



## WYBRANE ELEMENTY BALISTYKI KOŃCOWEJ I BALISTYKI ZEWNĘTRZNEJ STRZAŁ MIOTANYCH Z KUSZY

Marcin LANDWIJT  
Instytut Technologii Bezpieczeństwa MORATEX  
Wiesław STĘPNIAK  
Wojskowy Instytut Techniczny Uzbrojenia

**Streszczenie:** W artykule zaprezentowano, strzały, groty, i typową kuszę oraz zalety tej broni, a także zagrożenia, jakie powodować może jej użycie. Zamieszczono wyniki badań balistyki przejściowej i zewnętrznej. Przedstawiono efekty oddziaływania strzał (bełtów) wystrzeliwanych z kuszy na pakiet balistyczny, odporny na ostrzał 7,62 mm pociskami TT (klasa K2 zgodnie z PN-V-87000: 2011) oraz tory lotu tych bełtów podczas strzelania w terenie. Przytoczone zostały akty prawne, które regulują zasady posiadania i używania kuszy w Polsce.

Słowa kluczowe : kusza, strzała (bełt) , balistyka końcowa, balistyka zewnętrzna

## CHOSEN ELEMENTS OF EXTERNAL AND TERMINAL BALLISTICS OF ARROWS PROJECTED FROM THE CROSSBOW

Marcin LANDWIJT  
Institute of Security Technologies MORATEX  
Wiesław STĘPNIAK  
Military Institute of Armament Technology

**Abstract:** The paper presents advantages of a typical crossbow and arrows and arrow-heads with threats of its use. The results of tests for transitional and external ballistics are included. The effects of interaction between the arrows projected from the crossbow and the ballistic block that is resistant against 7.62 mm rounds fired from TT gun (class K2 according to PN-V-87000:2011) and the trajectories of arrows in the open range are also presented. Legal regulations that govern the ownership and use of crossbows in Poland are included.

Keywords: crossbow, arrow, terminal ballistics, external ballistics

### 1. Wstęp

Według definicji zawartej w Wikipedii [1] kusza jest bronią neurobalistyczną (wykorzystującą energię sprężystości) podobną do łuku. Zasadnicza różnica w użyciu polega na możliwości wstrzymania się ze strzałem przez dowolnie długi czas po naciągnięciu cięciwy. Cięciwę naciąga się ręcznie, korbą lub lewarem, a dopiero potem strzela. W marcu 2015r. konsorcjum w składzie: Centralne Laboratorium Kryminalistyczne Policji (lider), Wojskowy

Instytut Techniczny Uzbrojenia, Instytut Technologii Bezpieczeństwa MORATEX, Wyższa Szkoła Policji w Szczytnie i Centralny Ośrodek Badawczo-Rozwojowy Aparatury Badawczej i Dydaktycznej „COBRABID” zakończyło realizację projektu, finansowanego ze środków Narodowego Centrum Badań i Rozwoju, na rzecz bezpieczeństwa i obronności państwa pt. „Badanie prędkości pocisków o niskiej energii”. Zasadniczym celem tego projektu było przeprowadzenie analizy torów lotu oraz oddziaływania na cel elementów innych niż pociski wystrzeliwane z broni strzeleckiej. Przedmiotem analiz i badań były przede wszystkim elementy (śruciny) wystrzeliwane z broni pneumatycznej. Na liście elementów badanych były również strzały (bełty) miotane (wystrzeliwane) z kuszy aktualnie dostępnej na rynku krajowym. Wyniki tych badań zaprzeczają ich kwalifikacji do grupy elementów „o niskiej energii” z racji zdolności przebiciaklasycznych, istniejących osłon balistycznych i znacznej donośności strzału. Zainteresowanie autorów artykułu kuszą wynika również z faktu, że jest to broń w rozumieniu zapisów *Ustawy z dnia 21 maja 1999 r. o broni i amunicji* (Dz.U. 1999 Nr 53 poz. 549).

## 2. Wyniki badań balistyki przejściowej

Do badań balistycznych przygotowano balistyczne pakiety ochronne o wymiarach 30 x 36 cm, ilość warstw 24, z nietkanego wyrobu aramidowego Gold Flex, umieszczone w pokrowcach z tkaniny paroprzepuszczalnej, odpowiadające wkładowi balistycznym zapewniającym odporność balistyczną w klasie K2 wg PN-V-87000: 2011, tj. przed 7,62 mm pociskiem TT z rdzeniem ołowianym i płaszczem bimetalowym o masie  $5,5 \pm 0,1\text{g}$  i prędkości uderzenia  $420 \pm 15\text{ m/s}$ .



