



**ANALIZA WPLYWU OBRÓBKII CIEPLNEJ I MECHANICZNEJ
NA FRAGMENTACJĘ 120 MM ODŁAMKOWO-BURZĄCYCH
POCISKÓW MOŹDIERZOWYCH.
CZĘŚĆ I - CHARAKTERYSTYKA WYBRANYCH 120 MM POCISKÓW
MOŹDIERZOWYCH**

***ANALYSIS OF THE INFLUENCE OF HEAT AND MECHANICAL
TREATMENT ON THE FRAGMENTATION OF 120 MM
HIGH-EXPLOSIVE MORTAR SHELLS.
PART I - CHARACTERISTICS OF SELECTED 120 MM MORTAR SHELLS***

Michał ORŁOWSKI, *orlowskim@witu.mil.pl*

Andrzej ROGALA, *rogalaa@witu.mil.pl*, ORCID: 0000-0002-1968-8357

Paweł SWEKLEJ, *sweklejp@witu.mil.pl* ORCID: 0000-0002-5794-8906

Wojskowy Instytut Techniczny Uzbrojenia, ul. Pr. St. Wyszyńskiego 7, 05-220 Zielonka
Military Institute of Armament Technology, 7 Wyszynskiego St., 05-220 Zielonka, Poland

Mariusz MAGIER, *mariusz.magier@pw.edu.pl*, ORCID: 0000-0002-4431-9537

Politechnika Warszawska, Wydział Mechaniczny Technologiczny
Warsaw's University of Technology, Mechanic Faculty of Technology

DOI 10.5604/01.3001.0054.6650

Streszczenie: Celem badawczym w pracy było określenie wpływu obróbki termicznej i plastycznej na fragmentację 120 mm pocisków do moździerzka samobieżnego Rak na podstawie wyników badań dynamicznych fragmentacji skorup pocisków i pomiaru ilości odłamków w poszczególnych grupach masowych. Głównymi zagadnieniami w pracy, które zostały poruszone to wymagania taktyczno-techniczne jakie muszą spełniać naboje moździerzowe typu HE (high explosive), skupiając się na właściwościach wpływających na zachodzenie procesu fragmentacji pocisków tj. zastosowany materiał na skorupę oraz materiał wybuchowy. Celem uzyskania odpowiednich danych umożliwiających przeprowadzenie analizy wynikającej z tematu pracy konieczne było przeprowadzenie badań na przygotowanych obiektach badawczych. Część badawcza obejmuje przeprowadzone badanie balistyczne fragmentacji skorup pocisków typu HE, które wykonane zostały z trzech rodzajów materiałów oraz poddane zostały zróżnicowanym parametrom obróbki cieplnej w czasie trwania procesu ich wytwarzania. Otrzymane wyniki badań bali-

Abstract: The research goal of the work was to determine the influence of thermal and mechanical processing on the fragmentation of 120 mm projectiles for Rak self-propelled mortar based on results of dynamic tests over the fragmentation of projectile shells and measurements of number of fragments in individual mass groups. The main issues raised in the work are the tactical and technical requirements that must be met by HE (high explosive) mortar rounds, focusing on the properties that influence the fragmentation process of the projectiles, i.e. the material used for the shell and the explosive material. In order to obtain appropriate data to analyse the topic of the work, it was necessary to investigate prepared samples. The research part includes a ballistic examination of the fragmentation of HE projectile shells made of three types of materials and subjected to various parameters of heat treatment during the production process. The obtained results of ballistic fragmentation tests of mortar shells were used for analysis and enabled comparison of fragmentation characteris-

stycznych fragmentacji pocisków moździerzowych posłużyły do analizy i umożliwiły porównanie charakterystyk fragmentacji między pociskami wykonanymi z różnych materiałów i poddanymi procesom obróbki cieplnej. W części I przedstawiono przegląd wybranych 120 mm naboju moździerzowych z pociskami odłamkowo-burzącymi typu HE.

Słowa kluczowe: fragmentacja, skorupa, pocisk odłamkowo-burzący

1. Wstęp

Początkowo jedną z głównych broni stosowanych do działań oblężniczych, niszczenia fortyfikacji, był moździerz. Reprezentuje on najstarszą specjalizowaną odmianę działa artyleryjskiego. Jego zastosowanie opiera się na prowadzeniu ognia pośredniego poprzez strzelanie stromotorowe, które cechuje się kątem podniesienia lufy nie mniejszym niż 50° . Specyficzna budowa oraz taktyczne zastosowanie moździerza sprawiły go całkowicie odmiennym typem uzbrojenia od klasycznego działa artyleryjskiego, która zakwalifikowała go jako odrębny środek ogniowy. Moździerze w czasie pierwszej wojny światowej służyły głównie jako środek ogniowy do zwalczania siły żywej przeciwnika ukrytej w okopach. Lekkie moździerze używane są przez wojska piechoty w celu prowadzenia ognia do lekkich fortyfikacji polowych, celów lżej opancerzonych oraz pozycji przeciwnika znajdującej się za niewielkimi przeszkodami terenowymi, niszczenia pozycji obserwacyjnych, stanowisk dowodzenia, itp. Korzystając z różnych typów pocisków moździerzowych możliwe jest użycie środka bojowego do zadymienia bądź oświetlenia danych pozycji.

Ze względu na zmieniające się tendencje dotyczące tworzenia w ramach sił zbrojnych formacji szybkiego reagowania bazujących na podstawie lekkich i mobilnych jednostek bojowych sytuacja wymusiła rozwój moździerzy samobieżnych. Spośród samobieżnych środków bojowych wyróżnić

tics between shells made of different materials and subjected to heat treatment processes. The conducted ballistic test analysis provides data that will contribute to further optimization of the projectile shell structure in order to obtain the desired fragmentation effects. Part I presents an overview of selected 120 mm mortar cartridges with high-explosive (HE) shells.

Keywords: fragmentation, shell, high-explosive projectile

1. Introduction

Mortars were initially used as a main weapon at besieging operations against fortresses. They represent the oldest type of artillery guns. Their application is based on indirect fire at high elevation of a barrel which is greater than 50° . A specific design and tactical application made the mortars become a completely different type of weapon system than the classical artillery guns and were classified as separate fire assets. During the First WW the mortars were mainly used as fire assets fighting the enemy manpower hidden in trenches. Light mortars are used by the infantry to fight light field fortifications, and lighter armoured targets, and enemy positions placed behind small terrain obstacles, and command and observation points, etc. Application of different types of mortar projectiles can be used for a smoke screening or illumination of specific positions.

