



**ANALIZA WYTRZYMAŁOŚCIOWA LUF KONSTRUKCJI  
WZMOCNIONEJ I NIEWZMOCNIONEJ STOSOWANYCH W BRONI  
STRZELECKIEJ WYBRANYCH KALIBRÓW.  
CZĘŚĆ II – OBLICZENIA WYTRZYMAŁOŚCIOWE LUF  
NIEWZMOCNIONYCH**

***STRENGTH ANALYSIS OF REINFORCED AND UNREINFORCED BARRELS USED  
IN SMALL ARMS OF SELECTED CALIBERS.  
PART II - STRENGTH CALCULATIONS OF UNREINFORCED BARRELS***

Bartłomiej DĄBROWSKI, [bartlomiej.dabrowski5.stud@pw.edu.pl](mailto:bartlomiej.dabrowski5.stud@pw.edu.pl)

Mariusz MAGIER, [mariusz.magier@pw.edu.pl](mailto:mariusz.magier@pw.edu.pl), ORCID: 0000-0002-4431-9537

Politechnika Warszawska, Wydział Mechaniczny Technologiczny

*Faculty of Mechanical and Industrial Engineering, Warsaw's University of Technology, Poland*

Paweł SWEKLEJ, [sweklejp@witu.mil.pl](mailto:sweklejp@witu.mil.pl), ORCID: 0000-0002-5794-8906

*Wojskowy Instytut Techniczny Uzbrojenia, Military Institute of Armament Technology, Poland*

DOI 10.5604/01.3001.0054.7509

**Streszczenie:** Celem niniejszej pracy była realizacja dwóch głównych zadań badawczych. Pierwszym było zaprojektowanie sześciu luf w trzech kalibrach: 5,56x45 NATO, 7,62x51 NATO oraz 12,7x99 NATO. Dla każdego kalibru zaprojektowano po dwie lufy: jedną niewzmocnioną oraz drugą o wzmacnioną płaszczem. Drugim zadaniem było wykonanie symulacji komputerowych wytrzymałości luf z wykorzystaniem metody elementów skończonych, na podstawie których dokonano porównania obliczeń wytrzymałościowych analitycznych i numerycznych oraz sformułowano wnioski. Część II obejmuje obliczenia wytrzymałościowe luf niewzmocnionych dla wszystkich badanych luf.

**Słowa kluczowe:** metoda Heydenreich'a, balistyka wewnętrzna, lufa wzmacniona, wytrzymałość, symulacja

### Wykaz symboli i skrótów

$q$  - masa pocisku.

$\omega$  - masa ładunku miotającego.

$l_c$  - długość całkowita lufy.

**Abstract:** The aim of this work was to design a sports submachine gun based on a review of current design solutions used in this type of weapon and to create preliminary technical assumptions. The scope of work included the selection of a cartridge for the submachine gun, the selection of the barrel length, the calculation of the outer diameter of the barrel, the selection of the mass of the bolt and the return spring as well as the calculation of the bolt kinematics, the creation of a functional model using the additive technique, checking the correct operation of the weapon's mechanisms and indicating possible design improvements. Part II includes Strength calculations of unreinforced barrels for all tested barrels.

**Keywords:** Heydenreich method, internal ballistics, reinforced barrel, durability, simulation

### Specification of Symbols and Abbreviations

$q$  – Mass of projectile

$\omega$  – Mass of propelling charge

$l_c$  – Overall length of barrel

k - długość kryzy.	k – Length of flange
$l_p$ - długość pocisku.	$l_p$ – Length of bullet
$l_n$ - długość naboju.	$l_n$ – Length of round
$l_w$ - długość czynna lufy.	$l_w$ – Effective length of barrel
d – kaliber.	d – Calibre
$d_g$ – średnica lufy w bruzdach.	$d_g$ – Diameter of barrel in furrows
dz – obliczeniowa zewnętrzna średnica lufy	dz – Outer barrel diameter for calculations
dz' – przyjęta zewnętrzna średnica lufy	dz' – Accepted outer barrel diameter
S - pole przekroju światła lufy.	S – Area of barrel bore cross section
$\eta$ - parametr wejściowy funkcji Heydenreich'a.	$\eta$ – Input parameter of Heydenreich's function
$p_{sr}$ - uśredniona wartość średniego ciśnienia gazów prochowych w przestrzeni zapociskowej.	$p_{sr}$ – Averaged value of the mean powder gases pressure behind the bullet
$\Sigma(\eta)$ , $P(\eta)$ , $\varphi(\eta)$ , $\Theta(\eta)$ , $T(\eta)$ - parametry wewnętrzne funkcji Heydenreich'a.	$\Sigma(\eta)$ , $P(\eta)$ , $\varphi(\eta)$ , $\Theta(\eta)$ , $T(\eta)$ – internal parameters of Heydenreich's function.
$p_m$ - maksymalna wartość średniego ciśnienia gazów prochowych w przestrzeni zapociskowej.	$p_m$ – Maximal value of the mean powder gases pressure behind the bullet
$x_m$ - długość mierzona od początku długości czynnej lufy, do momentu wystąpienia maksymalnego średniego ciśnienia gazów prochowych w przestrzeni zapociskowej.	$x_m$ – The length measured from the beginning of barrel effective length to the point of maximal value of the mean powder gases pressure behind the bullet
$p_w$ - ciśnienie wylotowe gazów prochowych.	$p_w$ – Powder gases muzzle pressure
$V_w$ - prędkość wylotowa pocisku.	$V_w$ – Bullet muzzle velocity
$V_m$ - prędkość pocisku w momencie osiągnięcia przez gazy prochowe. maksymalnego średniego ciśnienia w przestrzeni zapociskowej.	$V_m$ – Bullet muzzle velocity in the instance of maximal value of the mean powder gases pressure behind the bullet
$t_m$ - czas liczony od chwili początkowej inicjacji strzału, do momentu osiągnięcia przez gazy prochowe maksymalnej wartości średniego ciśnienia przestrzeni zapociskowej.	$t_m$ – Time measured from the moment of shot original initiation to the moment when powder gases reach maximal value of the mean pressure behind the bullet
$t_{sr}$ - czas liczony od chwili początkowej inicjacji strzału, do momentu pierwszego osiągnięcia przez gazy prochowe uśrednionej wartości średniego ciśnienia w przestrzeni zapociskowej.	$t_{sr}$ – Time measured from the moment of shot original initiation to the moment when powder gases first time reach the averaged value of the mean powder gases pressure behind the bullet
$t_w$ - czas liczony od chwili początkowej inicjacji strzału do momentu opuszczenia pocisku z lufy.	$t_w$ – Time measured from the moment of shot original initiation to the moment when the bullet leaves the barrel
$\lambda$ - względna droga pocisku liczona w liczbie odinków o długości $x_m$ .	$\lambda$ – Relative way of bullet counted in number of sections with the length of $x_m$
$H(\lambda)$ , $\psi(\lambda)$ , $\Omega(\lambda)$ , $Z(\lambda)$ - stałe tabelaryczne metody Heydenreich'a.	$H(\lambda)$ , $\psi(\lambda)$ , $\Omega(\lambda)$ , $Z(\lambda)$ – Tabular constants in Heydenreich's method
x - zmienna długości liczona od początku układu odniesienia.	x – Longitude variable counted from the origin of the coordinates
t - zmienna czasu liczona od momentu inicjacji	t – Time variable counted from the moment of shot