Fot. 1. Przykładowe bełty wraz z różnymi grotami



**Fot. 2. Kusza XBOW Torpedo**

Badania odporności na przebicie grotem bełta (fot.1) miotanego z kuszy wykonano w Laboratorium Badań Balistycznych ITB MORATEX z użyciem kuszy XBOW Torpedo (fot. 2). Dla każdego wariantu grota oddano kilka strzałów w pakiet balistyczny (max. 4, min. 2) ustawiony w odległości 6 m od grota - po naciągnięciu cięciwy kuszy. Mierzono głębokość deformacji podłoża balistycznego ( $W_d$ ) oraz głębokość wnikania bełta ( $W_w$ ), czyli na ile grot wysunął się po przebicciu pakietu. Prędkość bełta mierzono za pomocą bramek fotoelektrycznych - środek bazy pomiarowej w odległości 2 m od grota - po naciągnięciu cięciwy kuszy ( $V_2$ ). Na tej odległości określano również energię kinetyczną bełta ( $E_2$ ). Wyniki badań przedstawiono w tabelach 1÷6.

Tabela 1. Wariant ITB/1 (masa grota 6,6 g, masa bełta z grotem 26,8 g)  
– wersja standardowa I

$V_2$ [m/s]	$E_2$ [J]	$W_d$ [mm]	$W_w$ [mm]	$W_d+W_w$ [mm]
101,4	137,8	17,1	0,0	17,1
100,2	134,5	18,5	0,0	18,5
100,4	135,1	16,4	0,0	16,4
100,2	134,5	16,5	0,0	16,5

Tabela 2. Wariant A WITU (masa grota 8,0 g, masa bełta z grotem 28,4 g)

$V_2$ [m/s]	$E_2$ [J]	$W_d$ [mm]	$W_w$ [mm]	$W_d+W_w$ [mm]
97,9	136,1	19,6	3,0	22,6
98,2	136,9	19,0	2,0	21,0
98,3	137,2	18,8	3,0	21,8
98,1	136,7	18,9	3,0	21,9

Tabela 3. Wariant B WITU (masa grota 8,0 g, masa bełta z grotem 28,4 g)

$V_2$ [m/s]	$E_2$ [J]	$W_d$ [mm]	$W_w$ [mm]	$W_d+W_w$ [mm]
97,9	136,1	17,2	0,0	17,2
97,9	136,1	16,9	0,0	16,9
98,0	136,4	17,2	0,0	17,2
98,0	136,4	16,8	2,0	18,8

Tabela 4. Wariant 30 HRC WITU (masa grota 8,0 g, masa bełta z grotem 28,4 g)

$V_2$ [m/s]	$E_2$ [J]	$W_d$ [mm]	$W_w$ [mm]	$W_d+W_w$ [mm]
98,6	138,1	14,8	0,0	14,8
98,6	138,1	15,2	0,0	15,2
98,5	137,8	16,2	0,0	16,2

Tabela 5. Wariant 40 HRC WITU (masa grota 8,0 g, masa bełta z grotem 28,4 g)

$V_2$ [m/s]	$E_2$ [J]	$W_d$ [mm]	$W_w$ [mm]	$W_d+W_w$ [mm]
98,7	138,3	16,2	0,0	16,2
98,6	138,1	17,7	0,0	17,7
98,4	137,5	17,0	0,0	17,0

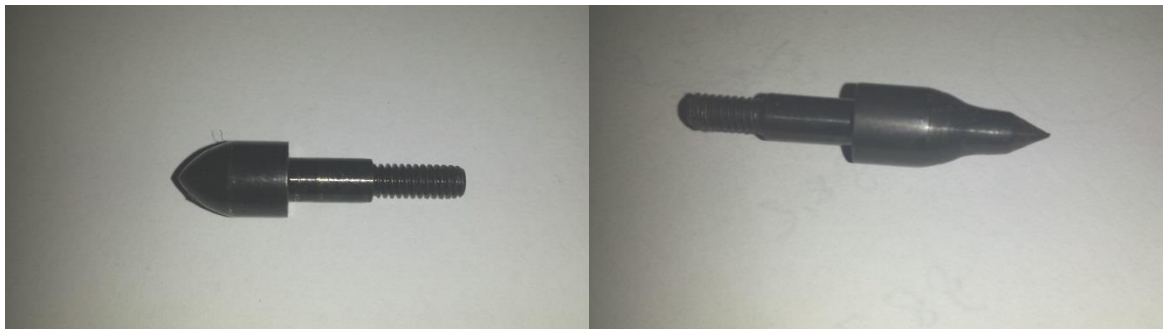
Tabela 6. Wariant ITB/2 (masa grota 6,6 g masa bełta z grotem 26,8 g)  
– wersja standardowa II