Regarding circumstances of changing tendencies concerning the creation of rapid reaction groups, in the frame of armed forces, based on the light and mobile combat units the development of self-propelled mortars was enforced. Amid the self-propelled combat assets two types can be distinguished: with turrets and without turrets. Development of the

możemy ich dwa rodzaje: wieżowe oraz bezwieżowe. Opracowanie polskiego samobieźnego moździerza Rak oraz zapewnienie prowadzenia zadań ogniowych odpowiadających współczesnemu polu walki, głównie ze względu na potrzebę zwiększenia donośności, wymusiło prace modernizacyjne amunicji do 120 mm dział moździerzowych. Ministerstwo obrony narodowej zleciło opracowanie czterech nowych typów 120 mm amunicji do zastosowania w moździerzach samobieźnych Rak: pocisków odłamkowo-burzących HE elaborowanych trotylem oraz mało wrażliwym materiałem wybuchowym K43, pocisków dymnych oraz oświetlających. Podstawowym nabojem moździerzowym jest amunicja odłamkowo-burząca, której głównym zadaniem jest rażenie siły żywej, sprzętu technicznego oraz lekko opancerzonych pojazdów, poprzez odpowiednio zachodzącą fragmentację skorupy pocisku. W celu wprowadzenia nowo skonstruowanego pocisku do seryjnej produkcji potrzebne jest uzyskanie pozytywnych wyników (spełnione wymagania określone w księdze warunków technicznych danego środka bojowego) z przeprowadzonych badań rozwojowych oraz zdawczo-odbiorczych.

Współczesna amunicja moździerzowa z pociskami odłamkowo-burzącymi musi spełniać szereg wymagań, aby była skuteczna na polu walki. Kluczowymi kategoriami wymagań są: skuteczność fragmentacji, zasięg rażenia, precyzja, odporność na warunki atmosferyczne, bezpieczeństwo obsługi, adaptowalność do różnych moździerzy oraz zgodność z normami międzynarodowymi.

2. Charakterystyka wybranych 120 mm pocisków moździerzowych

2.1. Naboje kalibru 120 mm OF-843 i RAK HE-1 prod. Dezamet

Znajdujące się dotychczas na wyposażeniu w Wojsku Polskim 120 mm odłamkowo-burzący pocisk moździerzowy OF-843A i OF-

Polish self-propelled mortar Rak and ensuring the execution of firing tasks needed on the contemporary battlefield, relating mainly to the increased range, enforced the upgrading of ammunition for 120 mm mortar guns. The Ministry of National Defence commissioned the development of four new types of 120 mm ammunition for self-propelled mortars Rak: HE projectiles elaborated with trotyl and K43 explosive material of low sensitivity. High explosive ammunition is a basic type of mortar rounds dedicated for hitting the manpower, technical equipment, and lightly armoured vehicles by an appropriate fragmentation of projectile's shell. Before introduction of the newly developed projectile into a serial production there are needed positive results (fulfilment of requirements specified in the specification of technical conditions for a combat asset) of development tests and assignment-reception tests.

Contemporary mortar ammunition with high-explosive projectiles must meet many specifications securing its effectiveness on the battlefield. Following specifications are crucial: effectiveness of fragmentation, range of hitting, precision and resistance to weather conditions, safety of handling, adaptability to different mortars, and compliance with international standards.

2. Characteristics of Selected 120 mm Mortar Projectiles

2.1. 120 mm Rounds OF-843 and RAK HE-1 Made by Dezamet

120 mm high-explosive projectiles OF-843A and OF-843B used now by the Polish Military cannot provide a demand-

843B nie zapewnia pożądanego donośności, która założona została na odległość minimum 10 000 m. Opracowane po II wojnie światowej pociski moździerzowe do holowanych 120 mm moździerzy wz. 1943 modernizowane są obecnie w celu możliwości wykorzystania ich do szkolenia żołnierzy obsługujących moździerze samobieżne Rak. Przystosowanie naboju moździerzowych do prowadzenia ognia z moździerza Rak wymaga modernizacji ze względu na różnice w konstrukcji okucia, które współpracuje z automatycznym systemem magazynowania, dosyłania i ładowania [1].

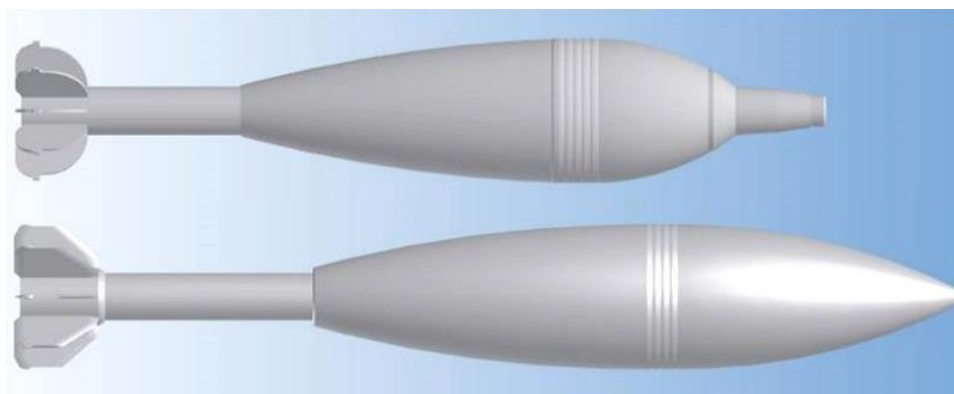
Wyróżniamy konstrukcje opierające się na dwóch podstawowych zarysach skorup pocisków odłamkowo-burzących:

- zarys klasyczny (tzw. kropelkowy);
- zarys dalekonośny [2].

ed range which was specified at minimal distance of 10 000 m. Mortar projectiles developed after the WW II for the towed mortars model 1943 have been currently upgraded for using them to training infantrymen handling the self-propelled mortars Rak. Adaptation of mortar rounds for firing with Rak mortar requires an upgrading because of differences in designs of the fittings working together with the automatic system of storing, feeding, and loading [1].

We can distinguish the designs based on two basic outlines of shapes of shells of the high-explosive rounds:

- Classical shape (called as droplet-like);
- Long range shape [2].



