



## Badania wpływu kąta uderzenia 7,62 mm pocisku pistoletowego z rdzeniem ołowianym i płaszczem stalowym na penetrację wkładów balistycznych aramidowych i polietylenowych

Andrzej WRÓBLEWSKI, Monika PRACHT\*

*Wojskowy Instytut Techniczny Uzbrojenia,  
ul. Prymasa St. Wyszyńskiego 7, 05-220 Zielonka  
\* autor korespondencyjny, e-mail: zak\_11@witu.mil.pl*

*Artykuł wpłynął do redakcji 30.06.2014. Zweryfikowaną wersję po recenzji otrzymano 01.12.2014*

DOI: 10.5604/20815891.1149758

**Streszczenie.** W artykule zaprezentowano wyniki badań próbek wkładów podstawowych do kamizelek kuloodpornych. Prace ukierunkowane były na określenie wpływu kąta uderzenia pocisku na wartość granicy ochrony balistycznej. Stosowano 7,62 × 25 mm naboje z pociskiem z rdzeniem ołowianym i płaszczem metalowym według klasy K2 normy PN-V-87000:2011. Badaniom poddano dwa podstawowe materiały: aramid i polietylen w kilku wariantach o różnej ilości warstw. Szczególną uwagę zwrócono na wartości najniższych prędkości penetracji oraz odkształcenia pocisków, które je wywoływały.

**Słowa kluczowe:** balistyka końcowa, granica ochrony balistycznej, kuloodporność próbek, kąt uderzenia pocisku, wkłady podstawowe aramidowe i polietylenowe, kamizelki kuloodporne

## 1. WSTĘP

Wszystkie najczęściej stosowane dokumenty normatywne dotyczące badań kuloodporności wkładów podstawowych do kamizelek wymagają ostrzału zarówno pod kątem  $0^\circ$  (od prostopadłej do próbki), jak i pod innymi kątami.

Kąty ostrzału wymagane w poszczególnych normach przedstawiono w tabeli 1.

Tabela 1. Wyciąg z najczęściej stosowanych norm

Table 1. Extract from the most commonly used standards

Nazwa dokumentu	Wymagane kąty ostrzału [°]
PN-V-87000:2011 – Osłony balistyczne lekkie. Kamizelki kulo- i odłamkoodporne. Wymagania ogólne i badania	0, 30
NIJ Standard – 0101.04 Ballistic Resistance of Personal Body Armour	0, 30
NIJ Standard – 0101.06 Ballistic Resistance of Personal Body Armour	0, 30, 45
PSDB Ballistic Body Armour Standard (UK)	0, 45

Wymagane kąty ostrzału wynikają z właściwości materiałów stosowanych we wkładach podstawowych – miękkich. Są to głównie aramid i polietylen, których zachowanie podczas ostrzału pod różnymi kątami jest inne od wkładów dodatkowych twardych, np. stalowych.

Normą najczęściej stosowaną w kraju w zakresie badań kamizelek jest PN-V-87000:2011. Przywołana norma zawiera wymagania dla dwóch typów naboju pistoletowych, stosowanych do badań kamizelek i próbek. Wyciąg z ww. normy (tablica 1, s. 11) zamieszczono w tabeli 2.

Tabela 2. Wyciąg z normy PN-V-87000:2011

Table 2. Extract from the standard: PN-V-87000:2011

Klasa	Podklasa	Amunicja	Typ pocisku	Masa pocisku [g]	Prędkość mierzona [m/s]	Liczba trafień dla każdego kąta	
						$0 \pm 5^\circ$	$30 \pm 5^\circ$
K1	A	$9 \times 19$ mm	FMJS	$8,0 \pm 0,1$	$365 \pm 15$	4	2
	B	$9 \times 19$ mm	FMJS	$8,0 \pm 0,1$	$400 \pm 15$	4	2
K2		7,62 TT	FMJS	$5,5 \pm 0,1$	$420 \pm 15$	4	2

FMJS – pocisk z rdzeniem ołowianym i płaszczem wykonanym ze stali (K1) lub bimetalowym (K2)

Jako wymaganie dla wkładu podstawowego najczęściej wymieniana jest klasa K2. Jest to nabój 7,62 × 25 mm TT z pociskiem z rdzeniem ołowianym z 2,5% dodatkiem antymonu i płaszczem z bimetalu według GOST 807-51. Ten typ pocisku jest stosowany podczas badań odbiorczych kamizelek od kilkunastu lat. Ze statystyki tych badań można zaobserwować bardzo wyraźną nadreprezentatywność przebić całkowitych pod kątem 30° w stosunku do 0°.

