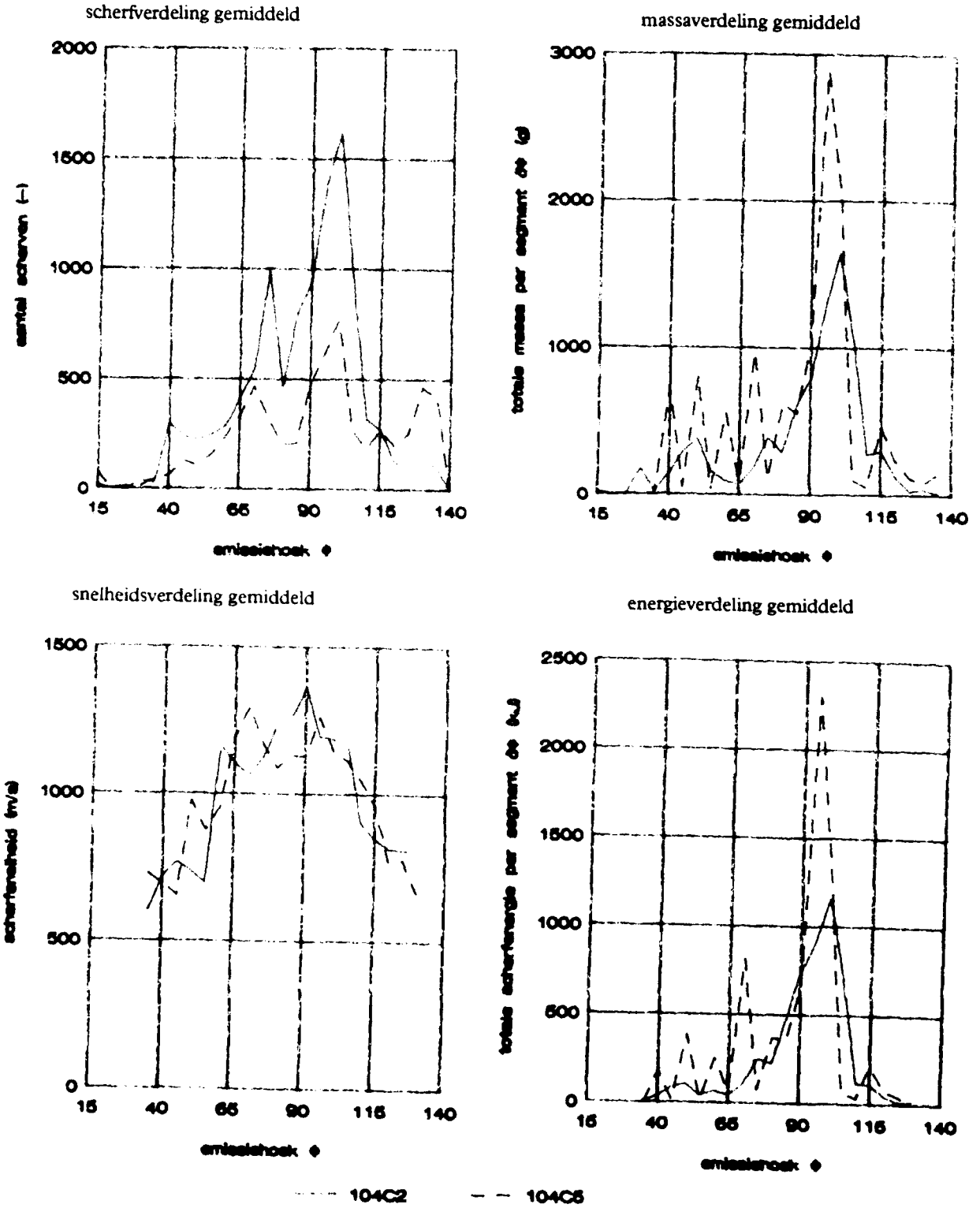
Bij deze experimenten is in een grote delta emissiehoek van 20° tot 140° ($\alpha=15°$) gekeken, zodat van de 104C2, omgerekend naar 360°, ongeveer 85% in het karton kon worden teruggevonden. Van de stalen variant, de 104C5, werd zelfs meer dan 100% teruggevonden. Dit kan worden verklaard door de grote scherven die van deze granaat komen, soms meer dan 200 g, en het kleine aantal experimenten dat met deze granaat kon worden uitgevoerd. Door deze twee factoren kan een zware scherf, wanneer wordt geëxtrapoleerd naar 360°, een onevenredig groot gewicht in de schaal leggen. De aanname dat we hier van rotatiesymmetrie gebruik kunnen maken gaat hier voor de stalen granaat dan niet helemaal meer op; de openingshoek α of het aantal experimenten is te klein.



Figuur 6 Gemiddeld cumulatief aantal scherven versus massaklasse voor beide typen granaten

Het aantal, het totale gewicht en de gemiddelde snelheid van de scherven en de hieruit berekende kinetische energie per segment $\delta\Phi$ (5° breed) zijn uitgezet tegen de emissiehoek Φ (zie figuur 7.1-7.4). Ook hieruit blijkt dat de gietijzeren 104C2 een aanzienlijk groter aantal scherven produceert; ongeveer twee maal zoveel als de stalen. De massa per scherf is hierdoor uiteraard veel kleiner. Bij een gemiddelde scherfsnelheid, die bij beide granaten in dezelfde ordegrootte ligt, hebben de grote scherven van de 104C5 derhalve de grootste energie-inhoud.
Door het kleine aantal experimenten dat we met de 104C5 konden uitvoeren, vertoont de lijn van de totale massa per segment $\delta\Phi$ een nogal springerig verloop.

De totale scherfenergie per segment $\delta\Phi$ is voor de beide typen in het gebied van 90° tot 110° verreweg het grootst, dit is ook het gebied dat de grootste scherfmassa bevat.

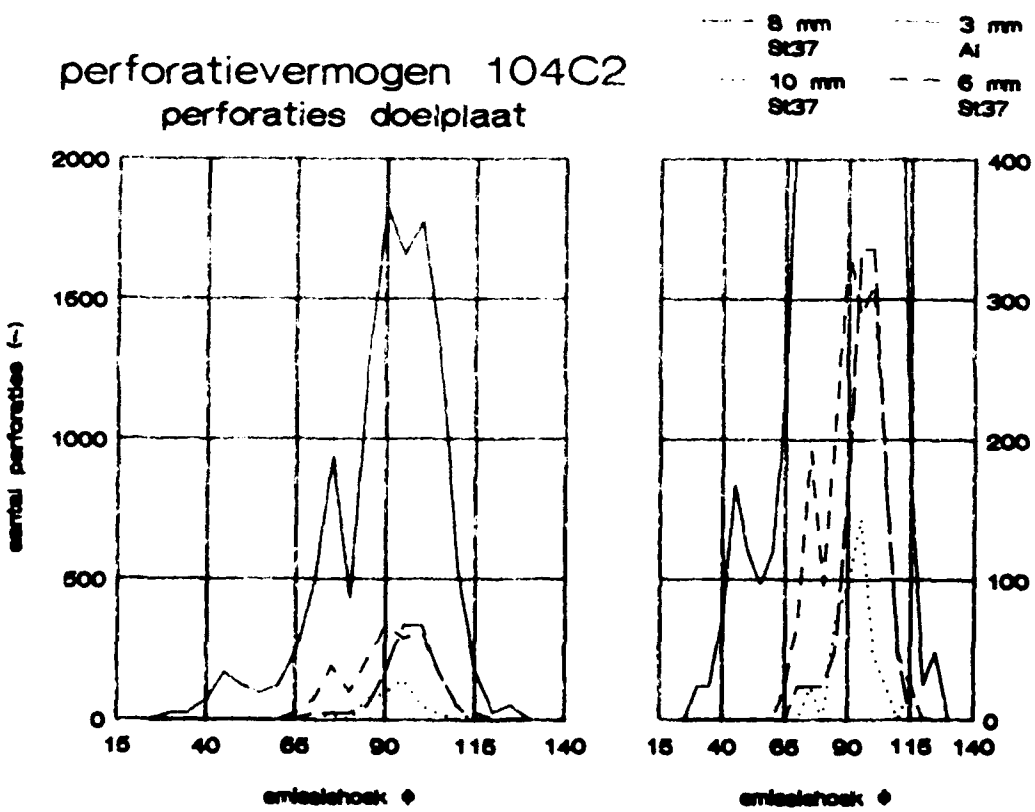


Figuur 7 Aantal, massa-, snelheids- en energieverdeling per segment vs. emissiehoek Φ