**Rys. 1. Porównanie kształtów 120 mm pocisków moździerzowych
– od góry: zarys klasyczny i zarys dalekonośny [2]**

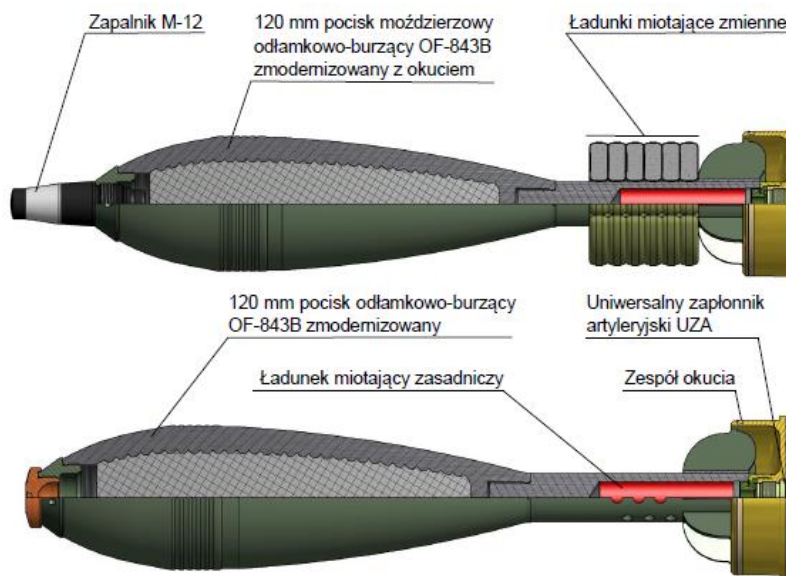
*Fig. 1. Comparison of shapes of 120 mm mortar rounds
– from the top: classical shape and long-range shape [2]*

Wstępne założenia taktyczno-techniczne nowo opracowanej amunicji z pociskiem odłamkowo-burzącym wymagały zapewnienia maksymalnej donośności pocisku na odległość minimum 10 000 m. Różnice w ukształtowaniu zapalnika i skorupy pocisku dla prędkości jakie rozwija wystrzelowany nabój wpływają na uzyskiwaną donośność maksymalną ze względu na występujące opory powietrza. Ponadto nowo opracowane pociski posiadają

Preliminary tactical-technical specifications for newly developed ammunition with the high-explosive round assumed the maximal range for the projectile at the distance of minimum 10 000 m. Differences in the shapes of projectile fuse and shell affect the efficient maximal range due to the air drag existing at velocities during projectile flight. Moreover, the newly developed projectiles have the shell

skorupę wykonaną ze stali w przeciwieństwie do starszego typu OF-843, których skorupa wykonana była z żeliwa. Prace modernizacyjne nie były w stanie wpłynąć na poprawę wartości maksymalnej donośności. Była ona również uzależniona od właściwości wytrzymałościowych samej skorupy pocisku odłamkowo-burzącego, której wytrzymałość nie jest zdolna wytrzymać wielkości ciśnienia osiąganego podczas wystrzału w przewodzie lufowym [1].

made of steel, contrary to older type OF-843 with the shells made of the cast iron. The upgrading activities were not able to improve the maximal range. The range also depended on the strength characteristics of the high-explosive projectile shell which cannot resist the value of pressure occurring at the firing inside the barrel [1].



**Rys. 2. 120 mm nabój OF-843BM [3]
Zapalnik M-12/**

**Fig. 2. 120 mm round OF-843BM [3]
Fuse M-12/**

Zapalnik M-12 – Fuse M-12

120 mm pocisk moździerzowy odłamkowo burzący OF-843B zmodernizowany z okuciem – Upgraded 120 mm high-explosive mortar round OF-843B with the fitting

Ładunki miotające zmienne – Changeable propelling charges

120 mm pocisk odłamkowo burzący OF-843B zmodernizowany – Upgraded 120 mm high-explosive round OF-843B

Uniwersalny zapłonnik artyleryjski UZA – Universal artillery igniter

Ładunek miotający zasadniczy – Main propelling charge

Zespół okucia – Fitting unit

Zmodernizowany nabój przeznaczony do strzelania ze 120 mm moździerza samobieżnego RAK składa się z:

- 120 mm pocisku odłamkowo-burzącego, którego zadaniem jest zapewnienie odpowiedniego efektu działania fali uderzeniowej oraz fragmentacji skorupy pocisku;
- zapalnika głowicowego, który inicjuje łańcuch ogniowy odpowiedzialny za po-

The upgraded round designed for firing with 120 mm self-propelled RAK mortar is composed of:

- 120 mm high-explosive projectile providing the appropriate effect of blasting wave and fragmentation of the shell;
- Head fuse initiating the fire train responsible for initiation of explo-

<p>budzenie materiału wybuchowego zaelaborowanego w skorupie pocisku;</p> <ul style="list-style-type: none"> – ładunku miotającego zasadniczego, który ma za zadanie inicjować zapłon ładunków miotających zmiennych; – zespołu okucia, którego celem jest uszczelnienie komory naboju; – uniwersalnego zapłonika artyleryjskiego UZA, który odpowiedzialny jest za inicjację ładunku miotającego zasadniczego; – ładunku miotającego zmiennego, służącego do zwiększenia prędkości pocisku w zależności od pożądanej donośności; – stabilizatora, który ma za zadanie utrzymywać odpowiednią stabilizację pocisku podczas lotu [3]. 	<p>sive material elaborated inside the projectile shell;</p> <ul style="list-style-type: none"> – Main propelling charge which initiates the ignition of changeable propelling charges; – Fitting unit aimed for sealing the cartridge chamber; – Universal artillery igniter UZA which is responsible for initiation of the main propelling charge; – Changeable propelling charge used to increase the velocity of projectile depending on demanded range; – Stabilizer providing proper stability at projectile flight [3].
---	---

Tabela 1. Dane taktyczno-techniczne zmodernizowanego pocisku OF-843BM [3]

Table 1. Tactical-technical data for upgraded projectile OF-843BM [3]