<p>strzału.</p> <p><math>p(x)</math> - wartość chwilowa średniego ciśnienia przestrzeni zapociskowej określana względem zmiennej długości liczonej od początku układu odniesienia.</p> <p><math>p(t)</math> - wartość chwilowa średniego ciśnienia przestrzeni zapociskowej określana względem zmiennej czasu liczonej od momentu inicjacji strzału.</p> <p><math>V(x)</math> - wartość chwilowa prędkości pocisku określana względem zmiennej długości liczonej od początku układu odniesienia.</p> <p><math>V(t)</math> - wartość chwilowa prędkości pocisku określana względem zmiennej czasu liczonego od momentu inicjacji strzału.</p> <p><math>x_m</math> - odległość od płasku wlotowego lufy do momentu wystąpienia maksymalnego średniego ciśnienia gazów prochowych w przestrzeni zapociskowej.</p> <p><math>p_p(x)</math> - wartość chwilowa ciśnienia przedniego, określana względem zmiennej długości liczonej od początku układu odniesienia.</p> <p><math>p_{pmax}</math> - maksymalna wartość ciśnienia przedniego.</p> <p><math>p_t(x)</math> - wartość chwilowa ciśnienia tylnego, określana względem zmiennej długości liczonej od początku układu odniesienia.</p> <p><math>p_{tmax}</math> - maksymalna wartość ciśnienia tylnego.</p> <p><math>p_s(x)</math> - wartość chwilowa ciśnienia działającego na powierzchnię wewnętrzną lufy, określana względem zmiennej długości liczonej od początku układu odniesienia.</p> <p><math>p_s(x)</math> - wartość chwilowa ciśnienia działającego na powierzchnię wewnętrzną lufy, przesunięta o ćwierć drogi względnej dla punktu osiągnięcia przez gazy prochowe swojej maksymalnej wartości ciśnienia, określana względem zmiennej długości liczonej od początku układu odniesienia.</p> <p><math>p_1</math> - wartość granicznej wytrzymałości lufy.</p> <p><math>b_0, b_1, b_i</math> - współczynniki bezpieczeństwa.</p> <p><math>\sigma_{red}</math> - naprężenia zredukowane.</p> <p><math>\sigma_t</math> - naprężenia styczne.</p> <p><math>\sigma_r</math> - naprężenia promieniowe.</p> <p><math>\sigma_z</math> - naprężenia wzdłużne.</p> <p><math>\nu</math> - współczynnik Poissona.</p>	<p>initiation.</p> <p><math>p(x)</math> – Instantaneous value of the mean pressure behind the bullet identified in reference to the longitude variable counted with the origin of the coordinates</p> <p><math>p(t)</math> - Instantaneous value of the mean pressure behind the bullet identified in reference to the time variable counted with the moment of shot initiation</p> <p><math>V(x)</math> – Momentary value of bullet velocity identified in relation to the longitude variable counted with the origin of the coordinates</p> <p><math>V(t)</math> - Momentary value of bullet velocity identified in relation to the time variable counted with the moment of shot initiation</p> <p><math>x_m</math> - Distance from barrel muzzle plane to the point of maximal value of the mean powder gases pressure behind the bullet</p> <p><math>p_p(x)</math> – Momentary value of the frontal pressure identified in relation to the longitude variable counted with the origin of the coordinate system</p> <p><math>p_{pmax}</math> – Maximal value of frontal pressure</p> <p><math>p_t(x)</math> - Momentary value of the rear pressure identified in relation to the longitude variable counted with the origin of the coordinate system</p> <p><math>p_{tmax}</math> – Maximal value of the rear pressure</p> <p><math>p_s(x)</math> – Momentary value of the pressure acting against the inner surface of the barrel, identified in relation to the longitude variable counted with the origin of the coordinate system</p> <p><math>p_s(x)</math> - Momentary value of the pressure acting against the inner surface of the barrel, shifted by a quarter of relative displacement for the point where the powder gases reach their maximal value of pressure, and identified in relation to the longitude variable counted with the origin of the coordinate system</p> <p><math>p_1</math> – Limiting value of barrel resistance</p> <p><math>b_0, b_1, b_i</math> – Safety coefficients</p> <p><math>\sigma_{red}</math> – Reduced stresses</p> <p><math>\sigma_t</math> – Tangential stresses</p> <p><math>\sigma_r</math> – Radial stresses</p> <p><math>\sigma_z</math> – Longitude stresses</p> <p><math>\nu</math> – Poisson's coefficient</p>
--	--

$R_e$ - wyraźna granica plastyczności.	$R_e$ – Distinct limit of plasticity
$r_w$ - promień wewnętrzny lufy niewzmocnionej.	$r_w$ – Inner radius of unreinforced barrel
$r_z$ - minimalny promień zewnętrzny lufy niewzmocnionej.	$r_z$ – Minimal outer radius of unreinforced barrel
$r_z(x)$ - funkcja minimalnego promienia zewnętrznego lufy niewzmocnionej, określana względem zmiennej długości liczonej od początku układu odniesienia.	$r_z(x)$ – Function of the minimal outer radius of unreinforced barrel identified in relation to the longitude variable counted with the origin of the coordinate system
$d_z(x)$ - funkcja minimalnej średnicy zewnętrznej lufy niewzmocnionej, określana względem zmiennej długości liczonej od początku układu odniesienia.	$d_z(x)$ - Function of the minimal outer diameter of unreinforced barrel identified in relation to the longitude variable counted with the origin of the coordinate system
$\beta$ - wartość względnego powiększenia średnicy wewnętrznej płaszczka.	$\beta$ – Value of relative increase of the coat inner diameter
$\alpha$ - wartość współczynnika rozszerzalności cieplnej dla stali.	$\alpha$ – Thermal expansion coefficient for steel
$\Delta t$ - różnica temperatur pomiędzy rurą rdzeniową, a rozgrzanym płaszczem.	$\Delta t$ – Difference of temperatures between core tube and hot coat
$\gamma$ - wartość względnego powiększenia średnicy wewnętrznej płaszczka po korekcie.	$\gamma$ – Value of the relative enlargement of the inner coat diameter after correction
$r_{2I}$ - promień zewnętrzny rury rdzeniowej na długości osadzenia płaszczka.	$r_{2I}$ – Outer radius of the core tube on the distance of coat fit
$r_2$ - promień podziałowy pomiędzy płaszczem, a rurą rdzeniową.	$r_2$ – Border radius between the coat and the core tube
$r_{2II}$ - promień wewnętrzny płaszczka na długości jego osadzenia.	$r_{2II}$ – Inner radius of the coat over the distance of its fit
$r_1$ - promień wewnętrzny komory naboju.	$r_1$ – Inner radius of cartridge chamber
$r_3$ - promień zewnętrzny płaszczka.	$r_3$ – Outer radius of the coat
$T_1$ - wcisk płaszczka na rurę rdzeniową.	$T_1$ – Pushing fit of the coat on the core tube
$E$ - moduł Younga	$E$ – Young's modulus.