5.2 Perforatiegegevens

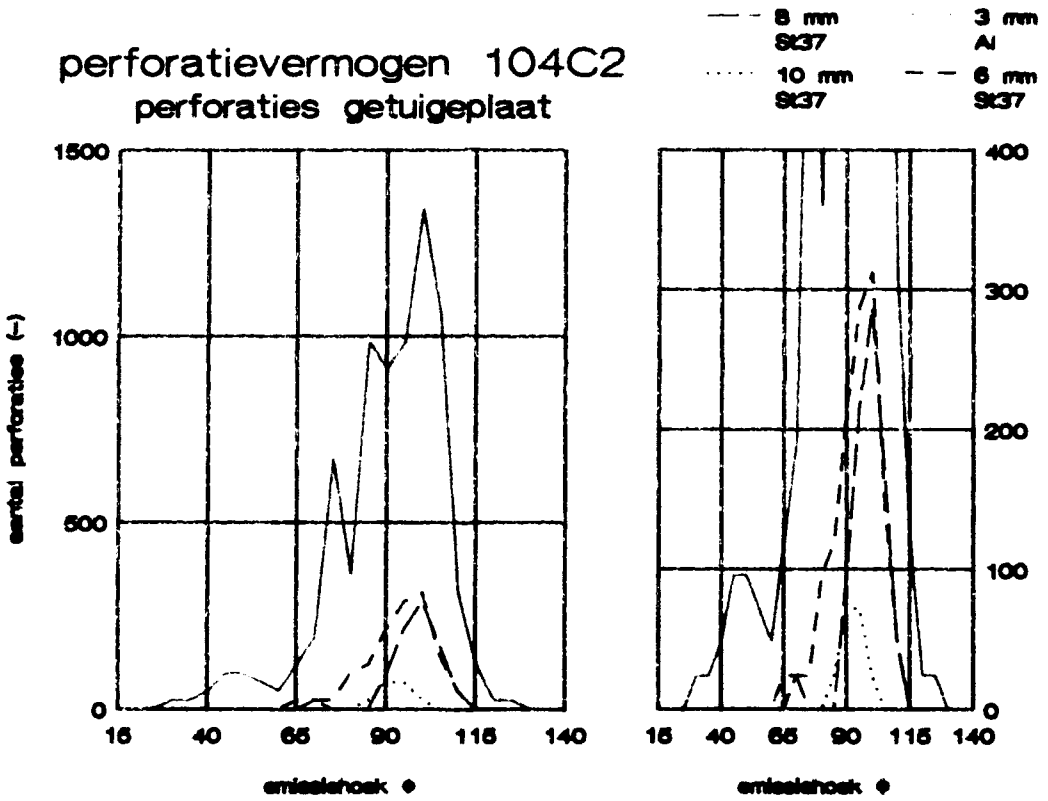
In de grafieken van figuur 8 zijn de resultaten, gerekend naar 360°, van de experimenten met de 104C2 gietijzeren granaat uitgezet als het aantal perforaties per segment δΦ tegen de emissiehoek Φ, met als parameter het doelmateriaal. Het aantal perforaties in het aluminium is zoveel groter dan in het staal, dat er een grafiek is toegevoegd waarvan de vertikale as is uitgerekt zodat de verschillen die de dikte van het staal veroorzaken beter zichtbaar zijn.

Uit de grafieken komt naar voren dat de grootste schade aan de doelplaten wordt aangebracht in de emissiehoek Φ van 90° tot 110°. Kijkend naar het verschil in aantal perforaties in het staal ontlopen de doelen van 6 mm en van 8 mm staal elkaar niet veel, met andere woorden de scherf die door 6 mm staal gaat, gaat in de meeste gevallen ook door 8 mm staal. Maar tussen 8 mm en 10 mm staal bestaat een veel groter verschil.



Figuur 8 Aantal perforaties per segment δΦ in de verschillende doelplaten voor de 104C2

Dit blijkt ook uit het gering aantal perforaties in de getuigeplaat na de 10 mm dikke stalen platen (figuur 9). De beschikbare energie in de scherven is na 10 mm staal grotendeels verbruikt. Er kan dus worden gesteld dat scherven van deze granaat maximaal 10 mm St37 op een afstand van 150 cm nog kunnen perforeren.

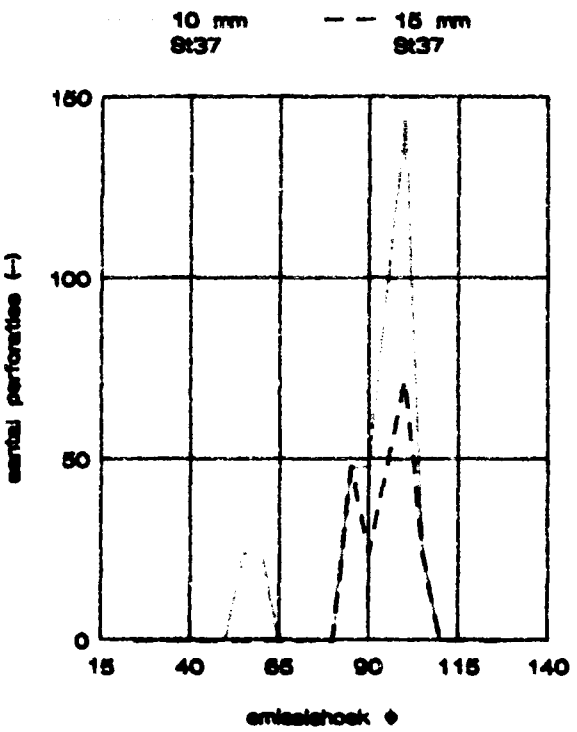


Figuur 9 Aantal perforaties per segment δΦ in de getuigeplaten na de verschillende doelplaten voor de 104C2

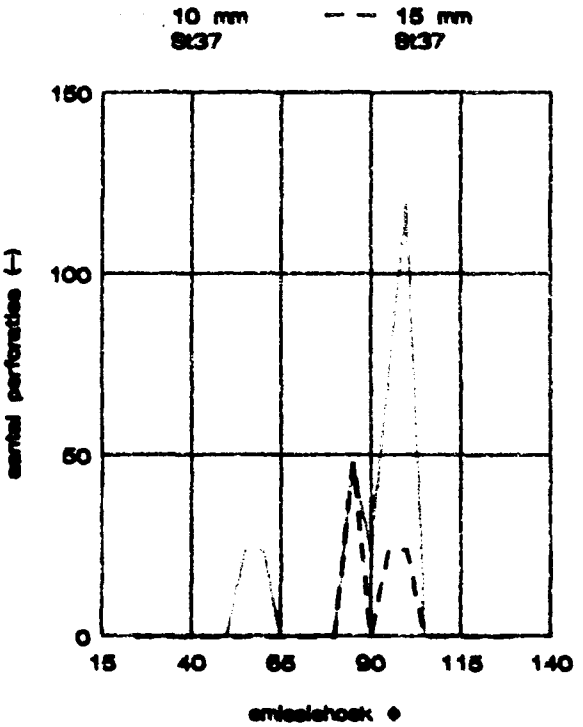
Daar maar over vijf stuks granaten van het type 104C5 beschikt werd zijn maar twee doelen over de gewenste delta emissiehoek van 20° tot 140° beschoten. Omdat stalen granaten grotere scherven leveren met een groter perforatievermogen, zij het in een geringer aantal, is voor dit type granaat een zwaarder doel gekozen namelijk: 10 mm en 15 mm St37. In figuur 10 zijn de resultaten weergegeven. Bij deze granaat is de emissiehoek waar het grootste aantal perforaties optreedt de hoek tussen 85° en 100°, dit is dus iets verschoven ten opzichte van de gietijzeren 104C2. Het totale aantal perforaties is klein omdat het aantal grote scherven, dat in staat is het doel te doorboren, klein is.