Pocisk OF-843BM / Projectile OF-843BM	
typ pocisku - <i>Type of projectile</i>	odłamkowo-burzący / <i>HE</i>
Zapalnik – Fuse	M-12
długość pocisku z zapalnikiem [m] – <i>Projectile's length with fuse</i>	698
masa naboju [kg] – <i>Mass of round</i>	18,2
masa pocisku [kg] – <i>Mass of projectile</i>	16,0
masa zapalnika [kg] – <i>Mass of fuse</i>	0,53
masa prochu zaelaborowanego w ładunku miotającym [g] – <i>Mass of powder filling the propelling charge</i>	- zasadniczym - <i>Main</i> : ~33 - zmiennym – <i>Variable</i> : ~74
materiał wybuchowy – <i>Explosive material</i>	TNT (trotyl)
masa materiału wybuchowego [kg] – <i>Mass of explosive material</i>	~1,8
donośność min/max [m] – <i>Min/max range</i>	650/6000
zakres temperatur eksploatacji [°C] – <i>Temperature limits of use</i>	-40 ÷ +55

Projektowaniu nowego pocisku moździerzowego do samobieżnego moździerza Rak towarzyszyły wysokie wymagania. Dotyczyły one zwiększonego zasięgu ognia oraz możliwości zwalczania celów na wprost.

Wpłynęło to na zwiększenie wymagań wytrzymałościowych pocisku, który podda-

The designing process of new mortar projectile for self-propelled Rak mortar was accompanied with high requirements relating to the increased range of fire and to possibilities for fighting the targets with direct fire.

It caused the increase of strength re-

wany jest w przewodzie lufy wyższym ciśnieniem oraz przeciążeniami. Moździerz został skonstruowany przez producenta tak, aby możliwe było prowadzenie ognia przy panującym w przewodzie lufowym ciśnieniu rzędu 216 MPa. Podanej wielkości ciśnienie pozwala uzyskać przez pocisk prędkość wylotową wynoszącą nawet 500 m/s, czyli prędkość nadźwiękową, która nie była wcześniej możliwa do osiągnięcia przy użyciu 120 mm pocisków moździerzowych starszego typu [1].

quirements for the projectile which is subjected to higher pressure and loads in the barrel's bore. The manufacturer designed the mortar to fire at the level of pressure inside the barrel ca. 216 MPa. The pressure of that level provides the muzzle velocity of the projectile even up to 500 m/s, i.e. the supersonic velocity which could not be achieved previously by using 120 mm mortar projectiles of the older type [1].

Tabela.2. Dane techniczne pocisku Rak HE-1 [4]
Table.2. Technical data for projectile Rak HE-1 [4]

Pocisk Rak HE-1 / Projectile Rak HE-1	
masa naboju [kg] – <i>Mass of round</i>	19,2
masa pocisku [kg] – <i>Mass of projectile</i>	16,1
masa materiału wybuchowego [kg] – <i>Mass of explosive material</i>	2,3
długość [mm] – <i>Length</i>	795
prędkość początkowa przy pełnym ładunku [m/s] – <i>Muzzle velocity at complete charge</i>	510
donośność min/max [m] – <i>Min/max range</i>	750/10000
min odległość strzelania torem płaskim (na wprost) [m] – <i>Minimal range of direct fire</i>	150
materiał wybuchowy – <i>Explosive material</i>	TNT
promień skutecznego rażenia siły żywej – <i>Radius of manpower efficient hitting</i>	nie mniejszy niż 30 m <i>Not less than 30 m</i>
zakres temperatur eksploatacji [°C] – <i>Temperature limits of use</i>	-40 ÷ +50

Oprócz naboju z pociskiem odłamkowo-burzącym (HE) zaprojektowane zostały również naboje z pociskiem dymnym (SMK) oraz oświetlającym (ILL). Wszystkie trzy nowo opracowane naboje do moździerza automatycznego Rak wyposażone zostały w opracowane od podstaw zapalniki. Charakteryzują się mechanizmem inicjującym proces uzbrajania, który wykorzystuje efekt oddziaływania aerodynamicznego na pocisk w czasie trwania

Beside the round with the high-explosive projectile (HE) the rounds with the smoke (SMK) and illuminating (ILL) projectiles were also designed. All three newly developed rounds for automatic mortar Rak were equipped with fuses which were completely new developments. They are characterised by the presence of a mechanism initiating the process of arming exploiting the effect of aerodynamical

lotu. Dla naboju z pociskiem oświetlającym oraz dymnym zastosowano programowalny zapalnik elektroniczny PMZ-10, który cechuje się układem elektronicznym zasilanym baterią chemiczną inicjowaną w momencie wystrzału. Oba zapalniki do momentu wystrzału nie posiadają zgromadzonej energii elektrycznej potrzebnej do uzbrojenia. Nabój z pociskiem odłamkowo-burzącym z zapalnikiem UMZ-12, który tak samo jak typ PMZ-10 spełnia wymagania normy STANAG 4187 Ed.3. Zapalnik jest mechaniczny głowicowy typu uderzeniowego z nastawą natychmiastową i krótką zwłoką. Minimalna prędkość wymagana do uzbrojenia obu zapalników to 145 m/s [1].

reaction to the projectile during its flight. Rounds with illuminating and smoke projectiles use PMZ-10 programmable electronic fuse which is powered by a chemical battery initiated at the moment of firing. Both fuses do not contain any stored electric energy needed for arming before the firing. The round with the high-explosive projectile equipped with UMZ-12 fuse, similarly to PMZ-10 type, meets the requirements of standard STANAG 4187 Ed.3. The fuse is a mechanical percussion head fuse with instantaneous setting and short delay. The minimal velocity needed for arming both fuses is 145 m/s [1].