$V_2$ [m/s]	$E_2$ [J]	$W_d$ [mm]	$W_w$ [mm]	$W_d+W_w$ [mm]
98,7	130,5	4,0	76,0	80,0
98,5	130,0	5,0	84,0	89,0



Fot. 3. Przebicie panelu balistycznego grotem ITB/2

Wariant grota ITB/1 wykonany był z tworzywa sztucznego i miał zakończenie półokrągłe (tzw. RN) – fot. 4. Wariant grota ITB/2 wykonany był z duraluminium jednak miał bardziej szpiczaste zakończenie (fot. 5). Z kolei groty Wariant A WITU i Wariant B WITU były wykonane z duraluminium i miały zbliżony kształt. Odwzorowując ten kształt wykonano groty ze stali gatunku 45, o twardości 30 HRC (wariant 30 HRC WITU) i po ulepszeniu cieplnym (Wariant 40 HRC WITU) – fot. 6. Podczas strzelania grotami wariantów 30 HRC i 40 HRC WITU penetracja jest mniejsza z uwagi na uszkodzenie korpusu bełta przez wciskający się grot.



Fot. 4. Grot ITB/1

Fot. 5. Grot ITB/2



Fot. 6. Grot 40 HRC

### 3. Wyniki badań balistyki zewnętrznej

Na terenie poligonu Wojskowego Instytutu Technicznego Uzbrojenia w Zielonce przeprowadzono badania i określono charakterystyki toru lotu oraz opracowano tabele strzelnicze dla strzał (bełtów) miotanych z kuszy i z łuku. W niniejszym rozdziale przedstawiono charakterystyki toru lotu typowego bełtu dostępnego na rynku o masie 30,6 g i długości 48 cm miotanego z kuszy Tenpoint Titan HLX.

Kuszę zamontowano na podstawie do mocowania broni strzeleckiej i oddano 10 strzałów w wybrany sektor poligonu - przy ustawieniu kuszy pod kątem 29° w stosunku do poziomu. Następnie dokonano pomiarów w terenie i określono promień koła zawierającego miejsca utknięcia bełtów w gruncie ( $r = 1,1$  m) i średnią donośność strzału ( $X_{sr} = 369$  m).

Podczas strzelań w terenie (na donośność i skupienie) równolegle mierzono prędkości radialne bełtów na torze lotu używając do tego celu dopplerowskiego zestawu balistycznego Dr-5000 wyposażonego w antenę na pasmo „X” o częstotliwości nadajnika  $f_0 = 10,5166$  GHz.

Dla każdego strzału wyznaczono prędkość początkową bełtu  $V_0$ , zgodnie ze STANAGiem 4114 i NO-13-A230. Z kolei określono średnią prędkość początkową dla serii balistycznej 10-ciu strzałów  $V_{0sr} = 81$  m/s.

Następnie wykorzystując równania ruchu opisane w STANAGu 4355 (MPMTM), analizowano zmierzone przebiegi prędkości radialnej w celu wyznaczenia funkcji współczynnika oporu  $C_D = f(\text{Mach})$ . Ostatnim etapem było wyznaczanie charakterystyk toru lotu, które przedstawiono w postaci tabeli strzelniczej zamieszczonej poniżej.

### Tabela strzelnicza (charakterystyki toru lotu)

**Broń:** Kusza Tenpoint Titan HLX

**Element miotany:** Bełt dług. 48 cm,  $m=30,6$  g

**Prędkość początkowa**  $V_0 = 81$  m/s

**Tabela  $C_D=f(\text{Mach})$ :**

Mach	0,140	0,150	0,160	0,170	0,180	0,190	0,200	0,210	0,220	0,230	0,240
$C_D$	1,220	1,227	1,350	1,311	1,270	1,323	1,328	1,331	1,372	1,300	1,400