Uit het aantal perforaties in de getuigeplaat achter de 15 mm plaat is af te leiden dat de scherven nauwelijks genoeg energie meer bevatten om de 1 mm stalen getuigeplaat ook nog te doorboren.

perforatievermogen 104C5
perforaties doelplaat

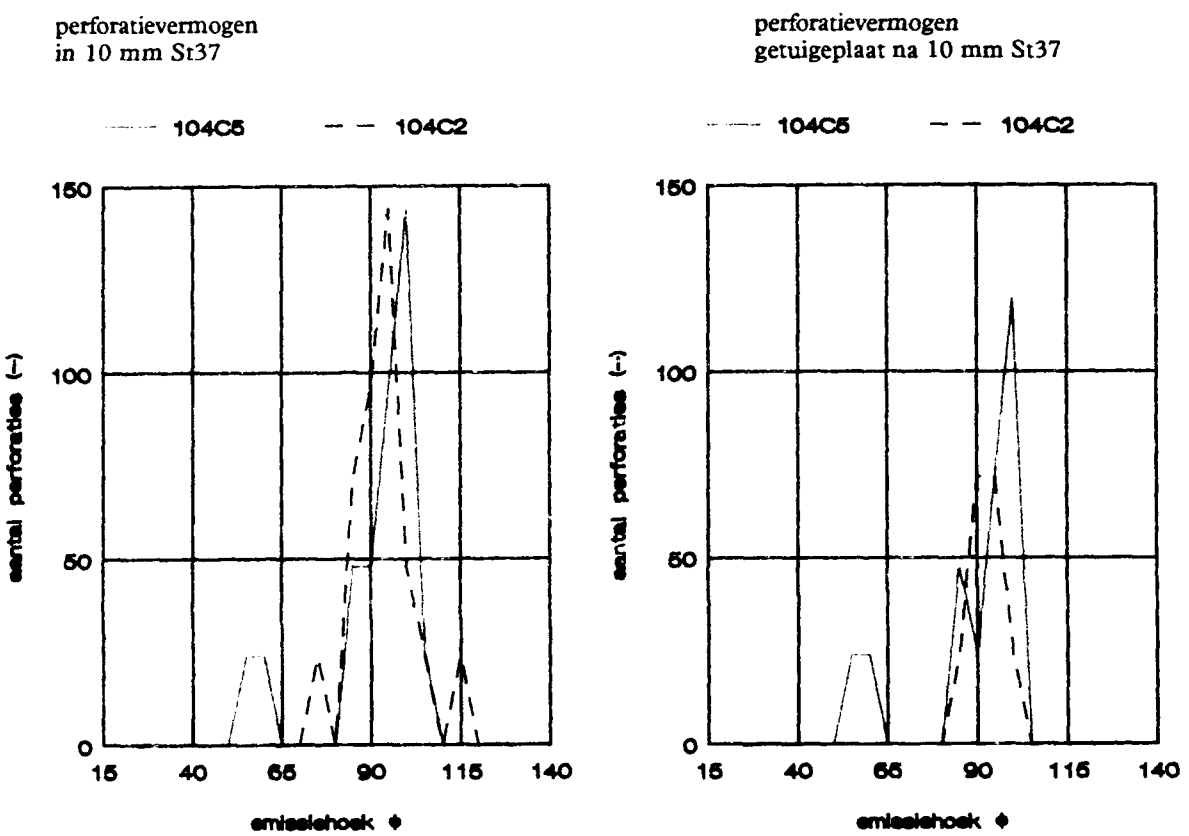


perforaties getuigeplaat



Figuur 10 Aantal perforaties per segment δΦ in de verschillende doelplaten en getuigeplaten voor de 104C5

De enige doelplaat die met beide type granaten is beschoten is 10 mm St37. In figuur 10 zijn de resultaten van deze proeven weergegeven. De beide granaten presteren op dit doel nagenoeg hetzelfde. Het grote aantal kleinere scherven van de gietijzeren C2 weegt hier nog net op tegen het kleinere aantal grote scherven van de stalen C5. Kijkend naar de getuigeplaat achter het doel wordt gezien dat de scherven uit de stalen granaat bijna allemaal ook de getuigeplaat hebben doorboord. De gietijzeren scherven echter hebben hun oorspronkelijke energie grotendeels verbruikt bij de perforatie, dit is terug te zien in het geringe aantal perforaties in de getuigeplaat. Er mag dan ook worden gesteld dat de stalen C5 variant in de hoofdscherfrichting effectiever is tegen stalen doelmateriaal waarvan de dikte 10 mm of meer bedraagt. Bij dunnere doelmaterialen zal de gietijzeren C2 variant, vanwege zijn groot aantal scherven mogelijk effectiever zijn.



Figuur 11 Resultaten van beide granaten op een 10mm stalen doel met getuigeplaat

6 CONCLUSIE

Met de in dit rapport beschreven methode is het mogelijk gebleken om een granaat van het kaliber 120 mm over een delta emissiehoek van ca. 20° tot ca. 140° te onderzoeken. In het hier beschreven onderzoek betrof het twee typen te weten: de stalen 104C5 en de gietijzeren 104C2. Met de resultaten uit dit onderzoek kunnen verdere effectiviteitsberekeningen worden uitgevoerd.

Het grote verschil tussen de twee granaten komt het meest naar voren in het aantal en de massa van de scherven. Daar de snelheid van de scherven voor beide granaten ongeveer gelijk is, is de kinetische energie in de scherven van de stalen granaat, doordat die scherven naar verhouding de grootste massa hebben, veel groter. Dit blijkt ook uit de perforatie gegevens van de 104C5 (staal) bij de dikke (>10 mm St37) doelmaterialen. De 104C2 (gietijzer) scoort daarentegen beter bij de minder dikke (<10 mm St37) doelmaterialen, dit door zijn grote aantal kleine scherven.

7 ONDERTEKENING

R.H.A. van der Meer
(Auteur)

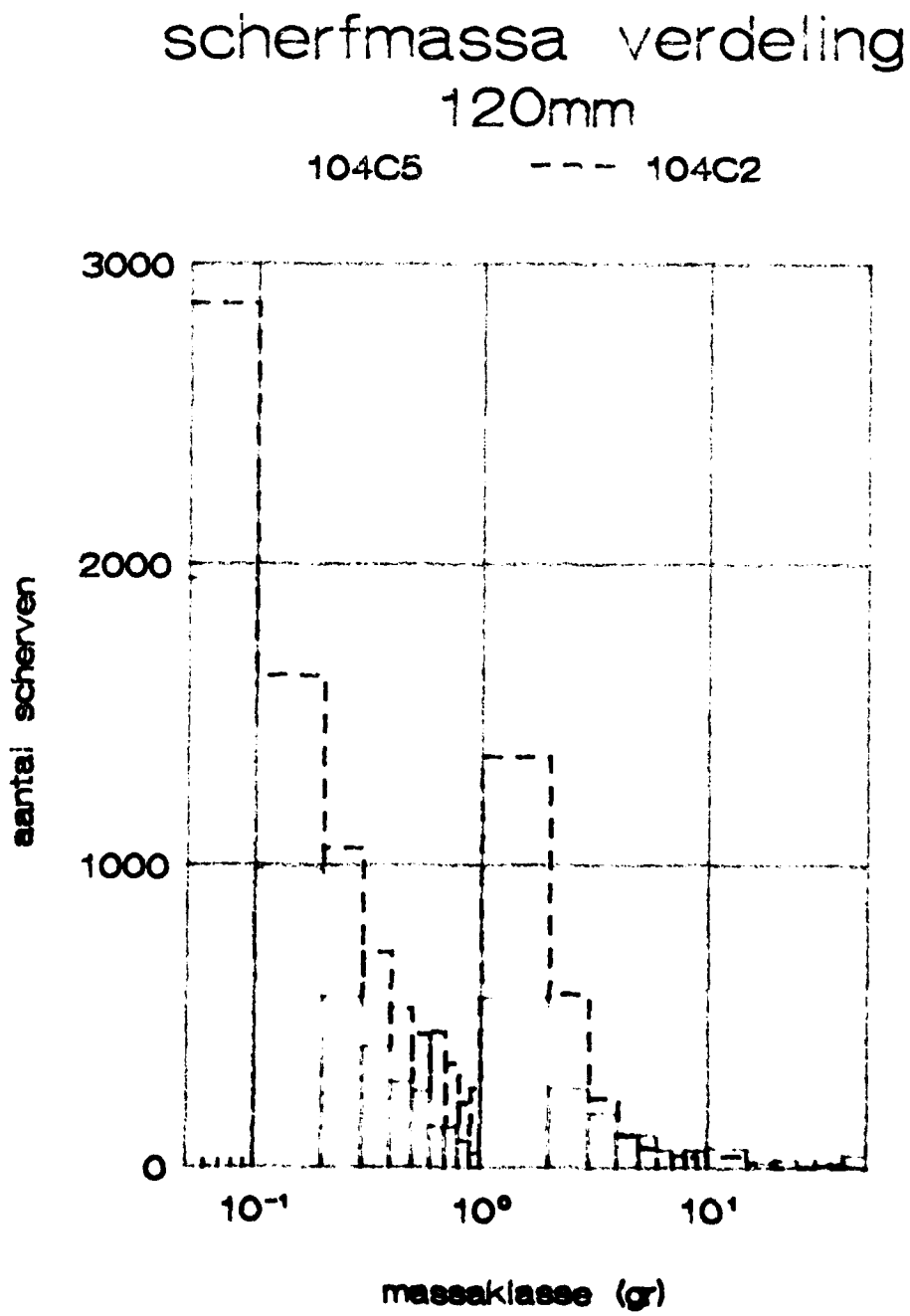
R.P.F. Joosten
(Projectleider)