Rys. 3. 120 mm nabój z pociskiem odłamkowo-burzącym RAK HE-1 [4]

Fig. 3. 120 mm round with high-explosive projectile RAK HE-1 [4]



Rys. 4. 120 mm naboje do automatycznego moździerza Rak – od lewej: z pociskiem odłamkowo-burzącym, z pociskiem oświetlającym oraz z pociskiem dymnym [4]

Fig. 4. 120 mm rounds for automatic mortar Rak – from the left: with high-explosive projectile, with illuminating projectile, and with smoke projectile [4]

2.2. Naboje kalibru 120 mm typu HE prod. Hirtenberger

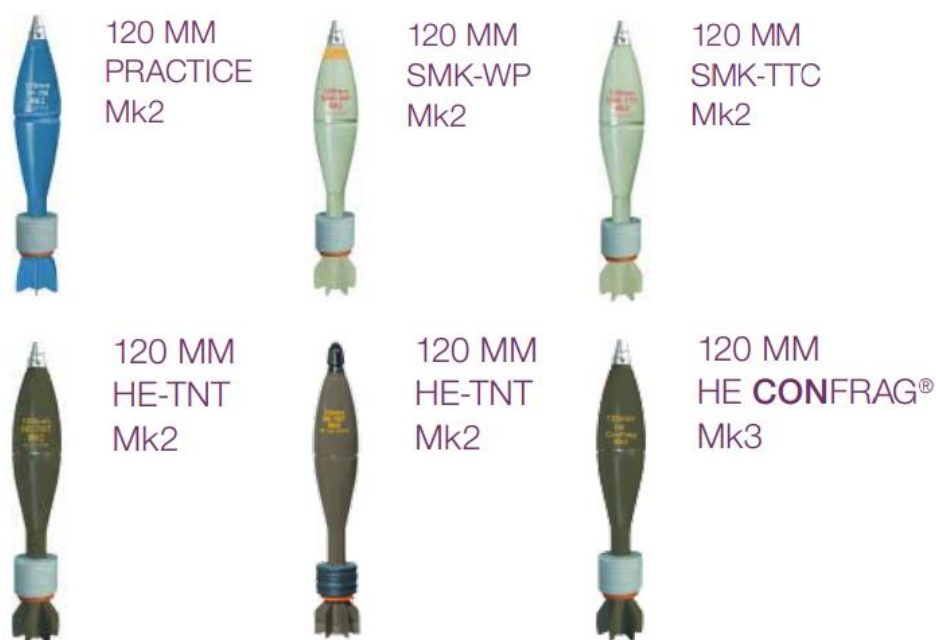
Celem zapewnienia wysokiej efektywności w najbardziej wymagających warunkach, optymalnej wydajności i bezpieczeństwa

2.2. HE Type 120 mm Rounds Manufactured by Hirtenberger

A special family of ammunition was created to provide high efficiency at extreme conditions, and optimal effective-

podczas użytkowania moździerza M12 kalibru 120 mm stworzona została specjalna rodzina amunicji. Gamę 120 mm amunicji typu HE zasilają naboje: z pociskiem odłamkowo-burzącym, z pociskiem dymnym (biały fosfor i tetrochlorek tytanu), z pociskiem oświetlającym w zakresie widzialnym i podczerwonym oraz amunicja treningowa.

ness and safety at using 120 mm mortar M12. The catalogue of HE 120 mm ammunition includes: fragmentation HE projectile, smoke projectile (white phosphorus and titanium tetrachloride), illuminating projectile on the visible and infrared range and practice ammunition.



Rys. 5. 120 mm naboje do moździerza M12 [5]

Fig. 5. 120 mm rounds for M12 mortar [5]

Tabela. 3. Dane taktyczno-techniczne amunicji typu HE do moździerza M12 [5]

Table. 3. Tactical-technical data of HE type ammunition for mortar M12 [5]

HE Mk2 / Practice Mk2 / SMK-WP Mk2 / SMK-TTC Mk2	maksymalny zasięg [m] <i>Maximal range</i>	maksymalne ciśnienie [MPa] <i>Maximal pressure</i>
ładunek 1 / <i>Charge 1</i>	1700	15
ładunek 8 / <i>Charge 8</i>	8500	150
ładunek 9 / <i>Charge 9</i>	9000	190

Naboje moździerzowe ze skorupą typu HE charakteryzują się długością wynoszącą 753 mm oraz wagą na poziomie 14,6 kg. Skorupa omawianych pocisków wykonana jest z żeliwa, które gwarantuje odpowiednią wytrzymałość podczas wystrzału i pożądany efekt

Mortar rounds with the HE shell type are characterised by the length of 753 mm and weight 14.6 kg. The shell of discussed projectiles is made of the cast iron warranting a suitable strength at firing and demanded fragmentation effect

fragmentacji po uderzeniu w cel. Wersja Mk2 naboju z pociskiem odłamkowo-burzącym wypełniona została materiałem wybuchowym w postaci TNT (trinitrotoluen). Zastosowane materiały oraz technologia zapewnia przebieg procesu fragmentacji ze skutkiem wytworzenia ok. 13 000 fragmentów, z czego minimum 2 300 fragmentów z masą $m > 0,56$ g każdy. Nowsza wersja pocisku Mk3 wraz z zastosowaniem technologii Confrag zapewnia większą skuteczność rażenia celów przez ponad 60% z ok. 10 540 odłamków, z czego ok. 3929 powstałych fragmentów ma być o masie nie mniejszej niż 0,56 g. Naboje moździerzowe uzyskują swoją maksymalną donośność podczas prowadzenia strzelania przy użyciu moździerza w wersji z dłuższą lufą, której długość przewodu lufowego wynosi 1 535 mm [5].

2.3. Naboje kalibru 120 mm typ HE prod. Nexter

Naboje moździerzowe ze skorupą pocisku typu HE produkcji Nexter Arrowtech w zależności od wersji przeznaczone są do prowadzenia ognia z gładkolufowymi holowanymi moździerzami ładowanymi od przodu oraz gładkolufowymi systemami moździerzowymi Nemo i innymi systemami moździerzowymi o wysokim ciśnieniu podczas wystrzału. Wszystkie skorupy pocisków odłamkowo-burzących typu HE wykonane z żeliwa o wysokiej fragmentacji. Oferowane naboje moździerzowe kalibru 120 mm występują w 6 następujących wersjach:

- M530A1 – z pociskiem odłamkowo-burzącym, przeznaczony do gładkolufowych moździerzy holowanych ładowanych od przodu;
- M530A2 – z pociskiem odłamkowo-burzącym, przeznaczony do gładkolufowych systemów moździerzowych m.in. Nemo ładowanych od tyłu;
- M530B1 – zmodernizowana wersja naboju M530A1;

after hitting a target. Version Mk2 of the round with fragmentating HE projectile was filled with TNT (trinitrotoluene). The applied materials and technology provides creation of ca. 13 000 of fragments at fragmentation including at least 2 300 fragments with the mass of $m > 0.56$ g for each one. A newer version of Mk3 projectile, applying Confrag technology, provides a higher efficiency of hitting the targets for more than 60% of ca. 10 540 fragments, and ca. 3929 of produced fragments have not lower mass than 0.56 g. The mortar rounds can provide the maximal range when fired with mortars equipped with a longer barrel equal to 1 535 mm [5].