$\Theta_0$ [°]	$t_c$ [sec]	X [m]	Y [m]	$V_c$ [m/s]	$\Theta_c$ [°]
1	0,286	22,7	0,1	77,9	1,0
2	0,569	44,3	0,4	75,1	2,1
3	0,848	64,9	0,88	72,5	3,2
4	1,123	84,4	1,54	70,2	4,4
5	1,395	103,0	2,38	68,0	5,6
6	1,663	120,6	3,39	66,1	6,9
7	1,928	137,5	4,54	64,3	8,2
8	2,189	153,6	5,87	62,6	9,5
9	2,447	168,9	7,35	61,2	10,8
10	2,701	183,5	8,96	59,9	12,2
15	3,927	247,0	18,91	54,4	19,5
20	5,077	296,2	31,64	51,4	26,9
25	6,150	333,7	46,82	50,0	34,0
30	7,159	360,5	63,32	49,5	40,7
35	8,105	377,1	81,41	49,6	46,8
40	8,986	384,0	99,82	50,1	52,4
<b>41*</b>	<b>9,155</b>	<b>384,3</b>	<b>103,09</b>	<b>50,2</b>	<b>53,5</b>
45	9,801	381,6	118,91	50,9	57,4
50	10,547	370,1	137,45	51,8	61,9
60	11,821	321,0	171,82	53,6	69,7
70	12,776	239,3	200,45	55,0	76,5
80	13,373	129,3	218,18	55,9	83,1

\* - kąt, przy którym uzyskano maksymalną donośność

Wyżej wymienione symbole oznaczają:

$\Theta_0$  - kąt podniesienia kuszy (kąt strzału)