8 REFERENTIES

1 Dijk, R. van; Bree, J.L.M.J. van
Evaluatie van de STAFDIP testmethode.
PML 1982-56

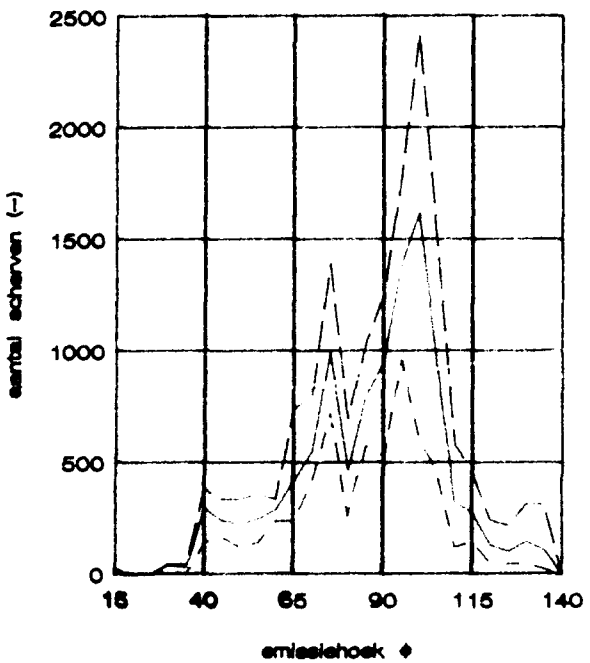
2 Thomas, G.G.
Scherfmassaverdeling van 120mm mortiergranaten met lage echo bekleding.
TL 1970-13

BIJLAGE 1 VERDELING VAN HET AANTAL SCHERVEN OVER DE MASSAKLASSEN

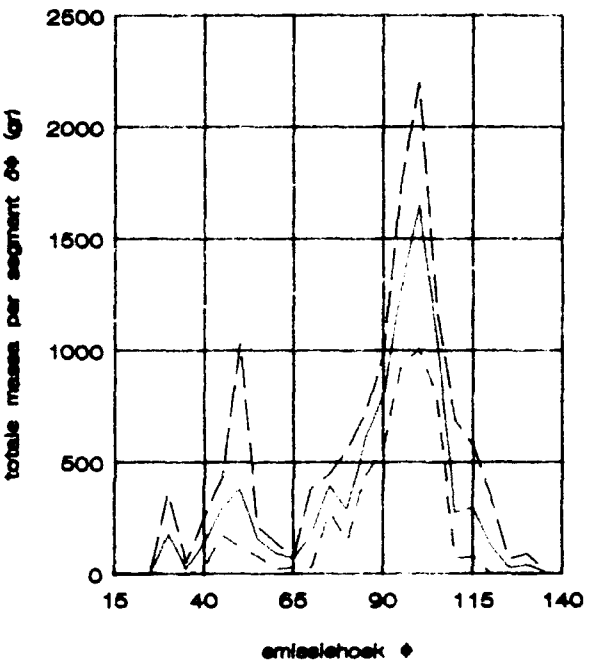


BIJLAGE 2 MAXIMAAL, GEMIDDELD EN MINIMAAL SCHERFAANTAL, -MASSA EN -SNELHEID VERSUS EMISSIEHOEK Φ VAN DE 104C2

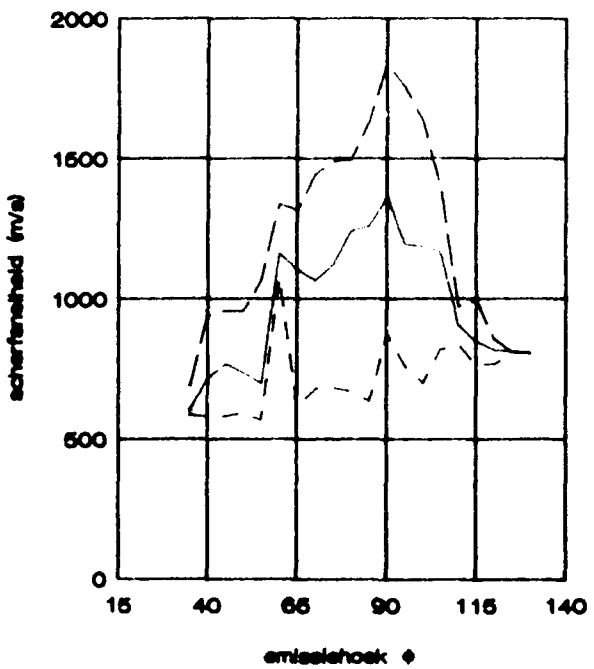
scherfverdeling



massaverdeling



snelheidsverdeling



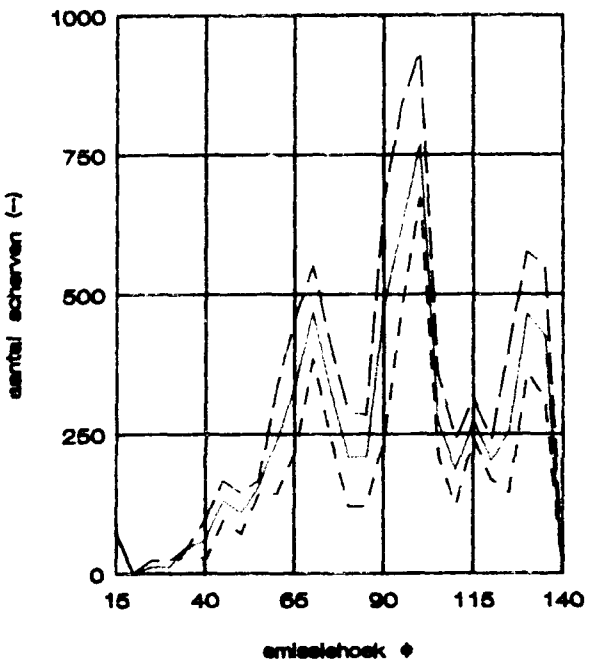
min gem max

BIJLAGE 3 MAXIMAAL, GEMIDDELD EN MINIMAAL SCHERFAANTAL, -MASSA EN -SNELHEID VERSUS EMISSIEHOEK Φ VAN DE 104C2

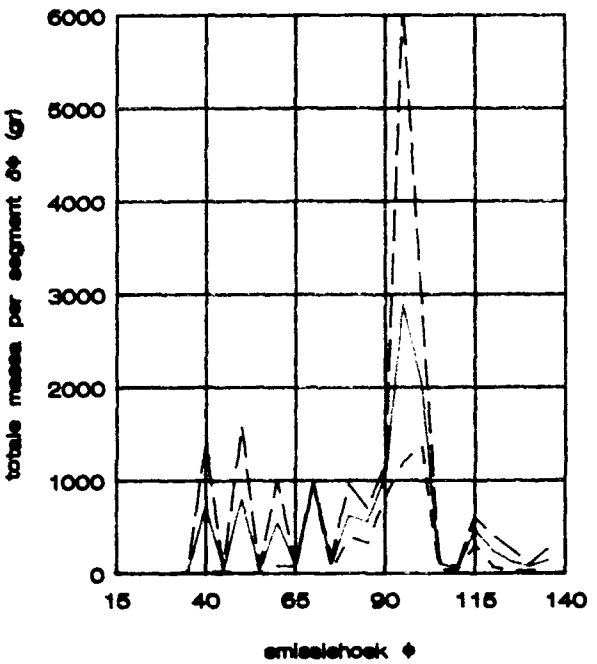
GIETIJZEREN 104C2										
emissiehoek (°)	aantal (-)			massa (g)			snelheid (m/s)			energie (kJ)
	min.	gem.	max.	min.	gem.	max.	min.	gem.	max.	gem.
15 - 20	0	16	24							
20 - 25	0	0	0							
25 - 30	0	0	0							
30 - 35	24	40	48	0	183	367				
35 - 40	0	32	48	0	23	55	587	605	693	4
40 - 45	144	296	384	29	141	252	580	717	938	36
45 - 50	168	240	336	178	294	432	583	768	959	87
50 - 55	120	224	336	122	385	1032	594	736	957	104
55 - 60	144	248	360	82	158	214	568	696	1067	38
60 - 65	240	288	336	24	95	142	1074	1162	1337	64
65 - 70	240	416	744	31	71	79	614	1103	1316	43
70 - 75	408	552	792	31	183	386	683	1064	1446	104
75 - 80	720	992	1392	281	396	451	684	1122	1489	249
80 - 85	264	464	696	151	289	562	672	1241	1497	223
85 - 90	576	796	1032	446	614	718	636	1259	1637	487
90 - 95	528	948	1248	566	795	977	875	1363	1837	739
95 - 100	960	1388	1776	936	1278	1740	760	1195	1754	913
100 - 105	600	1620	2520	1010	1650	2200	700	1185	1633	1159
105 - 110	456	928	1488	790	1048	1190	821	1168	1398	715
110 - 115	120	320	576	72	274	690	835	904	972	112
115 - 120	144	272	456	77	297	574	764	846	995	106
120 - 125	48	128	240	2,5	127	348	768	816	856	42
125 - 130	48	100	216	5	27	67	810	810	810	9
130 - 135	48	144	312	4	41	90	806	806	806	13
135 - 140	24	108	312	1	12	20				