Jak zaprezentowano w tabeli 2, pod kątem 30° oddaje się tylko 2 z 6 strzałów do próbki lub części kamizelki, ale spowodowały one 70-80% odnotowanych przebić. Znamienne było również występowanie przebić w wyrobach, których próbki podczas badań wstępnych uzyskały wysoką wartość granicy ochrony balistycznej dla stosowanego pocisku.

Widoki i przekroje innych najczęściej stosowanych pocisków zamieszczono na fotografiach 1 i 2. Wyróżniono wspomniany pocisk z pełnym płaszczem stalowym do naboju 7,62 × 25 mm, zastosowany podczas badań zaprezentowanych w dalszej części artykułu.



Fot. 1. Widoki stosowanych pocisków

Photo 1. Used projectiles



Fot. 2. Przekroje stosowanych pocisków

Photo 2. Projectiles cross-section

W tabeli 3 zamieszczono podstawowe informacje dotyczące zaprezentowanych pocisków. Oznaczenie pocisków jak na fotografiach 1 i 2.

Tabela 3. Podstawowe charakterystyki wybranych pocisków

Table 3. Characteristic of selected projectiles

Ozn.	Nabój	Masa pocisku [g]	Materiał rdzenia	Materiał płaszcz	Typ pocisku (wierzchołka)
a	5,45 × 18	2,5	Stal/ołów	Stal	pełnopłaszczowy
<b>b</b>	<b>7,62 × 25</b>	<b>5,5</b>	<b>Ołów</b>	<b>Stal</b>	<b>pełnopłaszczowy</b>
c			Stal w kosz. ołów.	Stal	pełnopłaszczowy

d	9 × 19	8	Ołów	Stal	pełnopłaszczowy
e				Stop miedzi	pełnopłaszczowy
f				6,1	Stop miedzi
g	.357 SIG	8,1	Ołów	Stop miedzi	pełnopłaszczowy płaski
h	.357 Magnum	10,2	Ołów	Stal	półpłaszczowy płaski
i					pełnopłaszczowy stożkowy
j	.44 Magnum	15,6	Ołów	Stop miedzi	pełnopłaszczowy płaski
k					półpłaszczowy płaski
l					półpłaszczowy płaski z otw.

## 2. SPOSÓB PRZEPROWADZENIA BADAŃ

Postanowiono przebadać wpływ kąta uderzenia pocisku na przebijalność. Jako kryterium przyjęto wspomniany parametr V50 oraz najniższą prędkość, przy której zaobserwowano przebicie całkowite. Badania przeprowadzono w Laboratorium Badań Uzbrojenia Strzeleckiego i Osłon Zabezpieczających Wojskowego Instytutu Technicznego Uzbrojenia w Zielonce. Badania przeprowadzono zgodnie z akredytowanymi przez PCA (Polskie Centrum Akredytacji) i OiB MON procedurami badawczymi:

- normą PN-V-87000:2011 – Osłony balistyczne lekkie. Kamizelki kuloodporne i odłamkoodporne,
- procedurą badawczą LBUSO.PB.12 Badanie kuloodporności próbek,
- procedurą badawczą LBUSO.PB.15 Pomiar prędkości pocisków za pomocą barier optycznych.

Podczas badań oraz prezentacji wyników w szczególności uwzględniono przytoczone poniżej definicje zawarte w ww. normie.

**Granica ochrony balistycznej  $V_{50}$**  – prędkość pocisku, przy której prawdopodobieństwo przebicia materiału badanego wynosi 50%.

$V_{50}$  jest wyznaczana jako średnia z równej ilości największych prędkości mierzonych pocisku powodujących jedynie częściowe przebicie i najniższych prędkości mierzonych powodujących całkowite przebicie, w obrębie określonego rozrzutu prędkości.