$t_c$  - czas osiągnięcia celu

Y - przewyższenie toru lotu

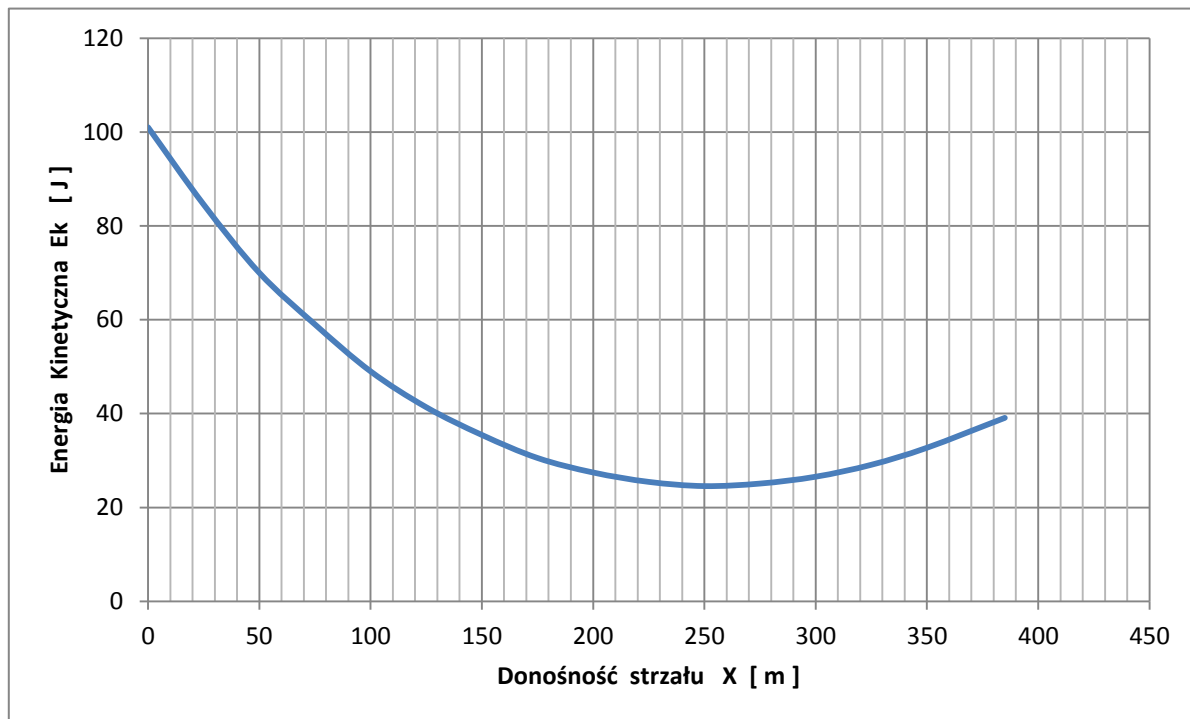
$\Theta_c$  - kąt upadku

Y - przewyższenie toru lotu

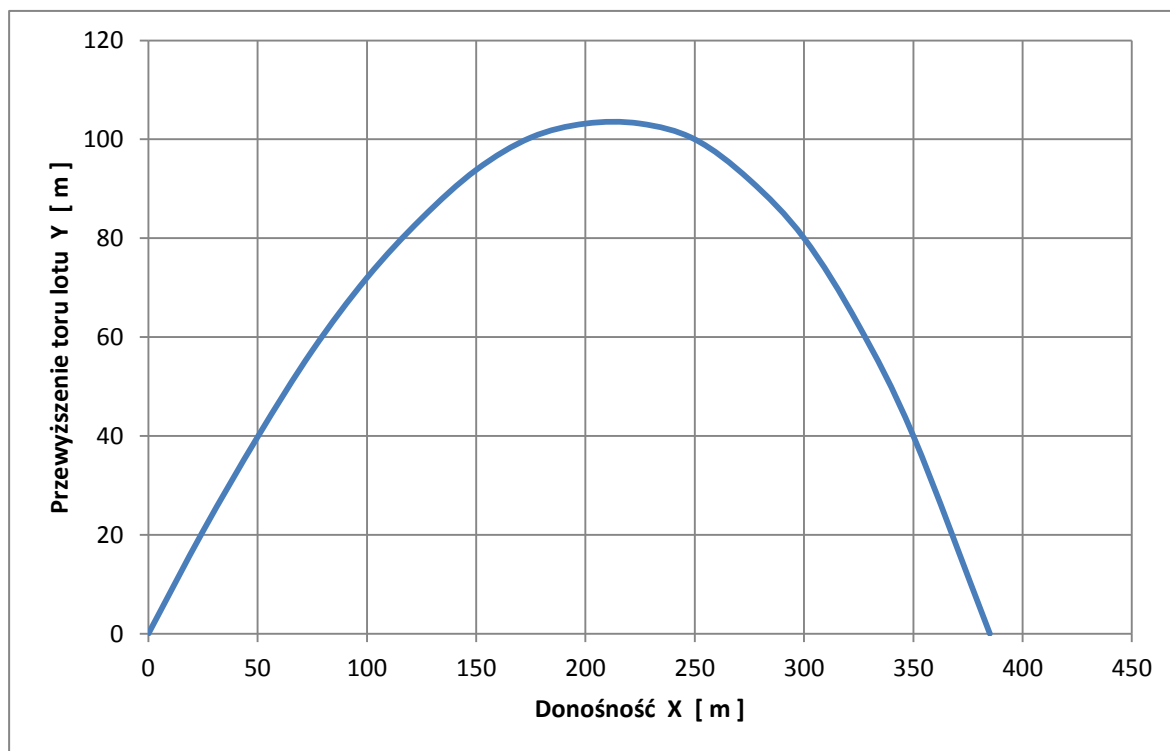
X - zasięg

$V_c$  - prędkość końcowa

Obliczone charakterystyki donośności weryfikowano z wynikami uzyskanymi podczas pomiarów w terenie. Na rysunkach nr 1 i nr 2 przedstawiono wybrane charakterystyki balistyczne badanych beltów.



Rys. 1. Energia kinetyczna beltu w funkcji donośności



Rys. 2. Przewyższenie toru lotu beltu w funkcji donośności

## 4. Podsumowanie

Wyniki przeprowadzonych badań w zakresie balistyki końcowej, polegających na strzelaniu ze standardowej kuszy z użyciem standardowych bełtów dostępnych na rynku do typowych pakietów balistycznych, gwarantujących ochronę przed podstawową amunicją pistoletową oraz wyniki badań balistyki zewnętrznej przeprowadzonych w celu określenia charakterystyk toru lotu, potwierdziły niebezpieczeństwo użycia tego oręża. Tak, więc, w pełni zasadne są zapisy polskich aktów prawnych (Dz.U. z 1999 roku Nr 53, poz.. 549) wymuszających posiadanie zezwolenia na kuszę (w odróżnieniu od łuku i innej broni tego typu). W praktyce, wnioski o pozwolenia spotykają się niemal zawsze z odmową ze względu na treść *Rozporządzenia MSWi A z dnia 20 marca 2000 r. w sprawie rodzajów szczególnie niebezpiecznej broni i amunicji, oraz rodzajów broni odpowiadającej celom, w których może być wydane pozwolenie na broń.*

## Literatura

- [1] Wikipedia
- [2] Ustawa z dnia 21 maja 1999 r. o broni i amunicji (Dz.U. 1999 Nr 53 poz. 549)
- [3] NO-13-A230; 2004 r. - *Pomiar prędkości pocisków*
- [4] STANAG 4114; 1994 r. - *Measurements of projectile velocities*
- [5] STANAG 4355; 1994 - *Modified Point Mass Trajectory Model*
- [6] PN-V-87000:2011 - *Oslony Balistyczne lekkie. Kamizelki kulo- i odłamkoodporne. Wymagania i badania*
- [7] Olejniczak E. Stępiak W. – *Badania balistyczne przy użyciu dopplerowskiego zestawu balistycznego*, Oficyna Wydawnicza Politechniki Warszawskiej, Warszawa 1995 r. str. 106.