BIJLAGE 4 MAXIMAAL, GEMIDDELD EN MINIMAAL SCHERFAANTAL, -MASSA EN -SNELHEID VERSUS EMISSIEHOEK Φ VAN DE 104C5

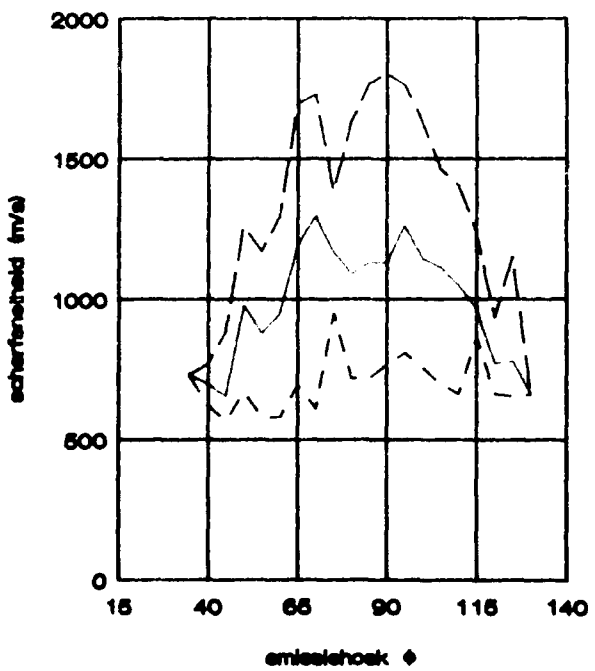
scherfverdeling

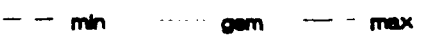


massaverdeling



snelheidsverdeling





BIJLAGE 5 MAXIMAAL, GEMIDDELD EN MINIMAAL SCHERFAANTAL, -MASSA EN -SNELHEID VERSUS EMISSIEHOEK Φ VAN DE 104C5

STALEN 104C5										
emissiehoek (°)	aantal (-)			massa (g)			snelheid (m/s)			energie (kJ)
	min.	gem.	max.	min.	gem.	max.	min.	gem.	max.	gem.
15 - 20	72	72	72	7	14	19				
20 - 25	0	0	0	0	0	0				
25 - 30	0	24	24	0	1	3				
30 - 35	0	12	24	0	5	10				
35 - 40	48	48	48	3	12	19	721	727	733	3
40 - 45	24	60	96	26	720	1414	620	695	769	174
45 - 50	96	132	168	36	50	60	566	652	882	11
50 - 55	72	108	144	12	803	1590	669	975	1259	382
55 - 60	144	156	168	7	37	55	578	876	1169	14
60 - 65	144	240	336	84	554	1010	579	949	1291	250
65 - 70	216	336	456	82	90	84	693	1191	1698	64
70 - 75	384	468	552	941	969	994	609	1295	1728	813
75 - 80	240	324	408	41	109	170	949	1167	1382	74
80 - 85	120	208	288	398	621	958	718	1088	1632	368
85 - 90	120	208	284	329	555	700	717	1130	1767	354
90 - 95	240	480	672	821	1028	1152	768	1128	1804	654
95 - 100	480	624	840	1202	2893	6140	808	1261	1761	2300
100 - 105	672	768	936	1385	2050	2971	755	1141	1627	1334
105 - 110	216	272	360	41	102	134	697	1112	1462	63
110 - 115	120	184	240	34	51	67	662	1047	1403	28
115 - 120	240	272	312	310	463	605	865	961	1235	214
120 - 125	168	200	240	70	237	408	661	770	932	70
125 - 130	144	256	408	26	122	262	652	776	1150	37
130 - 135	360	464	576	38	76	101	660	667	675	17
135 - 140	312	424	552	38	138	259				

BIJLAGE 6 VERDELING VAN DE SCHERVEN PER EMISSIEHOEK Φ EN PER GEWICHTSKLASSE 104C2

RESULTATEN KARTONPAKKET GRANAAT 104C2				
ruimtehoek Φ	massaklasse	tot. aantal voor alle exp.	gem. aantal voor 360°	tot. teruggevonden massa
15 t/m 20	0.1 g tot 0.2 g	1	8	0.10
	gruis	1	8	0.05
20 t/m 25				
25 t/m 30				
30 t/m 35	15 g tot 20 g	1	8	15.30
	7 g tot 8 g	1	8	7.40
	0.1 g tot 0.2 g	1	8	0.10
	gruis	2	16	0.10
35 t/m 40	2 g tot 3 g	1	8	2.30
	0.4 g tot 0.5 g	1	8	0.40
	gruis	2	16	0.12
40 t/m 45	8 g tot 9 g	1	8	8.50
	1 g tot 2 g	3	24	4.00
	0.7 g tot 0.8 g	2	16	1.40
	0.4 g tot 0.5 g	1	8	0.40
	0.3 g tot 0.4 g	3	24	0.90
	0.2 g tot 0.3 g	3	24	0.60
	0.1 g tot 0.2 g	10	80	1.00
	gruis	14	112	0.78
45 t/m 50	15 g tot 20 g	1	8	15.80
	5 g tot 6 g	1	8	5.30
	3 g tot 4 g	3	24	10.20
	1 g tot 2 g	2	16	2.30
	0.7 g tot 0.8 g	1	8	0.70
	0.6 g tot 0.7 g	1	8	0.60
	0.2 g tot 0.3 g	2	16	0.40
	0.1 g tot 0.2 g	7	56	0.70
	gruis	12	96	0.74
50 t/m 55	10 g tot 15 g	2	16	25.00
	8 g tot 9 g	1	8	8.70
	7 g tot 8 g	1	8	7.10
	3 g tot 4 g	3	24	9.90
	2 g tot 3 g	1	8	2.50
	1 g tot 2 g	2	16	2.00
	0.5 g tot 0.6 g	1	8	0.50
	0.4 g tot 0.5 g	2	16	0.80
	0.3 g tot 0.4 g	2	16	0.60
	0.2 g tot 0.3 g	2	16	0.40
	gruis	11	88	0.61

(vervolgd)

RESULTATEN KARTONPAKKET GRANAAT 104C2				
ruimtehoek Φ	massaklasse	tot. aantal voor alle exp.	gem. aantal voor 360°	tot. teruggevonden massa
55 t/m 60	5 g tot 6 g	1	8	5.00
	2 g tot 3 g	3	24	7.20
	1 g tot 2 g	2	16	2.70
	0.7 g tot 0.8 g	2	16	1.40
	0.6 g tot 0.7 g	2	16	1.20
	0.4 g tot 0.5 g	1	8	0.40
	0.3 g tot 0.4 g	1	8	0.30
	0.2 g tot 0.3 g	2	16	0.40
	0.1 g tot 0.2 g	5	40	0.50
	gruis	12	96	0.68
60 t/m 65	1 g tot 2 g	5	40	6.40
	0.9 g tot 1 g	1	8	0.90
	0.7 g tot 0.8 g	2	16	1.40
	0.6 g tot 0.7 g	1	8	0.60
	0.5 g tot 0.6 g	1	8	0.50
	0.4 g tot 0.5 g	1	8	0.40
	0.2 g tot 0.3 g	1	8	0.20
	0.1 g tot 0.2 g	3	24	0.30
	gruis	21	168	1.19
65 t/m 70	0.9 g tot 1 g	2	16	1.80
	0.7 g tot 0.8 g	1	8	0.70
	0.6 g tot 0.7 g	1	8	0.60
	0.5 g tot 0.6 g	1	8	0.50
	0.4 g tot 0.5 g	2	16	0.80
	0.3 g tot 0.4 g	3	24	0.90
	0.2 g tot 0.3 g	7	56	1.40
	0.1 g tot 0.2 g	5	40	0.50
	gruis	30	240	1.62
70 t/m 75	4 g tot 5 g	1	8	4.80
	3 g tot 4 g	1	8	3.20
	2 g tot 3 g	1	8	2.00
	1 g tot 2 g	3	24	3.80
	0.9 g tot 1 g	1	8	0.90
	0.6 g tot 0.7 g	1	8	0.60
	0.5 g tot 0.6 g	3	24	1.50
	0.4 g tot 0.5 g	1	8	0.40
	0.3 g tot 0.4 g	4	32	1.20
	0.2 g tot 0.3 g	7	56	1.40
	0.1 g tot 0.2 g	12	96	1.20
	gruis	34	272	1.90