2.3. HE Rounds of 120 mm Calibre Made by Nexter

Mortar rounds having HE type of projectile shells and manufactured by Nexter Arrowtech are designed, depending on their version, for firing with smoothbore towed mortars loaded from the front, and with smoothbore Nemo mortar systems and other systems having high pressure at firing. All shells of HE fragmentating projectiles were made of high fragmentation cast iron. 120 mm mortar rounds are offered in 6 following versions:

- M530A1 – with HE fragmentating projectile designed for towed smoothbore mortars loaded from the front;
- M530A2 – with HE fragmentating projectile designed for smoothbore mortar systems, for instance Nemo, loaded from the back;
- M530B1 – upgraded version of M530A1 round;

- M590B2 – zmodernizowana wersja naboju M30A2;
 - M528A1 – z pociskiem ćwiczebnym, przeznaczony do moździerzy ładowanych od przodu;
 - M528A2 – z pociskiem ćwiczebnym, przeznaczony do systemów moździerzowych ładowanych odtylcowo [6].
- M590B2 – upgraded version of M30A2 round;
 - M528A1 – with practice projectile designed for front loaded mortars;
 - M528A2 – with practice projectile designed for back loaded mortar systems [6].

Tabela. 4. Dane taktyczno-techniczne naboju produkcji Nexter [6]

Table. 4. Tactical-technical data of rounds manufactured by Nexter [6]

	M530A1	M530A2	M530B1	M590B2	M528A1	M528A2
Typ <i>Type</i>	HE	HE	HE-IM	HE-IM	HE PRAC	HE PRAC
Materiał wybuchowy <i>Explosive material</i>	Komp. B <i>Comp. B</i>	Komp. B	XF 11585	XF 11585	Obojętny <i>Blank</i>	Obojętny <i>Blank</i>
Masa naboju [kg] <i>Mass of round</i>	15,2	15,5	15,2	15,5	15,2	15,5
Masa materiału wy- buchowego [kg] <i>Mass of explosive material</i>	2,5	2,5	2,5	2,5	-	-
Długość naboju [mm] <i>Length of round</i>	780	800	780	800	780	800
Zapalnik <i>Fuse</i>	PD	PD	PD	PD	-	-
Maksymalne ciśnienie w komorze [MPa] <i>Maximal chamber pressure</i>	160	165	95	165	95	165
Prędkość wylotowa [m/s] <i>Muzzle velocity</i>	428	440	311	440	311	440
Donośność [m] <i>Range</i>	8 500	9 000	7 000	9 000	7 000	9 000
Temperatura użytkowa [°C] <i>Operation temperature</i>	-46 ÷ +62	-46 ÷ +62	-46 ÷ +62	-46 ÷ +62	-46 ÷ +62	-46 ÷ +62



Rys. 6. 120 mm nabój M530A2 [6]

Fig. 6. 120 mm round M530A2 [6]

2.4. Naboje kalibru 120 mm typu HE prod. Nammo

Oferta fińsko-norweskiej grupy w swojej gamie produkowanej amunicji zawiera 120 mm naboje moździerzowe.

2.4. HE 120 mm Rounds manufactured by Nammo

Finnish-Norwegian group offers a family of 120 mm mortar rounds.



Rys. 7. 120 mm naboje z pociskami odłamkowo-burzącymi typu HE oraz HE-ER [7]

Fig. 7. 120 mm rounds with high-explosive fragmentating projectiles HE and HE-ER [7]

Tabela 5. Dane taktyczno-techniczne nabołów z pociskiem odłamkowo-burzącym [7]

Table 5. Tactical-technical data for rounds with high-explosive fragmentating projectile [7]

	pocisk typu HE <i>HE type projectile</i>	pocisk typu HE-ER <i>HE-ER projectile</i>
materiał wybuchowy / <i>Explosive material</i>	TNT	komp. B / <i>Comp. B</i>
materiał skorupy pocisku / <i>Material of projectile shell</i>	Żeliwo / <i>Cast iron</i>	kuta stal / <i>Forged steel</i>
masa całkowita [kg] / <i>Overall mass</i>	13	15,3
Masa materiału wybuchowego [kg] / <i>Mass of explosive material</i>	2	3,4
liczba ładunków zmiennych [szt.] / <i>Number of variable charges</i>	0 ÷ 6	0 ÷ 6
prędkość wylotowa [m/s] / <i>Muzzle velocity</i>	103 - 455	128 - 500
min/max donośność [m] / <i>Maximal range</i>	8 400 [lufa – Barrel 3 m] 8 000 [lufa 2 m] 7 800 [lufa 1,6 m]	300/9 800
max ciśnienie [MPa] / <i>Maximal pressure</i>	≤ 164	≤ 214
temperatura użytkowania [°C] / <i>Temperature of operation</i>	-46° ÷ +63°	-46° ÷ +63°

W ich skład wchodzi naboje: z pociskiem odłamkowo-burzącym (HE i HE-ER), z pociskiem dymnym oraz z pociskiem oświetlającym. Zestaw nabołów moździerzowych jest kompatybilny ze wszystkimi standardowymi gładkolufowymi 120 mm moździerzami oraz system wieżowym Patria (Amos i Nemo) w przypadku doposażenia w zespół okucia [7].

2.5. Nabój kalibru 120 mm typu HE prod. Pakistan Ordnance Factories

Amunicja moździerzowa M44A2 kompatybilna jest z moździerzem AM-50 z przewodem lufowym o długości 1,75 m, który jest poprzednikiem gwintowanego moździerza MO-120-RT oraz wszelkich gładkolufowych moździerzy kalibru 120 mm.

It contains the rounds with high-explosive (HE and HE-ER) fragmentating projectile, and with smoke and illuminating projectiles. The family of mortar rounds is compatible with all standard smoothbore 120 mm mortars and with turret Patria systems (Amos and Nemo) after adding a fitting unit [7].

2.5. HE 120 mm Round Manufactured by Pakistan Ordnance Factories

Mortar ammunition M44A2 is compatible with AM-50 mortar with the length of barrel bore 1.75 m, which is a predecessor of rifled mortar MO-120-RT and all smoothbore 120 mm mortars.