## 1. Wstęp

W celu wyznaczenia minimalnej średnicy zewnętrznej lufy, posiadając dane wejściowe w postaci funkcji  $p(x)$  obliczono kolejno ciśnienie tylnie  $p_t$  oraz ciśnienie przednie  $p_p$ .

## 1. Introduction

In order to identify the minimal outer barrel diameter for input data represented by function  $p(x)$  the successive calculations of the rear  $p_t$  and frontal  $p_p$  pressures were made.

$$x_m = x_m + l_c - l_w \quad (1)$$

$$p_p(x) = \left(1 + \frac{1}{3} * \frac{\omega}{q}\right)^{-1} p(x) \quad (2)$$

stąd:

hence:

$$p_{pmax} = \left(1 + \frac{1}{3} * \frac{\omega}{q}\right)^{-1} p(x_m) \quad (3)$$

$$p_t(x) = \left(1 + 0,5 \frac{\omega}{q}\right) * p_p(x) \quad (4)$$

stąd:

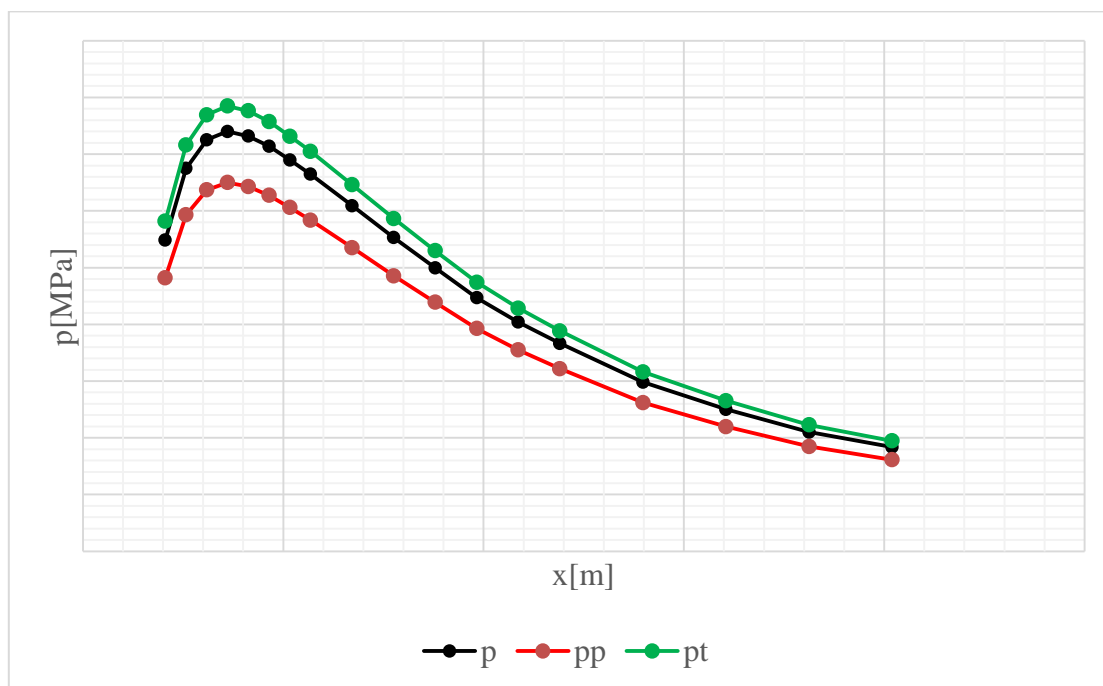
hence:

$$p_{tmax} = \left(1 + 0,5 \frac{\omega}{q}\right) * p_p(x_m) \quad (5)$$

Następnie obliczono ciśnienie gazów prochowych działających na powierzchnię wewnętrzną lufy, która opisana jest w zależności długości lufy w następujący sposób:

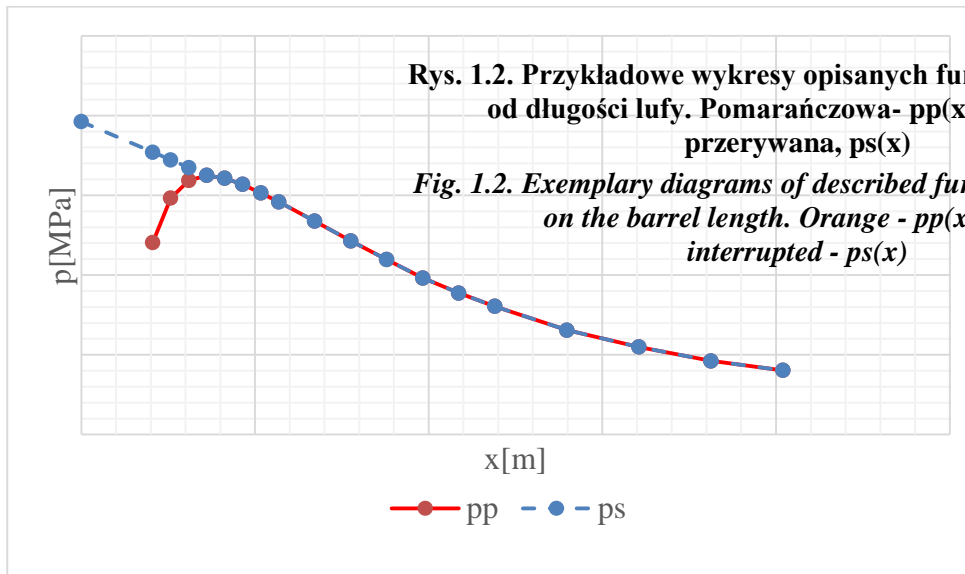
Next, calculations were made for the pressure of powder gases acting against the inner surface of the barrel which depends on the barrel length and is described by:

$$\begin{cases} p_s(x) = p_{tmax} - \frac{p_{tmax} - p_{pmax}}{x_m} * x, \text{ dla } x \in \langle 0; x_m \rangle > \\ p_s(x) = p_p(x), \text{ dla } x \in (x_m; l_w) > \end{cases} \quad (6)$$