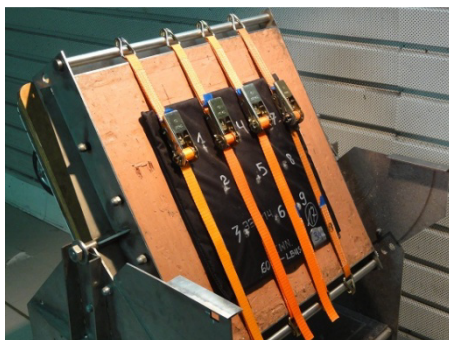
**Przebicie całkowite pociskiem** – przeniknięcie pocisku lub jego fragmentu przez materiał badany, z naruszeniem jego ciągłości od strony podłoża, połączone z wnikiem w podłoże.

**Przebite częściowe pociskiem** – zatrzymanie pocisku lub jego fragmentu przez materiał badany, bez naruszenia jego ciągłości od strony podłoża i wnikięcia w podłoże.

**Kąt uderzenia pocisku** – kąt zawarty między normalną do powierzchni materiału badanego w punkcie uderzenia pocisku a linią strzału.

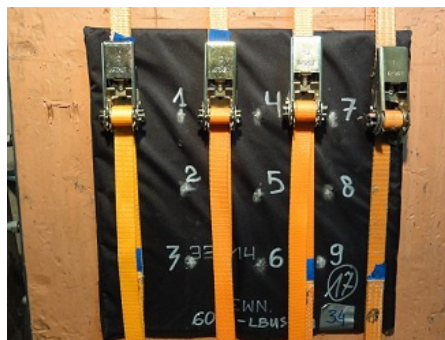
**Prędkość mierzona** – prędkość pocisku mierzona 2 metry przed materiałem badanym.

Do badań wybrano dwa powszechnie stosowane materiały: aramid oraz polietylen. Materiały w postaci luźnych warstw i paneli do badań zaprezentowano na fotografii 5.



Fot. 3. Stanowisko do badań kuloodporności. Próbka ustawiona pod kątem 30°

Photo 3. Bullet resistance test stand. Sample set at 30°



Fot. 4. Sposób mocowania próbek. Rozmieszczenie i kolejność strzałów

Photo 4. Mounted samples. Arrangement and sequence of shots



Fot. 5. Badane materiały w luźnych warstwach i w panelach do badań

Photo 5. Tested material in loose layers and panels



Fot. 6. Lufy różnej długości stosowane podczas badań

Photo 6. Used test barrels

Badania przeprowadzono na stanowisku badawczym umożliwiającym ustawienie badanej próbki pod kątem z dokładnością  $\pm 0,4^\circ$ .

Zastosowano podłoże balistyczne typu Weible Knet 07156 o ugięciu 23÷25 mm według PN-V-87000:2011.

Podany zakres wartości ugięcia dotyczy stanu podłoża monitorowanego podczas badań. Panele mocowano pasami i podczas wszystkich strzałów badany materiał przylegał do podłoża balistycznego. Nie stosowano oddzielnych materiałów redukujących ugięcie podłoża. Widok stanowiska, sposób mocowania oraz rozmieszczenie i kolejność strzałów zamieszczono na fotografiach 3 i 4.

Badania przeprowadzono na standardowych próbkach badawczych o wymiarach  $400 \times 400$  mm. Normy PN-V-87000 i NIJ 0101.04 wymagają minimum 76 mm odległości od punktu trafienia do brzegu próbki i minimum 51 mm pomiędzy poszczególnymi trafieniami. W celu minimalizacji wpływu ww. warunków brzegowych na wyniki badań zachowano zwiększone do około 100 mm odległości od brzegu próbki i pomiędzy trafieniami.

Badania aramidu przeprowadzono dla paneli 18-warstwowych. W przypadku polietylenu sprawdzono trzy układy: z 30, 34 i 38 warstwami. Podczas wszystkich badań stosowano tę samą partię naboju nr 6-54-21 produkcji ZM MESKO. Rozcalone pociski zostały zważone i poddane selekcji. Fabryczną odchyłkę masy  $\pm 0,1$  g zredukowano do  $\pm 0,03$  g. Ostrzał prowadzono z odległości 10 m. Prędkość mierzono w odległości 2 m przed próbką i takie wartości są przywołane w opisie wyników badań.