(vervolgd)

RESULTATEN KARTONPAKKET GRANAAT 104C2				
ruimtehoek Φ	massaklasse	tot. aantal voor alle exp.	gem. aantal voor 360°	tot. teruggevonden massa
75 t/m 80	3 g tot 4 g	1	8	3.50
	2 g tot 3 g	3	24	7.60
	1 g tot 2 g	8	64	11.80
	0.9 g tot 1 g	2	16	1.80
	0.8 g tot 0.9 g	6	48	4.80
	07 g tot 0.8 g	5	40	3.50
	0.6 g tot 0.7 g	5	40	3.00
	0.5 g tot 0.6 g	4	32	2.00
	0.4 g tot 0.5 g	5	40	2.00
	0.3 g tot 0.4 g	7	56	2.10
	0.2 g tot 0.3 g	13	104	2.60
	0.1 g tot 0.2 g	28	224	2.80
	gruis	37	296	1.99
80 t/m 85	3 g tot 4 g	1	4	3.88
	2 g tot 3 g	13	52	29.81
	1 g tot 2 g	15	60	22.93
	0.9 g tot 1 g	2	8	1.82
	0.8 g tot 0.9 g	1	4	0.80
	0.7 g tot 0.8 g	3	12	2.10
	0.6 g tot 0.7 g	3	12	1.91
	0.5 g tot 0.6 g	4	16	2.14
	0.4 g tot 0.5 g	4	16	1.60
	0.3 g tot 0.4 g	2	8	0.60
	0.2 g tot 0.3 g	7	28	1.57
	0.1 g tot 0.2 g	16	64	1.69
	gruis	28	112	1.31
85 t/m 90	5 g tot 6 g	1	4	5.10
	4 g tot 5 g	1	4	4.90
	3 g tot 4 g	2	8	6.90
	2 g tot 3 g	16	64	39.11
	1 g tot 2 g	41	164	54.95
	0.9 g tot 1 g	6	24	5.57
	0.8 g tot 0.9 g	2	8	1.60
	0.7 g tot 0.8 g	4	16	2.80
	0.6 g tot 0.7 g	11	44	6.69
	0.5 g tot 0.6 g	11	44	5.84
	0.4 g tot 0.5 g	11	44	4.61
	0.3 g tot 0.4 g	20	80	6.33
	0.2 g tot 0.3 g	25	100	5.61
	0.1 g tot 0.2 g	17	68	2.06
	gruis	31	124	1.41

(vervolgd)

RESULTATEN KARTONPAKKET GRANAAT 104C2				
ruimtehoek Φ	massaklasse	tot. aantal voor alle exp.	gem. aantal voor 360°	tot. teruggevonden massa
90 t/m 95	8 g tot 9 g	1	4	8.00
	5 g tot 6 g	1	4	5.30
	4 g tot 5 g	5	20	22.20
	3 g tot 4 g	6	24	20.57
	2 g tot 3 g	13	52	29.35
	1 g tot 2 g	37	148	47.43
	0.9 g tot 1 g	11	44	10.27
	0.8 g tot 0.9 g	9	36	7.44
	0.7 g tot 0.8 g	15	60	10.88
	0.6 g tot 0.7 g	8	32	4.97
	0.5 g tot 0.6 g	17	68	8.92
	0.4 g tot 0.5 g	18	72	7.60
	0.3 g tot 0.4 g	19	76	6.17
	0.2 g tot 0.3 g	25	100	5.52
	0.1 g tot 0.2 g	25	100	2.88
	gruis	27	108	1.34
95 t/m 100	9 g tot 10 g	1	4	9.50
	8 g tot 9 g	2	8	16.40
	7 g tot 8 g	1	4	7.00
	6 g tot 7 g	2	8	12.22
	5 g tot 6 g	2	8	10.25
	4 g tot 5 g	4	16	16.70
	3 g tot 4 g	5	20	15.72
	2 g tot 3 g	26	104	61.44
	1 g tot 2 g	63	252	84.09
	0.9 g tot 1 g	16	64	14.46
	0.8 g tot 0.9 g	11	44	8.97
	0.7 g tot 0.8 g	16	64	11.66
	0.6 g tot 0.7 g	15	60	9.59
	0.5 g tot 0.6 g	20	80	10.18
	0.4 g tot 0.5 g	21	84	9.12
	0.3 g tot 0.4 g	26	104	8.13
	0.2 g tot 0.3 g	30	120	6.45
	0.1 g tot 0.2 g	49	196	5.74
	gruis	38	152	1.95
100 t/m 105	7 g tot 8 g	4	16	29.60
	6 g tot 7 g	4	16	24.70
	5 g tot 6 g	5	20	26.23
	4 g tot 5 g	6	24	26.25
	3 g tot 4 g	11	44	36.81
	2 g tot 3 g	31	124	75.77
	1 g tot 2 g	69	276	98.66

(vervolgd)

RESULTATEN KARTONPAKKET GRANAAT 104C2				
ruimtehoek Φ	massaklasse	tot. aantal voor alle exp.	gem. aantal voor 360°	tot. teruggevonden massa
100 t/m 105	0.9 g tot 1 g	10	40	9.11
	0.8 g tot 0.9 g	10	40	8.23
	0.7 g tot 0.8 g	14	56	10.15
	0.6 g tot 0.7 g	32	128	19.86
	0.5 g tot 0.6 g	20	80	10.14
	0.4 g tot 0.5 g	25	100	10.41
	0.3 g tot 0.4 g	29	116	9.25
	0.2 g tot 0.3 g	41	164	8.98
	0.1 g tot 0.2 g	45	180	5.76
	gruis	49	196	2.51
105 t/m 110	10 g tot 15 g	4	16	51.26
	9 g tot 10 g	1	4	9.23
	8 g tot 9 g	1	4	8.50
	7 g tot 8 g	1	4	7.10
	5 g tot 6 g	2	8	11.04
	4 g tot 5 g	5	20	22.40
	3 g tot 4 g	11	44	36.89
	2 g tot 3 g	15	60	35.09
	1 g tot 2 g	27	108	37.36
	0.9 g tot 1 g	3	12	2.74
	0.8 g tot 0.9 g	4	16	3.23
	0.7 g tot 0.8 g	6	24	4.39
	0.6 g tot 0.7 g	8	32	5.07
	0.5 g tot 0.6 g	11	44	5.76
	0.4 g tot 0.5 g	9	36	3.76
	0.3 g tot 0.4 g	17	68	5.43
	0.2 g tot 0.3 g	27	108	6.02
	0.1 g tot 0.2 g	38	152	4.53
	gruis	44	176	2.28
110 t/m 115	9 g tot 10 g	2	8	18.30
	4 g tot 5 g	1	4	4.26
	2 g tot 3 g	3	12	6.99
	1 g tot 2 g	17	68	23.88
	0.9 g tot 1 g	1	4	0.90
	0.8 g tot 0.9 g	2	8	1.66
	0.6 g tot 0.7 g	3	12	1.94
	0.5 g tot 0.6 g	3	12	1.62
	0.4 g tot 0.5 g	3	12	1.30
	0.3 g tot 0.4 g	10	40	3.10
	0.2 g tot 0.3 g	13	52	2.94
	0.1 g tot 0.2 g	8	32	0.99
	gruis	14	56	0.67

(vervolgd)

RESULTATEN KARTONPAKKET GRANAAT 104C2				
ruimtehoek Φ	massaklasse	tot. aantal voor alle exp.	gem. aantal voor 360°	tot. teruggevonden massa
115 t/m 120	10 g tot 15 g	1	4	12.30
	9 g tot 10 g	1	4	9.50
	8 g tot 9 g	1	4	8.52
	6 g tot 7 g	2	8	13.10
	4 g tot 5 g	1	4	4.01
	3 g tot 4 g	1	4	3.13
	2 g tot 3 g	2	8	4.95
	1 g tot 2 g	8	32	11.47
	0.6 g tot 0.7 g	3	12	1.85
	0.5 g tot 0.6 g	1	4	0.53
	0.4 g tot 0.5 g	3	12	1.26
	0.3 g tot 0.4 g	3	12	0.90
	0.2 g tot 0.3 g	1	4	0.23
	0.1 g tot 0.2 g	9	36	1.08
	gruis	31	124	1.41
120 t/m 125	10 g tot 15 g	1	4	11.00
	5 g tot 6 g	1	4	5.20
	3 g tot 4 g	1	4	3.39
	2 g tot 3 g	2	8	4.90
	1 g tot 2 g	2	8	3.50
	0.6 g tot 0.7 g	1	4	0.63
	0.4 g tot 0.5 g	2	8	0.80
	0.3 g tot 0.4 g	2	8	0.64
	0.2 g tot 0.3 g	2	8	0.46
	0.1 g tot 0.2 g	8	32	0.81
	gruis	10	40	0.47
125 t/m 130	1 g tot 2 g	2	8	2.40
	0.7 g tot 0.8 g	2	8	1.47
	0.6 g tot 0.7 g	1	4	0.60
	0.5 g tot 0.6 g	1	4	0.50
	0.3 g tot 0.4 g	1	4	0.30
	0.2 g tot 0.3 g	3	12	0.62
	0.1 g tot 0.2 g	3	12	0.30
	gruis	12	48	0.51
130 t/m 135	3 g tot 4 g	1	4	3.00
	1 g tot 2 g	3	12	4.50
	0.4 g tot 0.5 g	1	4	0.40
	0.2 g tot 0.3 g	2	8	0.40
	0.1 g tot 0.2 g	7	28	0.90
	gruis	22	88	1.07
135 t/m 140	0.6 g tot 0.7 g	1	4	0.65
	0.3 g tot 0.4 g	1	4	0.30
	0.2 g tot 0.3 g	2	8	0.40
	0.1 g tot 0.2 g	8	32	1.16
	gruis	15	60	0.61