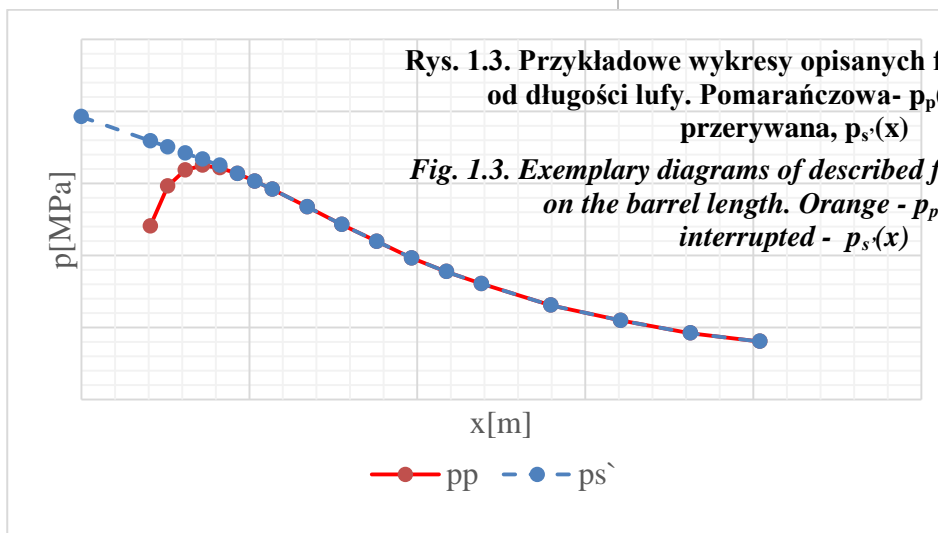
**Rys. 1.1. Przykładowe wykresy opisanych funkcji w zależności od długości lufy.  
 Zielony-  $p_t(x)$ , czarny-  $p(x)$ , pomarańczowy-  $p_p(x)$**

**Fig. 1.1. Exemplary diagrams of described functions depending on the barrel length.  
 Green-  $p_t(x)$ , Black-  $p(x)$ , Orange-  $p_p(x)$**



Następnie wartość  $p_{pmax}$  dla funkcji  $p_s(x)$ , przesunięto o odległość  $x_m + 0,25\lambda$  w stronę wylotu lufy tworząc funkcję  $p_s'(x)$ .

Next, the value  $p_{pmax}$  for function  $p_s(x)$ , was shifted by distance  $x_m + 0.25\lambda$  towards the barrel muzzle to create function  $p_s'(x)$ .



Ze względu na niedoskonałość metod analitycznych, wprowadzono pojęcie krzywej żądanej wytrzymałości  $p_1$ , która opisana jest zależność

Due to imperfection of analytical methods the notion of the strength demanded shape  $p_1$  was introduced and described by expression

$$p_1 = b_i * p_s \quad (7)$$

gdzie wartość współczynnika bezpieczeństwa  $b_i$  jest zróżnicowana dla odpowiednich przedziałów długości lufy:

$b_0=1,00$  na odcinku od płasku wlotowego lufy, to początku bruzd,

$b_1=1,10$  na odcinku od początku bruzd, do

Where the value of the safety coefficient  $b_i$  is different for respective sections of the barrel length:

$b_0=1.00$  on the section from the barrel in-flow plane to the beginning of furrows,

$b_1=1.10$  on the section from the beginning of

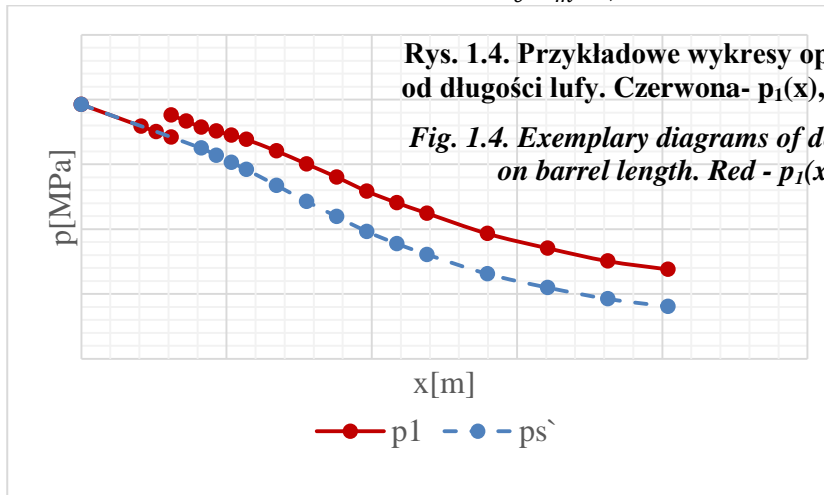
$x_m + 0,25\lambda$ .

Na pozostałej długości współczynnik bezpieczeństwa wyznaczony został ze wzoru

furrows to  $x_m + 0,25\lambda$ .

On the remaining length the coefficient of safety was established with formula

$$b_i(x) = b_1 + \frac{1,9-b_1}{l_c - x_m - 0,25\lambda} * (x - x_m - 0,25\lambda) \quad (8)$$



Następnie dobrano materiał na lufy, E. Górski [1] wspomina, że najczęściej używana jest stal lufowa dawniej określana jako 50RA (PN-72/H-84030). Do obliczeń użyto ową stal po obróbce cieplnej (hartowanie i odpuszczanie), dla której to  $R_e$  równe jest 550 [MPa].

Wyprowadzono wzór na minimalny promień zewnętrzny wykorzystując hipotezę Saint-Venanta [2]. Lufę potraktowano jako grubościenną rurę walcową, otwartą z jednej strony oraz obciążoną wyłącznie ciśnieniem wewnętrznym (wartość ciśnienia atmosferycznego pominięto, gdyż jest bardzo mała w porównaniu do panującego wewnątrz lufy i działającego na ściankę lufy ciśnienia  $p_1$ ). Odkształcenia obwodowe w układach lufowych są większe od naprężeń promieniowych, a odkształcenia poosiowe są co wartości znikome. Wartość liczby Poissona przyjęto jako przybliżoną wartość dla stali, stąd założenia dla hipotezy Saint-Venanta określono następująco:

Next, material for the barrels was selected, and E. Górski [1] comments that in most cases the barrel steel, previously named as 50RA (PN-72/H-84030), is used. For calculations the steel was used after thermal treatment (hardening and tempering) with the value of  $R_e$  equal to 550 [MPa].

The formula was derived on the minimal outer radius using Saint-Venante's hypothesis [2]. The barrel was treated as a thick-wall cylindrical tube which is open at one end and loaded only by the inner pressure (value of atmospheric pressure was omitted as it is very small comparing to pressure  $p_1$  existing inside the barrel and acting against its wall). The perimeter strains in barrel systems are greater than radial stresses, and the axial strains are negligible. The value of Poisson's number was taken as an approximated value for the steel, and therefore the assumptions for the Saint-Venante's hypothesis were established in following way:

$$\sigma_t > \sigma_r; \sigma_z = 0; \nu = 0,3$$

Wyprowadzenie wzoru na naprężenia zredukowane według hipotezy Saint-Venanta:

Derivation of formula for reduced stresses according with Saint-Venante's hypothesis:

$$\begin{aligned}\sigma_{red} &= \sigma_t - \nu(\sigma_r + \sigma_z) \leq R_e \\ \sigma_{red} &= \sigma_t - 0,3(\sigma_r + 0) \leq R_e \\ \sigma_{red} &= \sigma_t - 0,3 * \sigma_r \leq R_e\end{aligned}\quad (9)$$

Następnie obliczono naprężenia obwodowe oraz promieniowe dla maksymalnego ciśnienia wewnątrz ścianki dla  $r=r_w$ :