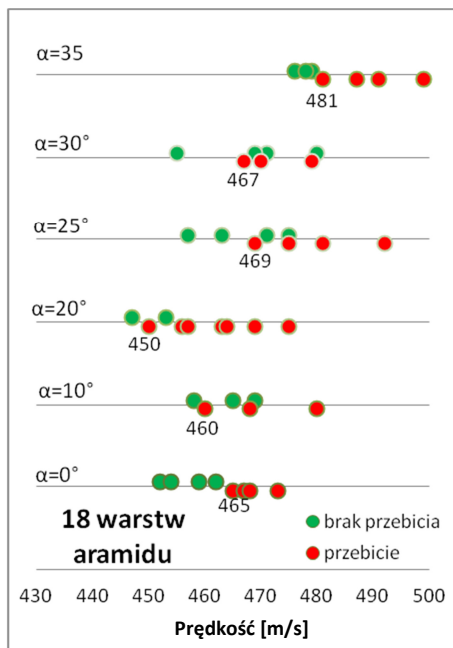
### 3. WYNIKI BADAŃ

Zastosowanie zaostrzonych i bardziej powtarzalnych warunków badań spowodowało bardzo mały rozrzut prędkości, z których wyliczano wartość parametru  $V_{50}$ . Normy dopuszczają wartość  $\Delta \leq 40$  m/s. Dla prawie wszystkich badanych próbek uzyskano wartość poniżej 20 m/s.

Wyniki badań zobrazowano na osiach prędkości, gdzie każdy strzał zaznaczono osobnym punktem. Kolorem zielonym zaznaczono przebicia częściowe (brak przebić), a czerwonym – przebicia całkowite (przebicia). Na kolejnych osiach na tym samym wykresie zaznaczono wyniki dla takiego samego układu materiałowego, ale badanego pod innym kątem. Dodatkowo podano wartości najniższych prędkości powodujących przebicie całkowite.

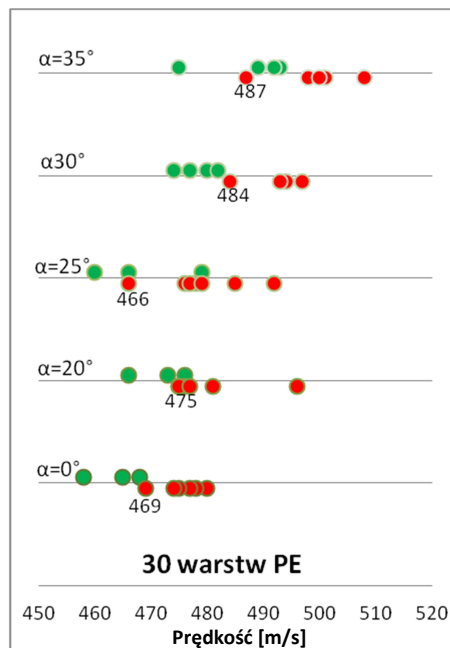
Na rysunku 1 zaznaczono wyniki badań dla próbek zawierających 18 warstw aramid. Konstrukcyjnie próbki te odpowiadały podstawowym wkładom balistycznym stosowanym w bardzo lekkich kamizelkach kamuflowanych o masie poniżej 2 kg w rozmiarze XL. Charakteryzują się one stosunkowo niedużym zapasem wytrzymałości i wartością parametru  $V_{50}$  poniżej 500 m/s. Jak przedstawiono na rys. 1 i 5, granica ochrony balistycznej dla tego układu przy kącie uderzenia  $0^\circ$  –  $V_{50_0}$  wynosi 463 m/s, a najniższa zarejestrowana prędkość przebicia  $V_{\min 0}$  wynosi 465 m/s, co jest wartością logiczną, biorąc pod uwagę definicję parametru  $V_{50}$ .