Rys. 8. 120 mm nabój z pociskiem odłamkowo-burzącym typu HE Pakistan Ordnance Factories [8]
Fig. 8. 120 mm round with fragmentating HE projectile of Pakistan Ordnance Factories [8]

Tabela 6. Prędkość wylotowa w zależności od liczby ładunków miotających zmiennych [9]

Table 6. Muzzle velocity dependable on number of variable charges [9]

Liczba ładunków miotających zmiennych [szt.] <i>Number of variable propelling charges [items]</i>	Prędkość wylotowa [m/s] <i>Muzzle velocity</i>
0	119
1	153
2	185
3	217
4	248
5	277
6	305
7	331

Skorupa pocisku odłamkowo-burzącego została wykonana z kutej stali oraz zaelaborowana została materiałem wybuchowym (2,6 kg) w postaci trinitrotoluenu. Masa naboju wraz z zapalnikiem wynosi 13 kg. Montowany zapalnik posiada opcje inicjacji działania w momencie uderzenia w cel oraz ze zwłoką. Maksymalna donośność na jaką pozwala konstrukcja pocisku wynosi 6 745 m [8].

2.6. Nabój TAM 12.8 oraz VAM 14.9

Nabój moździerzowy kalibru 120 mm o oznaczeniu TAM 12.8 z pociskiem odłamkowo-burzącym został opracowany przez Tampella Defence Division i zmodernizowany przez Vammas.

The shell of high-explosive fragmentating projectile was made of the forged steel and filled with explosive material (2.6 kg) in form of trinitrotoluene. The mass of the round with the fuse is 13 kg. The integrated fuse has the options initiating the operation in the moment of hitting a target, or with a delay. Maximal range allowed by the design of the projectile is 6 745 m [8].

2.6. Round TAM 12.8 and VAM 14.9

120 mm mortar round designated as TAM 12.8 with high-explosive projectile was developed by Tampella Defence Division and upgraded by Vammas.

Tabela 7. Prędkość wylotowa w zależności od liczby ładunków miotających zmiennych [10]

Table 7. Muzzle velocity dependable on number of variable propelling charges [10]

	TAM 12.8	VAM 14.9
minimalny zasięg [m] / <i>Minimal range</i>	300	300
maksymalny zasięg [m] / <i>Maximal range</i>	8 500	9 500
minimalna prędkość wylotowa [m/s] / <i>Minimal muzzle velocity</i>	112	105
maksymalna prędkość wylotowa [m/s] / <i>Maximal muzzle velocity</i>	444	450
długość [mm] / <i>Length</i>	665	795
masa [kg] / <i>Mass</i>	12,8	14,9
masa materiału wybuchowego [kg] / <i>Mass of explosive material</i>	2,1	2,6
maksymalna możliwa liczba ładunków miotających zmiennych [szt.] / <i>Maximal allowed number of variable propelling charges</i>	8	8

Skorupa pocisku TAM 12.8 została wykonana poprzez odlewanie stali a następnie poddanie wyrobu obróbce mechanicznej. Natomiast nabój o charakterze zwiększonego zasięgu VAM 14.9 opracowany przez Vammas, wykonany został z kutej stali. Część stabilizująca pocisk podczas lotu w obu przypadkach wykonana została z aluminium [10].

The shell of TAM 12.8 projectile was prepared by steel casting followed by mechanical treatment. The round of increased range VAM 14.9 was made of forged steel by Vammas. The part stabilising the projectile at flight was made in both cases of aluminium [10].

Both discussed versions of 120 mm

Obie omawiane wersje 120 mm pocisku odłamkowo-burzącego przeznaczone są do prowadzenia ognia z gładko lufowych 120 mm moździerzów [10].

3. Podsumowanie

Na podstawie dokonanego przeglądu wybranych 120 mm nabojów moździerzowych z pociskami odłamkowo-burzącymi typu HE (tabela 8) zauważyć można różnice wynikające w trzech głównych aspektach.

Pierwszym czynnikiem wpływającym na efekt końcowy w postaci poprawnego działania środka bojowego zgodnie z założeniami taktyczno-technicznymi jest materiał skorupy pocisku. W wybranych pociskach odłamkowo-burzących wybieranym materiałem na wykonanie skorupy pocisków były stal i żeliwo. Materiały wykorzystywane do produkcji skorup pocisków charakteryzują się różnymi wartościami twardości, wytrzymałości i wydłużenia, które zdecydowanie wpływają na proces fragmentacji pocisku podczas detonacji.

Drugą składową wpływającą m.in. na odpowiednią fragmentację pocisku jest wybranie odpowiedniego materiału wybuchowego. Materiał wybuchowy odpowiada za osiągnięcie odpowiedniej energii co przekłada się na siłę detonacji pocisku. Omawiane pociski nabojów moździerzowych elaborowane były trzema głównymi materiałami wybuchowymi stosowanymi w przemyśle obronnym. Stosowanymi materiałami, którymi elaborowane były pociski, to trinitrotoluen (TNT), Kompozycja B (Comp. B) oraz XF 11585. Kompozycja B jest mieszaniną heksogenu (RDX) i trotylu, a heksogen który jest głównym składnikiem tej mieszaniny jest uznawany za jeden z najsilniejszych materiałów wybuchowych. Natomiast mieszanina XF 11585 to mieszanina zawierająca w 31%

fragmenting high-explosive projectile are designed for firing with 120 mm smooth-bore mortars [10].

3. Summary

On the base of reviewed 120 mm mortar rounds with fragmenting HE type projectiles (table 8) some differences can be observed in three main aspects.

The material of projectile's shell is a first factor influencing the final effect of a proper action of the combat asset according with tactical-technical specifications. In selected high-explosive projectiles the shells were made of steel and cast iron. Materials used for production of projectiles shells are characterised by different values of hardness, strength and expansion which have a decisive impact into the process of projectile's fragmentation at detonation.

A second component influencing among others the appropriate fragmentation of projectile is the selection of suitable explosive material. Explosive material is responsible for the achievement of the required energy what is translated into the power of projectile's detonation. Discussed projectiles of mortar rounds were filled with three main explosive materials used in the defence industry. Following materials were used to fill up the projectiles: trinitrotoluene (TNT), Composition B (Comp. B), and XF 11585. Composition B combines hexogen (RDX) and trotyl, whereas the hexogen which is the main component of this mixture is known as one of the strongest explosive materials. The mixture XF 11585 is a combination of ingredients containing 31% of trinitrotoluene, 27% hexogen, 21% NTO (3-nitro 1,2,4-triazol-5-one), 13.5% aluminium,

trinitrotoluenu, 27% heksogenu, 21% NTO (3-nitro1,2,4-triazol-5-one), 13,5% aluminium oraz 7,5% wosku. Masa materiałów wybuchowych, którymi elaborowane zostały wybrane pociski moździerzowe, wahała się od 1,8 do 3,4 kg.