Next, the perimeter and radial stresses were calculated at the maximal pressure inside the wall for  $r=r_w$ :

$$\sigma_t = p_1 \frac{r_w^2}{r_z^2 - r_w^2} \left(1 + \frac{r_z^2}{r^2}\right) = p_1 \frac{r_w^2}{r_z^2 - r_w^2} \left(1 + \frac{r_z^2}{r_w^2}\right) = p_1 \frac{r_w^2 + r_z^2}{r_z^2 - r_w^2} [MPa] \quad (10)$$

$$\sigma_r = p_1 \frac{r_w^2}{r_z^2 - r_w^2} \left(1 - \frac{r_z^2}{r^2}\right) = p_1 \frac{r_w^2}{r_z^2 - r_w^2} \left(1 - \frac{r_z^2}{r_w^2}\right) = p_1 \frac{r_w^2 - r_z^2}{r_z^2 - r_w^2} [MPa] \quad (11)$$

Podstawiając powyższe wzory na naprężenia promieniowe i obwodowe do wzoru na naprężenia zredukowane uzyskano finalnie zależność:

Substituting the above formulae for radial and perimeter stresses into the formula for reduced stresses the final dependence was received :

$$\sigma_{red} = p_1 \frac{r_w^2 + r_z^2}{r_z^2 - r_w^2} - 0,3 * p_1 \frac{r_w^2 - r_z^2}{r_z^2 - r_w^2} = \frac{p_1}{r_z^2 - r_w^2} * (r_w^2 - 0,3r_w^2 + r_z^2 + 0,3r_z^2) \quad (12)$$

$$\sigma_{red} = p_1 \frac{0,7r_w^2 + 1,3r_z^2}{r_z^2 - r_w^2} \leq R_e [MPa] \quad (13)$$

Następnie powstały wzór przekształcono, aby obliczyć minimalny promień zewnętrzny:

The obtained formula was transformed to calculate the minimal outer radius:

$$R_e \geq p_1 \frac{0,7r_w^2 + 1,3r_z^2}{r_z^2 - r_w^2}$$

$$R_e(r_z^2 - r_w^2) \geq p_1(0,7r_w^2 + 1,3r_z^2)$$

$$R_e r_z^2 - R_e r_w^2 \geq 0,7p_1 r_w^2 + 1,3p_1 r_z^2$$

$$R_e r_z^2 - 1,3p_1 r_z^2 \geq 0,7p_1 r_w^2 + R_e r_w^2$$

$$r_z^2(R_e - 1,3p_1) \geq r_w^2(0,7p_1 + R_e)$$

$$r_z^2 = r_w^2 \frac{(0,7p_1 + R_e)}{(R_e - 1,3p_1)}$$

$$r_z = r_w \sqrt{\frac{R_e + 0,7p_1}{R_e - 1,3p_1}} \quad (14)$$

Ponieważ  $r_w = \text{const}$ ,  $R_e = \text{const}$ , a  $p_1$  jest wartością zmienną, zależną od długości, to wzór  $r_z$  można zapisać w postaci funkcji  $r_z(x)$ , która wygląda następująco:

As  $r_w = \text{const}$ ,  $R_e = \text{const}$ , and  $p_1$  is a variable value depending on length, the formula  $r_z$  can be written in the form of function  $r_z(x)$ , which looks like:

$$r_z(x) = r_w \sqrt{\frac{R_e + 0,7p_1(x)}{R_e - 1,3p_1(x)}} \quad (15)$$



Wzór przekształcono z funkcji opisującej minimalny promień zewnętrzny, na funkcję opisującą minimalną średnicę zewnętrzną lufy.

The formula was transformed from a function describing the minimal outer radius into a function describing the minimal outer diameter of barrel.

$$d_z(x) = 2 * r_w \sqrt{\frac{R_e + 0,7p_1(x)}{R_e - 1,3p_1(x)}} \quad (16)$$

Według przedstawionego powyżej schematu dokonano obliczeń wytrzymałościowych dla luf niewzmocnionych w kalibrach, kolejno: 5,56x45 NATO, 7,62x51 NATO oraz 12,7x99 NATO.

According with the above scheme the strength calculations were performed for unreinforced barrels with successive calibres: 5.56x45 NATO, 7.62x51 NATO and 12.7x99 NATO.

## 2. Obliczenia wytrzymałościowe lufy niewzmocnionej w kalibrze 5,56x45 NATO

## 2. Unreinforced Barrel Strength Calculations for 5.56x45 NATO Calibre

Tabela 2.1. Wartości funkcji opisanych ciśnień, względem odpowiadającym im długościom lufy kalibru 5,56x45 NATO

*Table 2.1. Values of functions for described pressures, versus corresponding them lengths of barrel for 5.56x45 NATO calibre*

x [m]	p [MPa]	p <sub>p</sub> [MPa]	p <sub>t</sub> [MPa]	p <sub>s</sub> [MPa]	p <sub>s</sub> ' [MPa]	p <sub>1</sub> (b <sub>0</sub> ) [MPa]	p <sub>1</sub> (b <sub>1</sub> ) [MPa]	p <sub>1</sub> (b <sub>i</sub> ) [MPa]
0,000	0,00	0,00	0,00	392,48	392,48	392,48	-	-
0,041	274,17	240,85	290,83	354,10	358,92	358,92	-	-
0,051	337,44	296,43	357,94	344,41	350,45	350,45	-	-
0,062	362,60	318,54	384,63	334,72	341,98	341,98	376,18	-
0,072	370,00	325,04	392,48	325,04	333,51	-	366,86	-
0,083	365,93	321,46	388,16	321,46	325,04	-	357,54	-
0,093	357,05	313,66	378,74	313,66	313,66	-	-	351,20
0,103	344,84	302,93	365,79	302,93	302,93	-	-	345,15
0,114	332,26	291,88	352,45	291,88	291,88	-	-	338,30
0,134	304,51	267,51	323,01	267,51	267,51	-	-	320,57
0,155	276,39	242,80	293,18	242,80	242,80	-	-	300,53
0,176	249,75	219,40	264,93	219,40	219,40	-	-	280,19
0,197	223,48	196,32	237,06	196,32	196,32	-	-	258,45
0,217	202,02	177,47	214,30	177,47	177,47	-	-	240,61
0,238	183,15	160,89	194,28	160,89	160,89	-	-	224,47
0,280	149,11	130,99	158,17	130,99	130,99	-	-	193,06
0,321	125,06	109,86	132,66	109,86	109,86	-	-	170,57
0,363	105,08	92,31	111,46	92,31	92,31	-	-	150,58
0,404	91,76	80,61	97,34	80,61	80,61	-	-	137,84

$$x_m' = x_m + l_c - l_w = 0,041475 + 0,4063 - 0,37543 \cong 0,072 \text{ [m]} \quad (17)$$