Sytuacja zmienia się przy kącie uderzenia  $20^\circ$ , gdzie wspomniane wartości wynoszą odpowiednio 453 i 450 m/s. W tym przykładzie znamienych jest kilka prawidłowości, które powtórzą się prawie we wszystkich konfiguracjach.



Rys. 1. Wyniki badań aramidów

Fig. 1. Test results of aramid samples



Rys. 2. Wyniki badań polietylenu

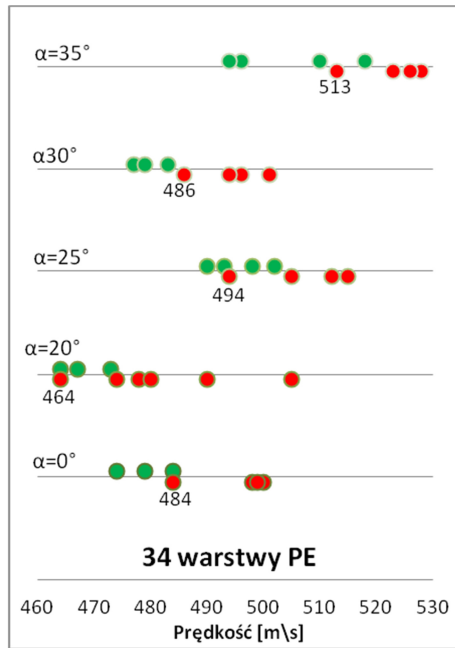
Fig. 2. Test results of polyethylene samples

Pierwszą i najbardziej widoczną prawidłowością jest znaczący wzrost parametru  $V_{50}$  dopiero przy kącie  $35^\circ$ . Takie wyniki otrzymano niezależnie od badanego materiału i ilości warstw.

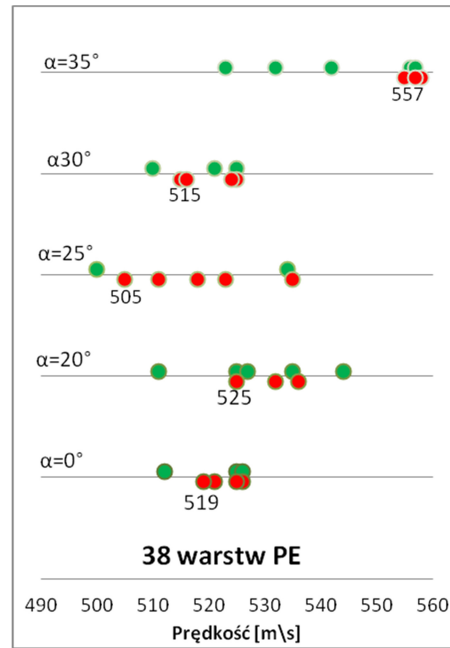
Po drugie: zawsze któraś z wartości  $V_{50}$  wyznaczona przy kącie uderzenia w granicach  $20^\circ$ ÷ $30^\circ$  jest mniejsza od wartości dla kąta  $0^\circ$ .

Po trzecie: jak widać najlepiej na rysunku 1, dla kątów  $0^\circ$  i  $35^\circ$  widoczna jest bardzo wyraźna granica ochrony balistycznej, którą można wprost odczytać z wykresu. Nie ma „zazębiana” się prędkości powodujących brak przebiccia z prędkościami, które spowodowały przebiccie. Zupełnie inaczej wyglądają wyniki badań dla kątów  $10^\circ$ ,  $20^\circ$ ,  $25^\circ$  i  $30^\circ$ . Widoczne jest nakładanie się ww. prędkości, a tak zobrazowany parametr  $V_{50}$  ma postać raczej przedziału, a nie punktu, jak przy kątach  $0^\circ$  i  $35^\circ$ .

Po czwarte: dla całego przedziału kątów uderzenia  $20^\circ$ ÷ $30^\circ$  wartości najniższych prędkości powodujących przebiccie są mniejsze od parametru  $V_{50}$ . Jest to po części konsekwencją poprzedniej prawidłowości.