BIJLAGE 7 VERDELING VAN DE SCHERVEN PER EMISSIEHOEK Φ EN PER GEWICHTSKLASSE 104C5

RESULTATEN KARTONPAKKET GRANAAT 104C5				
ruimtehoek Φ	massaklasse	tot. aantal voor alle exp.	gem. aantal voor 360°	tot. teruggevonden massa
15 t/m 20	0.5 g tot 0.6 g	1	12	0.50
	0.3 g tot 0.4 g	1	12	0.30
	0.1 g tot 0.2 g	3	36	0.30
	gruis	1	12	0.06
20 t/m 25				
25 t/m 30	0.1 g tot 0.2 g	1	12	0.10
30 t/m 35	0.4 g tot 0.5 g	1	12	0.40
35 t/m 40	0.7 g tot 0.8 g	1	12	0.70
	0.1 g tot 0.2 g	2	24	0.20
	gruis	1	12	0.06
40 t/m 45	groter dan 40 g	1	12	58.90
	0.5 g tot 0.6 g	1	12	0.50
	0.3 g tot 0.4 g	1	12	0.30
	0.2 g tot 0.3 g	1	12	0.20
	0.1 g tot 0.2 g	1	12	0.10
45 t/m 50	1 g tot 2 g	1	12	1.60
	0.8 g tot 0.9 g	1	12	0.80
	0.7 g tot 0.8 g	1	12	0.70
	0.3 g tot 0.4 g	1	12	0.30
	0.2 g tot 0.3 g	2	24	0.40
	0.1 g tot 0.2 g	2	24	0.20
	gruis	3	36	0.18
50 t/m 55	groter dan 40 g	1	12	65.70
	0.3 g tot 0.4 g	2	24	0.60
	0.2 g tot 0.3 g	1	12	0.20
	0.1 g tot 0.2 g	2	24	0.20
	gruis	3	36	0.18
55 t/M 60	1 g tot 2 g	1	12	1.80
	0.3 g tot 0.4 g	2	24	0.60
	0.1 g tot 0.2 g	2	24	0.20
	gruis	8	96	0.48
60 t/m 65	35 g tot 40 g	1	12	39.30
	2 g tot 3 g	1	12	2.30
	1 g tot 2 g	2	24	2.90
	0.4 g tot 0.5 g	1	12	0.40
	0.3 g tot 0.4 g	1	12	0.30
	0.1 g tot 0.2 g	4	48	0.40
	gruis	10	120	0.60

(vervolgd)

RESULTATEN KARTONPAKKET GRANAAT 104C5				
ruimtehoek Φ	massaklasse	tot. aantal voor alle exp.	gem. aantal voor 360°	tot. teruggevonden massa
65 t/m 70	1 g tot 2 g	1	12	1.10
	0.8 g tot 0.9 g	1	12	0.80
	0.7 g tot 0.8 g	1	12	0.70
	0.6 g tot 0.7 g	1	12	0.60
	0.5 g tot 0.6 g	2	24	1.00
	0.4 g tot 0.5 g	2	24	0.80
	0.3 g tot 0.4 g	4	48	1.20
	0.2 g tot 0.3 g	1	12	0.20
	0.1 g tot 0.2 g	5	60	0.50
	gruis	10	120	0.60
70 t/m 75	10 g tot 15 g	2	24	27.50
	9 g tot 10 g	2	24	19.00
	5 g tot 6 g	1	12	5.00
	3 g tot 4 g	3	36	9.90
	2 g tot 3 g	2	24	4.50
	1 g tot 2 g	7	84	8.60
	0.9 g tot 1 g	1	12	0.90
	0.7 g tot 0.8 g	1	12	0.70
	0.5 g tot 0.6 g	1	12	0.50
	0.4 g tot 0.5 g	5	60	2.00
	0.3 g tot 0.4 g	4	48	1.20
	0.2 g tot 0.3 g	1	12	0.20
	0.1 g tot 0.2 g	6	72	0.60
	gruis	3	36	0.18
75 t/m 80	2 g tot 3 g	1	12	2.10
	1 g tot 2 g	1	12	1.20
	0.9 g tot 1 g	1	12	0.90
	0.5 g tot 0.6 g	2	24	1.00
	0.4 g tot 0.5 g	2	24	0.80
	0.3 g tot 0.4 g	3	36	0.90
	0.2 g tot 0.3 g	7	84	1.40
	0.1 g tot 0.2 g	5	60	0.50
	gruis	5	60	0.30
80 t/m 85	15 g tot 20 g	1	8	16.70
	9 g tot 10 g	2	16	19.10
	5 g tot 6 g	4	32	21.00
	4 g tot 5 g	1	8	4.20
	3 g tot 4 g	1	8	3.10
	2 g tot 3 g	2	16	4.90
	1 g tot 2 g	4	32	5.30
	0.7 g tot 0.8 g	4	32	2.80
	0.1 g tot 0.2 g	4	32	0.40
	gruis	3	24	0.17

(vervolgd)

RESULTATEN KARTONPAKKET GRANAAT 104C5				
ruimtehoek Φ	massaklasse	tot. aantal voor alle exp.	gem. aantal voor 360°	tot. teruggevonden massa
85 t/m 90	10 g tot 15 g	2	16	25.70
	6 g tot 7 g	1	8	6.80
	5 g tot 6 g	1	8	5.10
	4 g tot 5 g	2	16	8.10
	3 g tot 4 g	3	24	10.00
	2 g tot 3 g	2	16	4.60
	1 g tot 2 g	6	48	7.80
	0.4 g tot 0.5 g	2	16	0.80
	0.2 g tot 0.3 g	1	8	0.20
	gruis	6	48	0.32
90 t/m 95	10 g tot 15 g	2	16	20.60
	9 g tot 10 g	1	8	9.20
	7 g tot 8 g	2	16	14.90
	6 g tot 7 g	1	8	6.00
	5 g tot 6 g	2	16	11.70
	4 g tot 5 g	3	24	13.00
	3 g tot 4 g	8	64	26.80
	2 g tot 3 g	6	48	13.00
	1 g tot 2 g	5	40	5.90
	0.9 g tot 1 g	1	8	0.90
	0.8 g tot 0.9 g	1	8	0.80
	0.5 g tot 0.6 g	2	16	1.00
	0.4 g tot 0.5 g	3	24	1.20
	0.3 g tot 0.4 g	5	40	1.50
	0.2 g tot 0.3 g	6	48	1.20
	0.1 g tot 0.2 g	4	32	0.40
	gruis	8	64	0.42
95 t/m 100	groter dan 40 g	1	8	%229.30
	30 g tot 35 g	1	8	34.20
	10 g tot 15 g	1	8	11.20
	8 g tot 9 g	2	16	16.90
	7 g tot 8 g	1	8	7.10
	5 g tot 6 g	3	24	16.30
	4 g tot 5 g	1	8	4.00
	3 g tot 4 g	4	32	13.90
	2 g tot 3 g	1	8	2.20
	1 g tot 2 g	10	80	13.60
	0.9 g tot 1 g	2	16	1.80
	0.8 g tot 0.9 g	3	24	2.40
	0.7 g tot 0.8 g	1	8	0.70
	0.6 g tot 0.7 g	2	16	1.20
	0.5 g tot 0.6 g	4	32	2.00

(vervolgd)