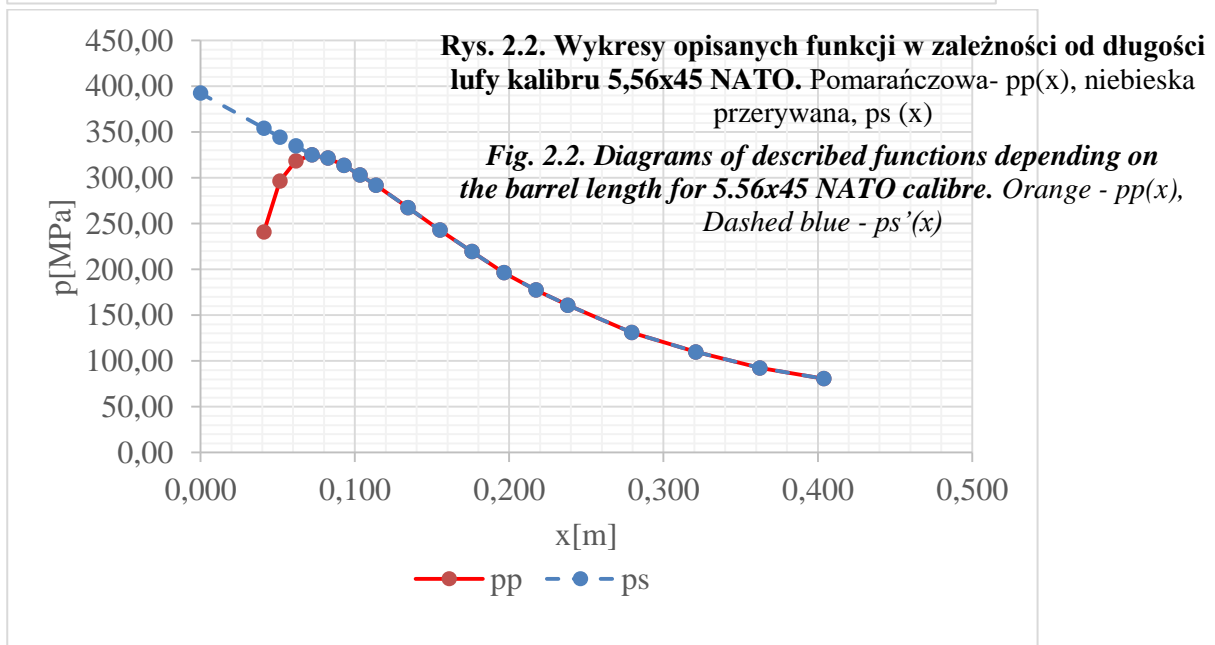
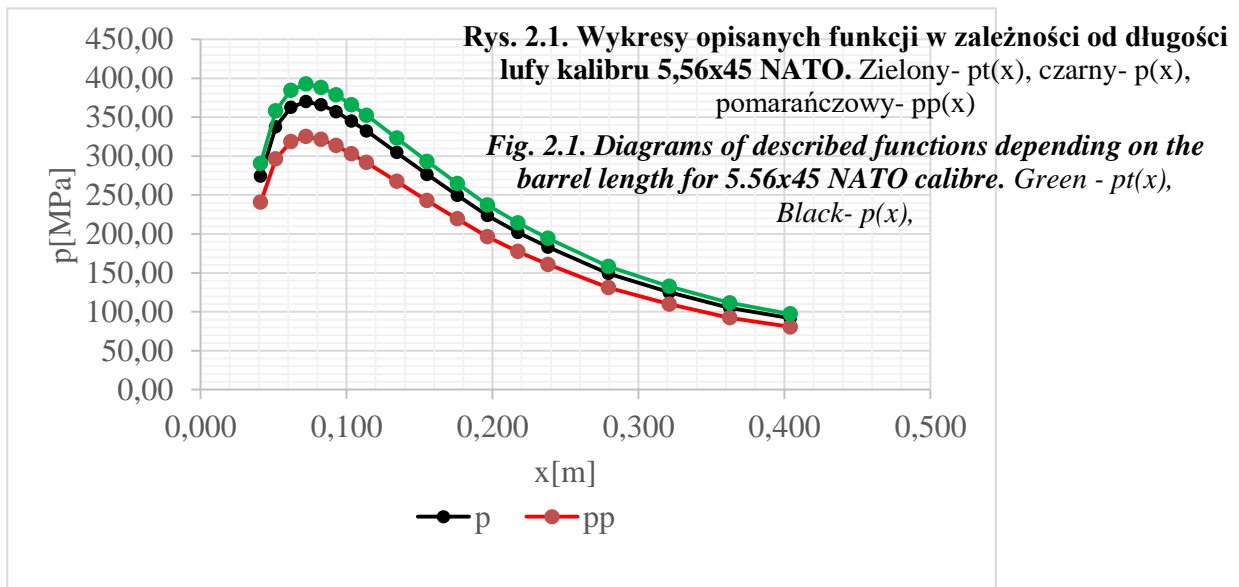
$$p_p(x) = \left(1 + \frac{1}{3} * \frac{\omega}{q}\right)^{-1} p(x) = \left(1 + \frac{1}{3} * \frac{0,00166}{0,004}\right)^{-1} p(x) = 0,879 * p(x) \text{ [MPa]} \quad (18)$$

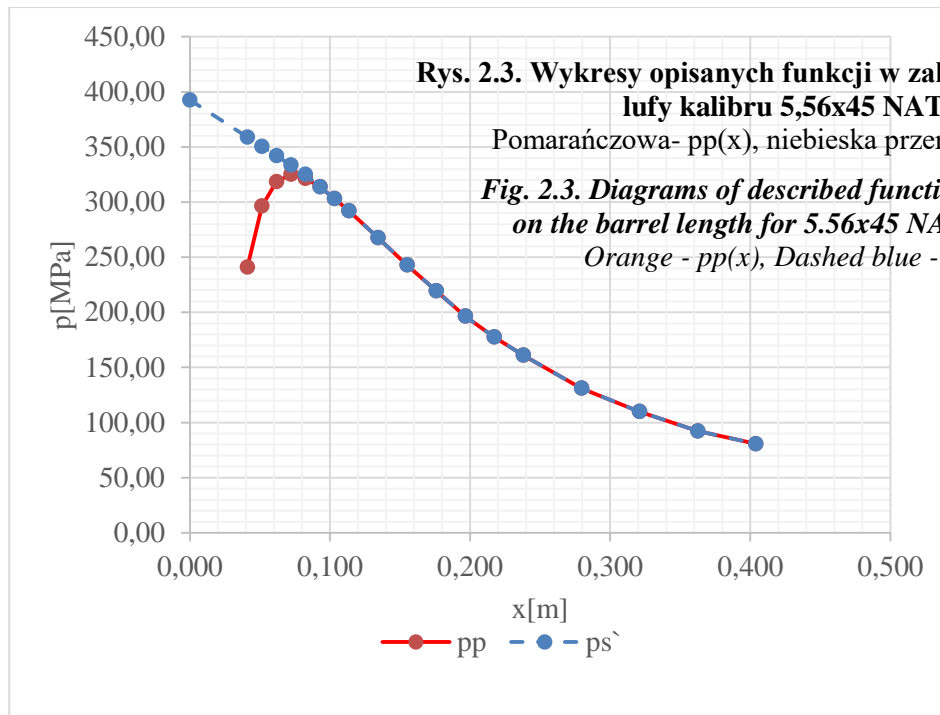
$$p_{pmax} = \left(1 + \frac{1}{3} * \frac{\omega}{q}\right)^{-1} p(x_m') = \left(1 + \frac{1}{3} * \frac{0,00166}{0,004}\right)^{-1} * 370 = 325,04 \text{ [MPa]} \quad (19)$$

$$p_t(x) = \left(1 + 0,5 \frac{\omega}{q}\right) * p_p(x) = \left(1 + 0,5 \frac{0,00166}{0,004}\right) * p_p(x) = 1,208 * p_p(x) \text{ [MPa]} \quad (20)$$

$$p_{tmax} = \left(1 + 0,5 \frac{\omega}{q}\right) * p_p(x_m') = \left(1 + 0,5 \frac{0,00166}{0,004}\right) * 325,04 = 392,48 \text{ [MPa]} \quad (21)$$