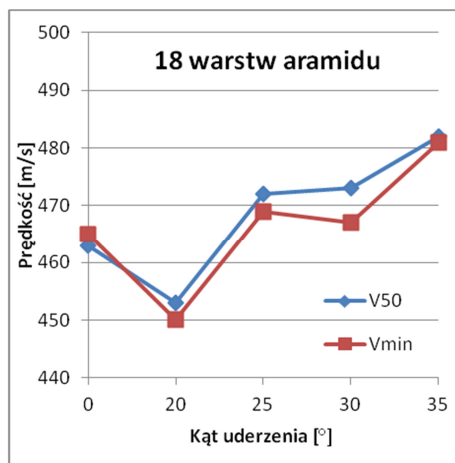
Rys. 3. Wyniki badań polietylenu



Rys. 4. Wyniki badań polietylenu

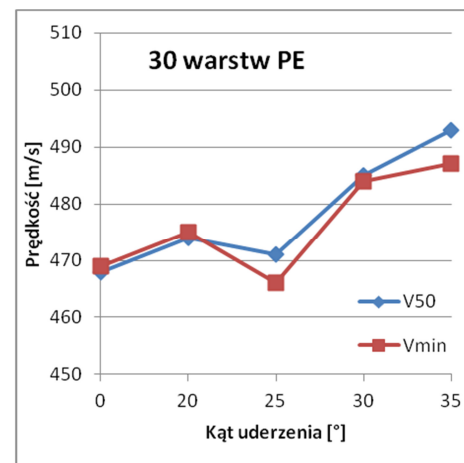
Fig. 3. Test results of polyethylene samples

Fig. 4. Test results of polyethylene samples



Rys. 5. Wyniki badań aramid

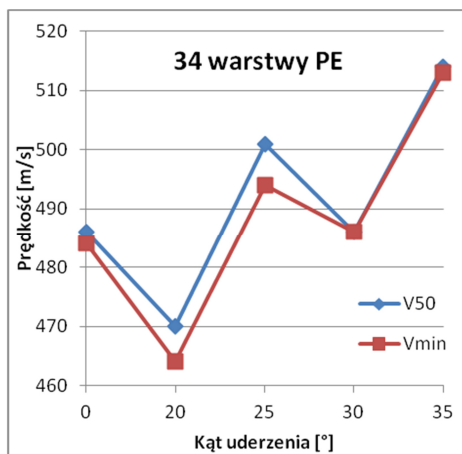
Fig. 5. Test results of aramid samples



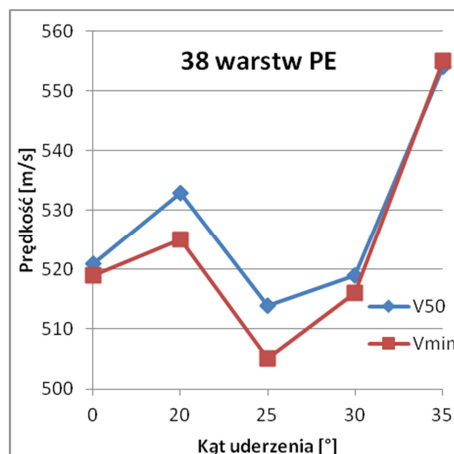
Rys. 6. Wyniki badań polietylenu

Fig. 6. Test results of polyethylen samples





Rys. 7. Wyniki badań polietylenu

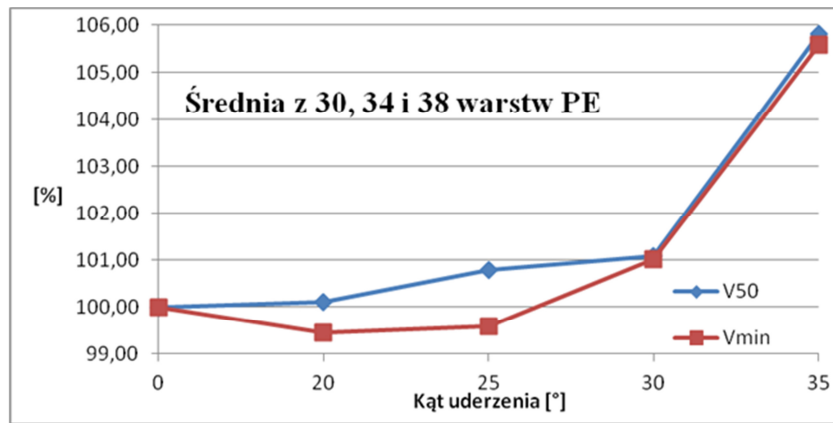


Rys. 8. Wyniki badań polietylenu

Fig. 7. Test results of polyethylene samples Fig. 8. Test results of polyethylene samples