RESULTATEN KARTONPAKKET GRANAAT 104C5				
ruimtehoek Φ	massaklasse	tot. aantal voor alle exp.	gem. aantal voor 360°	tot. teruggevonden massa
95 t/m 100	0.4 g tot 0.5 g	2	16	0.80
	0.3 g tot 0.4 g	1	8	0.30
	0.2 g tot 0.3 g	9	72	1.80
	0.1 g tot 0.2 g	10	80	1.00
	gruis	19	152	0.97
100 t/m 105	groter dan 40 g	1	8	44.30
	20 g tot 25 g	3	24	67.40
	15 g tot 20 g	1	8	15.20
	8 g tot 9 g	2	16	17.10
	7 g tot 8 g	1	8	7.70
	6 g tot 7 g	3	24	19.40
	5 g tot 6 g	1	8	5.70
	4 g tot 5 g	4	32	17.80
	3 g tot 4 g	1	8	3.20
	2 g tot 3 g	9	72	22.90
	1 g tot 2 g	17	136	24.70
100 t/m 105	0.7 g tot 0.8 g	3	24	2.10
	0.6 g tot 0.7 g	1	8	0.60
	0.5 g tot 0.6 g	3	24	1.50
	0.4 g tot 0.5 g	4	32	1.60
	0.3 g tot 0.4 g	6	48	1.80
	0.2 g tot 0.3 g	7	56	1.40
	0.1 g tot 0.2 g	7	56	0.70
	gruis	23	184	1.17
105 t/m 110	2 g tot 3 g	1	8	2.00
	1 g tot 2 g	4	32	5.50
	0.7 g tot 0.8 g	1	8	0.70
	0.6 g tot 0.7 g	3	24	1.80
	0.4 g tot 0.5 g	1	8	0.40
	0.3 g tot 0.4 g	2	16	0.60
	0.2 g tot 0.3 g	3	24	0.60
	0.1 g tot 0.2 g	3	24	0.30
	gruis	16	128	0.82
110 t/m 115	1 g tot 2 g	2	16	2.50
	0.8 g tot 0.9 g	1	8	0.80
	0.6 g tot 0.7 g	1	8	0.60
	0.4 g tot 0.5 g	2	16	0.80
	0.3 g tot 0.4 g	1	8	0.30
	0.2 g tot 0.3 g	3	24	0.60
	0.1 g tot 0.2 g	2	16	0.20
	gruis	11	88	0.55

(vervolgd)

RESULTATEN KARTONPAKKET GRANAAT 104C5				
ruimtehoek Φ	massaklasse	tot. aantal voor alle exp.	gem. aantal voor 360°	tot. teruggevonden massa
115 t/m 120	8 g tot 9 g	1	8	8.80
	7 g tot 8 g	1	8	7.50
	6 g tot 7 g	2	16	12.40
	5 g tot 6 g	1	8	5.80
	4 g tot 5 g	1	8	4.70
	2 g tot 3 g	3	24	7.40
	1 g tot 2 g	4	32	5.60
	0.8 g tot 0.9 g	1	8	0.80
	0.7 g tot 0.8 g	1	8	0.70
	0.6 g tot 0.7 g	1	8	0.60
	0.5 g tot 0.6 g	3	24	1.50
	0.4 g tot 0.5 g	1	8	0.40
	0.3 g tot 0.4 g	1	8	0.30
	0.2 g tot 0.3 g	4	32	0.80
	0.1 g tot 0.2 g	4	32	0.40
	gruis	5	40	0.22
120 t/m 125	8 g tot 9 g	1	8	8.50
	4 g tot 5 g	1	8	4.70
	3 g tot 4 g	1	8	3.20
	2 g tot 3 g	1	8	2.50
	1 g tot 2 g	5	40	6.80
	0.6 g tot 0.7 g	2	16	1.20
	0.5 g tot 0.6 g	4	32	2.00
	0.1 g tot 0.2 g	5	40	0.50
	gruis	5	40	0.23
125 t/m 130	9 g tot 10 g	1	8	9.40
	1 g tot 2 g	1	8	1.20
	0.8 g tot 0.9 g	1	8	0.80
	0.7 g tot 0.8 g	1	8	0.70
	0.5 g tot 0.6 g	1	8	0.50
	0.4 g tot 0.5 g	2	16	0.80
	0.2 g tot 0.3 g	1	8	0.20
	0.1 g tot 0.2 g	10	80	1.00
	gruis	14	112	0.68
130 t/m 135	2 g tot 3 g	1	8	2.10
	0.8 g tot 0.9 g	1	8	0.80
	0.6 g tot 0.7 g	1	8	0.60
	0.5 g tot 0.6 g	4	32	2.00
	0.2 g tot 0.3 g	7	56	1.40
	0.1 g tot 0.2 g	9	72	0.90
	gruis	35	280	1 75

(vervolgd)

RESULTATEN KARTONPAKKET GRANAAT 104C5				
ruimtehoek Φ	massaklasse	tot. aantal voor alle exp.	gem. aantal voor 360°	tot. teruggevonden massa
135 t/m 140	8 g tot 9 g	1	8	8.20
	2 g tot 3 g	1	8	2.10
	0.6 g tot 0.7 g	3	24	1.80
	0.4 g tot 0.5 g	2	16	0.80
	0.3 g tot 0.4 g	3	24	0.90
	0.2 g tot 0.3 g	4	32	0.80
	0.1 g tot 0.2 g	14	112	1.40
	gruis	25	200	1.27

REPORT DOCUMENTATION PAGE
(MOD NL)

1. DEFENSE REPORT NUMBER (MOD-NL)	2. RECIPIENT'S ACCESSION NUMBER	3. PERFORMING ORGANIZATION REPORT NUMBER
TD92-2039		PML 1992-82
4. PROJECT/TASK/WORKUNIT NO.	5. CONTRACT NUMBER	6. REPORT DATE
272484026	A84/KM/052	December 1992
7. NUMBER OF PAGES	8. NUMBER OF REFERENCES	9. TYPE OF REPORT AND DATES COVERED
36 (7 Annexes)	2	Final

10. TITLE AND SUBTITLE

Fragmentation behaviour of two types of 120 mm mortargrenades
(Verschervingsgedrag van twee typen 120 mm mortiergranaten)

11. AUTHOR(S)

R.H.A. van der Meer

12. PERFORMING ORGANIZATION NAME(S) AND ADDRESS(ES)

TNO Prins Maurits Laboratory
P.O. Box 45, 2280AA Rijswijk, The Netherlands

13. SPONSORING AGENCY NAME(S) AND ADDRESS(ES)

DMKM, Afd. Wapen- en Communicatiesystemen
P.O. Box 20702, 2500 ES The Hague

14. SUPPLEMENTARY NOTES

The classification designation: ONGERUBRICEERD is equivalent to: UNCLASSIFIED

15. ABSTRACT (MAXIMUM 200 WORDS (1044 BYTE))

In order to answer the question of the Royal Netherlands Navy, about the effectiveness of 120 mm mortargrenades, the Prins Maurits Laboratory (PML) started an investigation. As a part of that investigation the Ballistics Research Laboratory of PML carried out 15 experimental tests.

The purpose of these tests was to determine the fragmentation parameters of two types of 120 mm shells: the cast iron 104C2 and the steel 104C5. PML-TNO developed a method for this named STAFDIP [1]. With this method it is possible to detonate the shell statically and determine the fragment mass and velocity. In the same experiment the perforation capacity against several target materials can be obtained.

The results show a much larger amount of fragments produced by the cast iron shell, while the steel one has bigger fragments in a smaller amount. This causes the steel shell to have a larger effect on the thicker target plates (10 mm St37 or more). But because of the large amount of small fragments the cast iron shell has more effect against the thinner targets.

16. DESCRIPTORS	IDENTIFIERS
Effectiveness	Grenades
Tests	Mortars
Fragmentation	Perforation

17A. SECURITY CLASSIFICATION (OF REPORT)	17B. SECURITY CLASSIFICATION (OF PAGE)	17C. SECURITY CLASSIFICATION (OF ABSTRACT)
ONGERUBRICEERD	ONGERUBRICEERD	ONGERUBRICEERD

18. DISTRIBUTION AVAILABILITY STATEMENT	17D. SECURITY CLASSIFICATION (OF TITLES)
Unlimited Distribution	ONGERUBRICEERD

Distributielijst

1	DWOO
2	HWO-KL
3/4	HWO-KLu
5	HWO-KM
6	DMKM, Afd. Wapens- en Communicatiesystemen KLTZ. J.A.M. van Burik
7	VOKIM, Dr. ir. J.H. Hendriks
8/10	TDCK
11	Hoofddirecteur DO-TNO
12	Lid Instituuts Advies Raad PML Prof. drs. P.J. van den Berg
13	Lid Instituuts Advies Raad PML Prof. ir. M.A.W. Scheffelaar
14	Lid Instituuts Advies Raad PML Prof. ir. H. Wittenberg
15	PML-TNO, Directeur; daarna reserve
16	PML-TNO, Directeur Programma; daarna reserve
17/18	PML-TNO, Secretariaat Divisie 2, Groep 2
19	PML-TNO, Documentatie
20	PML-TNO, Archief