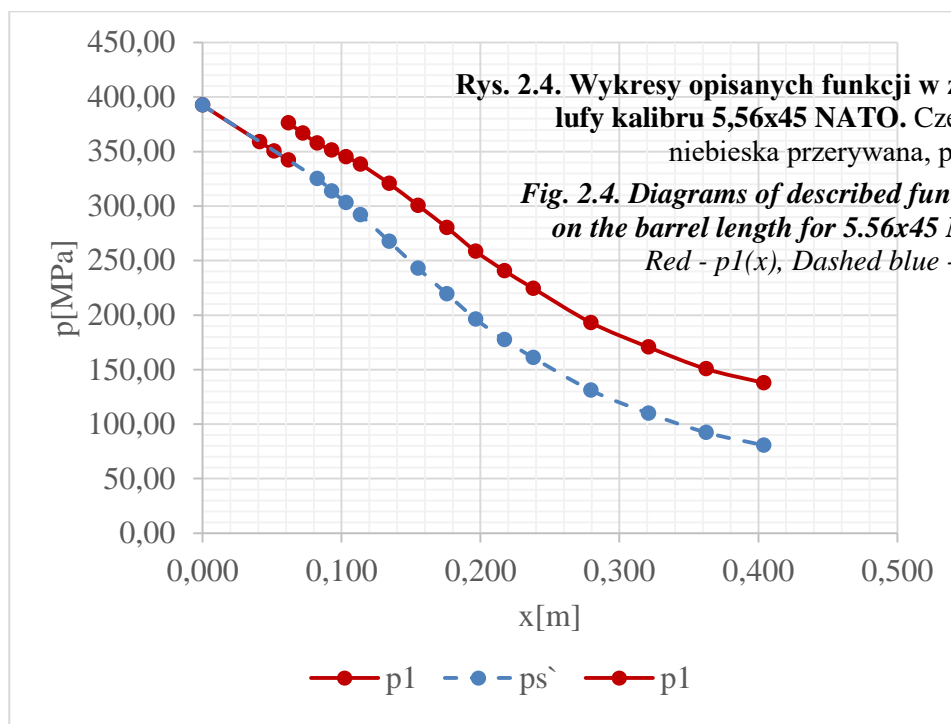
$$\begin{cases} p_s(x) = p_{tmax} - \frac{p_{tmax} - p_{pmax}}{x_m'} * x \text{ [MPa]}, \text{ dla } x \in < 0; 0,072 > \text{ [m]} \\ p_s(x) = p_p(x) \text{ [MPa]}, \text{ dla } x \in (0,072; 0,404 > \text{ [m]} \end{cases} \quad (22)$$





**Rys. 2.3. Wykresy opisanych funkcji w zależności od długości lufy kalibru 5,56x45 NATO.**

Pomarańczowa-  $pp(x)$ , niebieska przerywana,  $ps'(x)$   
**Fig. 2.3. Diagrams of described functions depending on the barrel length for 5.56x45 NATO calibre.**  
 Orange -  $pp(x)$ , Dashed blue -  $ps'(x)$



**Rys. 2.4. Wykresy opisanych funkcji w zależności od długości lufy kalibru 5,56x45 NATO. Czerwona-  $p1(x)$ , niebieska przerywana,  $ps'(x)$**

**Fig. 2.4. Diagrams of described functions depending on the barrel length for 5.56x45 NATO calibre.**  
 Red -  $p1(x)$ , Dashed blue -  $ps'(x)$

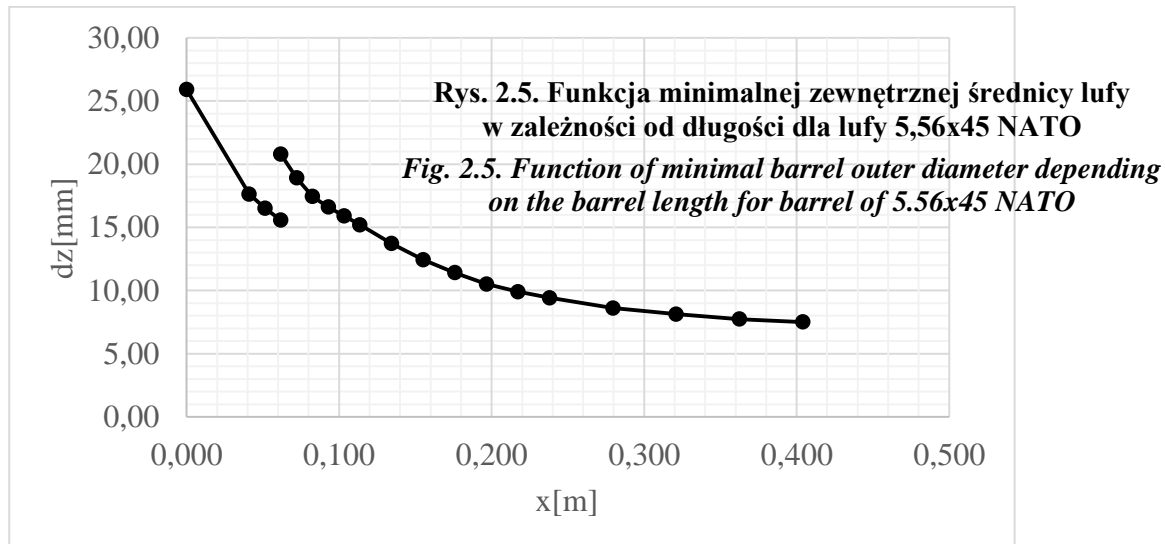
Dla amunicji 5,56x45 NATO średnica lufy w brzdach gwintu,  $d_g=5,69$  [mm], zatem:

Therefore, for ammunition 5.56x45 NATO the diameter of barrel in furrows of rifling is  $d_g=5.69$  [mm]:

$$d_z(x) = d_g \sqrt{\frac{R_e + 0,7p_1(x)}{R_e - 1,3p_1(x)}} = 5,69 \sqrt{\frac{550 + 0,7p_1(x)}{550 - 1,3p_1(x)}} \quad (23)$$