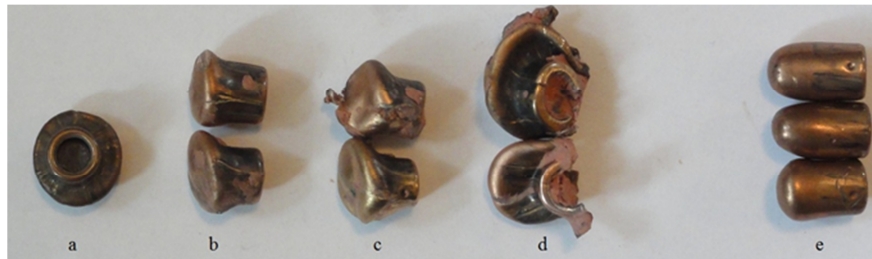
Badania polietylenu wykonano dla następujących ilości warstw: 30, 34 i 38. Najcieńszy układ o wartości parametru  $V_{50_0} = 468$  m/s odpowiada opisanej uprzednio lekkiej kamizelce kamuflowanej. Wariant z 38 warstwami i  $V_{50_0} = 521$  m/s jest bliższy konstrukcyjnie ciężkiej kamizelce zewnętrznej ze znacznym zapasem wytrzymałości. Pośród nich znajduje się wariant pośredni z 34 warstwami. Badania przeprowadzono dla wszystkich wariantów od kąta  $0^\circ$  do  $35^\circ$ , a dla 38 warstw również dla  $45^\circ$ .

Wyniki badań polietylenu zaprezentowane na rysunkach 2-4 i 6-8 są generalnie zbliżone do aramidu, ale dużo bardziej niepowtarzalne. Dopiero uśrednione wyniki dla różnej ilości warstw i różnych kątów uderzenia przedstawione na rys. 9 wyraźnie potwierdzają zaobserwowane prawidłowości. W zestawieniu tym wyniki dla różnej ilości warstw przyrównano do wartości granicy ochrony balistycznej przy kącie  $0^\circ$  –  $V_{50_0}$ , której to przypisano wartość 100%. Uwidocznione są wartości przebicia  $V_{\min 20}$  i  $V_{\min 25}$  mniejsze od wartości  $V_{50}$  dla tych kątów.



Rys. 9. Zestawienie wartości granicy ochrony balistycznej  $V_{50}$  i minimalnej prędkości przebicia  $V_{min}$  w stosunku do  $V_{50_0}$  i  $V_{min_0}$

Fig. 9.  $V_{50}$  ballistic protection limit and minimum penetration velocity with respect to  $V_{50_0}$  and  $V_{min_0}$



Fot. 7. a÷d – pociski po przebicciu 34 warstw polietylenu pod kątami odpowiednio 0°, 20°, 25° i 35°, e – pociski po przebicciu deszczowanej kamuflowanej kamizelki aramidowej pod kątem 30°

Photo 7. a÷d projectiles after penetration of 34 layers of polyethylene at 0°, 20°, 25° und 30° respectively, e – projectiles after penetration of wet concealed aramid vest at 30° angle

Na fotografii 7 zaprezentowano pociski, które spowodowały całkowitą penetrację i zostały wydobyte z podłoża balistycznego. Pociskami a÷d przebito próbki z 34 warstw polietylenu pod kątami odpowiednio: 0°, 20°, 25° i 35°. Znamienna jest najmniejsza deformacja pocisków dla 20 i 25°.

Jako ostatnie dla porównania zaprezentowano bardzo ciekawe pociski (e). Nie są to pociski wystrzelone podczas wyżej opisanych testów, ale wydobyte z podłoża balistycznego w ostatnich latach, ze względu na niespodziewane wyniki badań.