Trzecim czynnikiem wpływającym na przedstawione założenia dotyczące m.in. donośności i fragmentacji pocisku jest zarys kształtu wykonywania skorupy pocisków typu HE. Kształt skorupy oraz jej rozkład masy mogą wpływać na równomierne działanie procesu fragmentacji lub tworzeniu się specyficznych kształtów i rozmiarów odłamków, co jednoznacznie wpływa na skuteczność rażenia celu. Ponadto zarys kształtu pocisków znacznie wpływa na występujące współczynniki oporów podczas lotu. Wpływ zarysu kształtu pocisku na współczynniki oporów zauważyć można porównując donośność pocisku OF-843BM oraz Rak HE-1, które wystrzeliwane z tego samego moździerza osiągną rozbieżność zasięgu wynoszącą nawet 4 000 m.

W przypadku omawianych pocisków o charakterze działania odłamkowo-burzącym istotą jest uzyskanie kontrolowanej fragmentacji, która odpowiada za zwiększenie prawdopodobieństwa potencjalnie uszkodzonych obszarów celu oraz odpowiedniej siły wybuchu. Wytworzone odłamki podczas detonacji pocisku mają za zadanie dokonać obrażenia poprzez ich rozprzestrzenianie się w określonym obszarze. Ważnym elementem jest również uzyskanie odpowiedniej siły wybuchu, która odpowiada za efekt burzący po detonacji pocisku.

and 7.5% wax. The mass of explosive materials used for filling the selected mortar projectiles was in the range of 1.8 to 3.4 kg.

A third factor influencing the presented performances concerning among others the range and fragmentation of projectile is the shape of shells of HE type projectiles. The shape of shell and its distribution of mass may affect the isotropy of fragmentation process, or the creation of specific shapes and sizes of fragments what directly influences on the efficiency of target hitting. Moreover, the outline of projectile's shape significantly influences on drag coefficients during the flight. Influence of projectile shape outline on drag coefficient can be observed at comparison of ranges for projectiles OF-843BM and Rak HE-1 which after firing with the same mortar can reach distances with difference up to 4 000 m.

In the case of discussed projectiles with the high-explosive fragmenting effect it is essential to get an appropriate power of explosion, and a controlled fragmentation which contributes to an increased probability of potentially affected areas of a target. Fragments produced at detonation of projectile have to bring about the injuries during their spreading within a specific area. The obtainment of the appropriate power of explosion is also a crucial question as it corresponds to demolition effect after detonation of the projectile.

Tabela 8. Podstawowe dane taktyczno-techniczne wybranych 120 mm nabojuń moździerzowych

	OF-843BM	RAK HE-1	HE Mk2	M530A1	M530A2	M530B1	M590B2	HE Nammo	HE-ER	M44A2	TAM 12.8	VAM 14.9
Material skorupy	żeliwo	stal	żeliwo	żeliwo	żeliwo	żeliwo	żeliwo	żeliwo	stal	stal	stal	stal
Material wybuchowy	TNT	TNT	TNT	Comp. B	Comp. B	XF 11585	XF 11585	TNT	Comp. B	TNT	b.d.	b.d.
Zarys kształtu	klasyczny	dalekonośny	dalekonośny	dalekonośny	dalekonośny	dalekonośny	dalekonośny	klasyczny	dalekonośny	klasyczny	klasyczny	klasyczny
Zasięg [m]	6 000	10 000	9 000	8 500	9 000	7 000	9 000	8 400	9 800	6 745	8 500	9 500
Masa [kg]	18,2	19,2	14,6	15,2	15,5	15,2	15,5	13	15,3	13	12,8	14,9
Masa materiału wybuchowego [kg]	1,8	2,3	b.d.	2,5	2,5	2,5	2,5	2	3,4	2,6	2,1	2,6

Table 8. Main tactical-technical data for selected 120 mm mortar rounds

	OF-843BM	RAK HE-1	HE Mk2	M530A1	M530A2	M530B1	M590B2	HE Nammo	HE-ER	M44A2	TAM 12.8	VAM 14.9
Material of shell	Cast iron	Steel	Cast iron	Cast iron	Cast iron	Cast iron	Cast iron	Cast iron	Steel	Steel	Steel	Steel
Explosive material	TNT	TNT	TNT	Comp. B	Comp. B	XF 11585	XF 11585	TNT	Comp. B	TNT	NA	NA
Outline of shape	Classical	Long range	Long range	Long range	Long range	Long range	Long range	Classical	Long range	Classical	Classical	Classical
Range [m]	6 000	10 000	9 000	8 500	9 000	7 000	9 000	8 400	9 800	6 745	8 500	9 500
Mass [kg]	18.2	19.2	14.6	15.2	15.5	15.2	15.5	13	15.3	13	12.8	14.9
Mass of explosive material [kg]	1.8	2.3	NA	2.5	2.5	2.5	2.5	2	3.4	2.6	2.1	2.6

Literatura / Literature

- [1] <https://defence24.pl/przemysl/amunicja-dla-raka-krok-do-przodu>
- [2] Magier M, Merda T. Wybrane problemy konstrukcji 120 mm odłamkowo-burzących pocisków moździerzowych. *Problemy Techniki Uzbrojenia*. (2015);133(1):21-31
- [3] Instrukcja użytkowania 120 mm nabój moździerzowy odłamkowo-burzący OF-843B zmodernizowany (indeks OF-843BM), ZM Dezamet S.A., Nowa Dęba 2017.
- [4] Katalog produktowy ZM Dezamet S.A.
- [5] Katalog produktowy „120 mm system” Hirtenberger GmbH.
- [6] Katalog amunicji, Nexter 2022/2023.
- [7] Katalog amunicji, Nammo.
- [8] Katalog amunicji Mortar bombs, Pakistan Ordnance Factories.
- [9] <https://pof.gov.pk/Products/prodDetail/25/4>.
- [10] Janes Weapons: Ammunition Yearbook, 2022/2023 Edition.