Podczas standardowych badań odbiorczych pod kątem 30° i prędkości około 430 m/s przebiły one deszczowane kamizelki, których aramidowe wkłady balistyczne uzyskały wcześniej dla tego pocisku wartość  $V_{50} = 500 \div 530$  m/s przy kącie 0°. Jak widać, niektóre z nich nie uległy praktycznie żadnej deformacji.

#### 4. PODSUMOWANIE

Przeprowadzone badania w pełni potwierdzają zasadność badań kuloodporności miękkich wkładów podstawowych pod kątami innymi niż 0°. Wyraźny wzrost parametru  $V_{50}$  zaobserwowano dopiero przy kącie 35°. Należy jednak zaznaczyć, że może być to reguła potwierdzająca się tylko w stosowanej konfiguracji: pocisk, materiał, warunki badań. W przypadku innych pocisków lub próbek termostatowanych w temperaturach -40°C i +50°C lub deszczowanych wyniki mogą się różnić. Przykładowo w nowszej wersji normy NIJ do uprzednio stosowanych kątów 0 i 30° dodano 45°. Prawdopodobnie wynika to z całkowitej odmienności stosowanych pocisków, np. .44 Magnum (około 11 mm). Pocisk ten przy zbliżonej prędkości ma masę prawie trzykrotnie większą od stosowanego 7,62 mm pocisku, ale ma płaski ołowiany wierzchołek z zagłębieniem.

We wszystkich badanych konfiguracjach w zakresie kątów 20÷30° odnotowano spadek wartości parametru  $V_{50}$ . Można zaryzykować przypuszczenie, że wartość najgroźniejszego kąta ostrzału rośnie wraz z ilością stosowanych warstw.

Z punktu widzenia odbioru partii produkcyjnych kamizelek najbardziej istotny jest brak wyraźnej granicy prędkości, poniżej której praktycznie nie ma przebić. Oznacza to znacznie mniejszą przydatność parametru  $V_{50}$ , który jest wyliczany jako średnia arytmetyczna z równej ilości przebić całkowitych i częściowych. Tymczasem kryteria odbioru nie dopuszczają jakiegokolwiek przebiccia całkowitego, bez względu na uśredniony poziom ochrony balistycznej zastosowanego wkładu.

#### LITERATURA

- [1] PN-V-87000:2011 – *Ostony balistyczne lekkie. Kamizelki kulowe i odłamko odporne. Wymagania ogólne i badania.*
- [2] NIJ Standard – 0101.04 *Ballistic Resistance of Personal Body Armour.*
- [3] NIJ Standard – 0101.06 *Ballistic Resistance of Personal Body Armour.*
- [4] PSDB *Ballistic Body Armour Standard.*
- [5] Habaj W., Wiśniewski A., Polymer composites construction of light armours, *Problemy Techniki Uzbrojenia i Radiolokacji*, z. 74, 2000.

- [6] Stępnia W., Habaj W., Kozera B., Sidelnik P., Propozycje zmian do polskiej normy dotyczącej kamizelek kulo- i odłamkoodpornych, *Problemy Techniki Uzbrojenia*, z. 111, nr 3, 2009.
- [7] Habaj W., Podgórzak P., Fejdyś M., Aramidowo-polietylenowy balistyczny kompozyt hybrydowy na przykładzie czerepu hełmu. Wykonanie i badania, *Problemy Techniki Uzbrojenia*, z. 126, nr 2, 2013.

## **Effect of Impact Angle on Penetration of Aramid and Polyethylene Internal Ballistic Panels with the Use of 7.62 mm Lead Core, Steel Jacket Projectiles**

Andrzej WRÓBLEWSKI, Monika PRACHT

**Abstract.** In the paper, tests results of samples of basic body armour panels are presented. The works were intended to determine the influence of projectile impact angle on the value of the ballistic limit velocity. 7.62 × 25 mm rounds with lead core and metal jacket bullets were used according to K2 class of the standard PN-V-87000: 2011. The tests involved two basic materials: aramid and polyethylene in several variants and different numbers of layers. Particular attention was paid to the lowest penetration velocity and bullets deformation.

**Keywords:** terminal ballistics, ballistic limit velocity, bulletproofness, impact angle, aramid and polyethylene panels, body armour