Tabela 2.2. Funkcja minimalnej średnicy zewnętrznej od długości, dla lufy kalibru 5,56x45 NATO  
 Table 2.2. Function of minimal outer diameter versus the length for barrel of 5.56x45 NATO calibre

x [m]	$d_{zp1b0}$ [mm]	$d_{zp1b1}$ [mm]	$d_{zp1bi}$ [mm]
0,000	25,91	-	-
0,041	17,64	-	-
0,051	16,51	-	-
0,062	15,57	20,78	-
0,072	-	18,91	-
0,083	-	17,44	-
0,093	-	-	16,61
0,103	-	-	15,91
0,114	-	-	15,20
0,134	-	-	13,72
0,155	-	-	12,43
0,176	-	-	11,40
0,197	-	-	10,52
0,217	-	-	9,90
0,238	-	-	9,42
0,280	-	-	8,61
0,321	-	-	8,13
0,363	-	-	7,74
0,404	-	-	7,51



### 3. Obliczenia wytrzymałościowe lufy niewzmocnionej w kalibrze 7,62x51 NATO

### 3. Unreinforced Barrel Strength Calculations for 7.62x51 NATO Calibre

$$x_m' = x_m + l_c - l_w = 0,0373 + 0,6604 - 0,6204 \cong 0,077 \text{ [m]} \quad (24)$$

$$p_p(x) = \left(1 + \frac{1}{3} * \frac{\omega}{q}\right)^{-1} p(x) = \left(1 + \frac{1}{3} * \frac{0,00291}{0,0096}\right)^{-1} p(x) \cong 0,908 p(x) \text{ [MPa]} \quad (25)$$

$$p_{pmax} = \left(1 + \frac{1}{3} * \frac{\omega}{q}\right)^{-1} p(x_m') = \left(1 + \frac{1}{3} * \frac{0,00291}{0,0096}\right)^{-1} * 345 \cong 313,34 \text{ [MPa]} \quad (26)$$

$$p_t(x) = \left(1 + 0,5 \frac{\omega}{q}\right) * p_p(x) = \left(1 + 0,5 \frac{0,00291}{0,0096}\right) * p_p(x) \cong 1,152 * p_p(x) \text{ [MPa]} \quad (27)$$

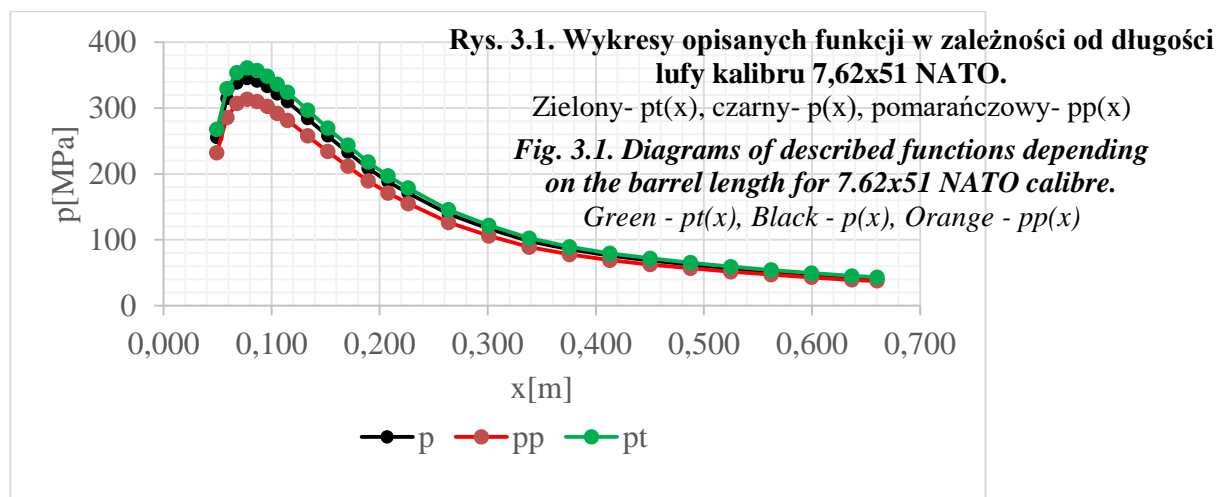
$$p_{tmax} = \left(1 + 0,5 \frac{\omega}{q}\right) * p_p(x_m') = \left(1 + 0,5 \frac{0,00291}{0,0096}\right) * 313,34 \cong 360,83 \text{ [MPa]} \quad (28)$$

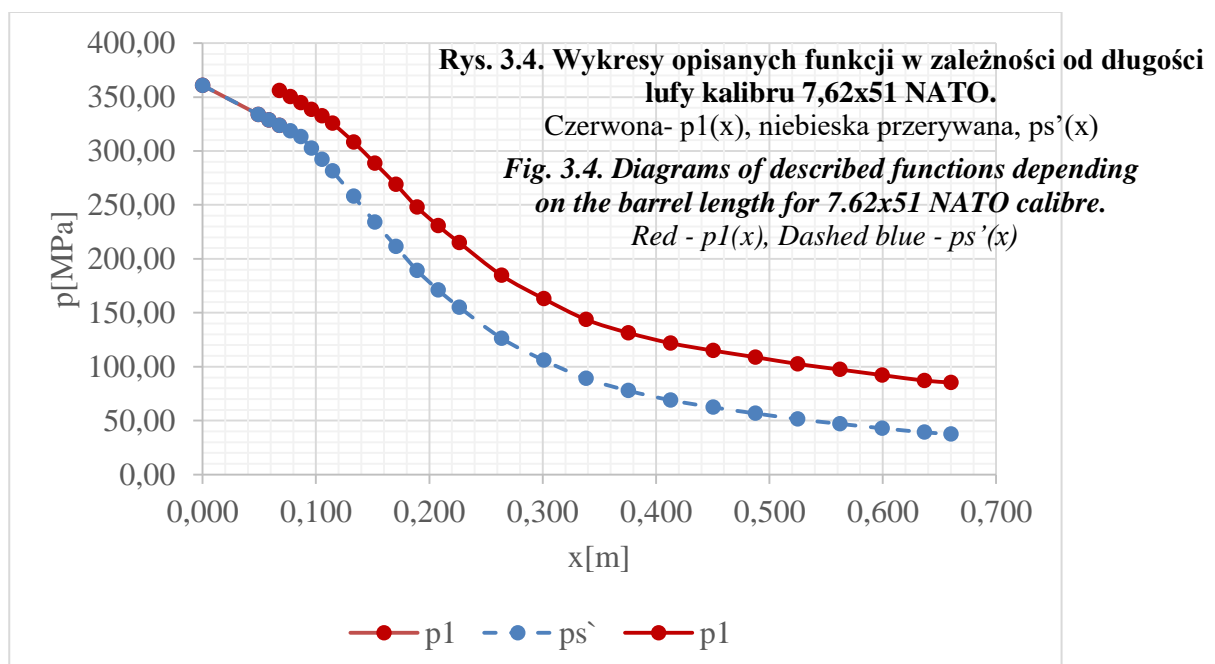
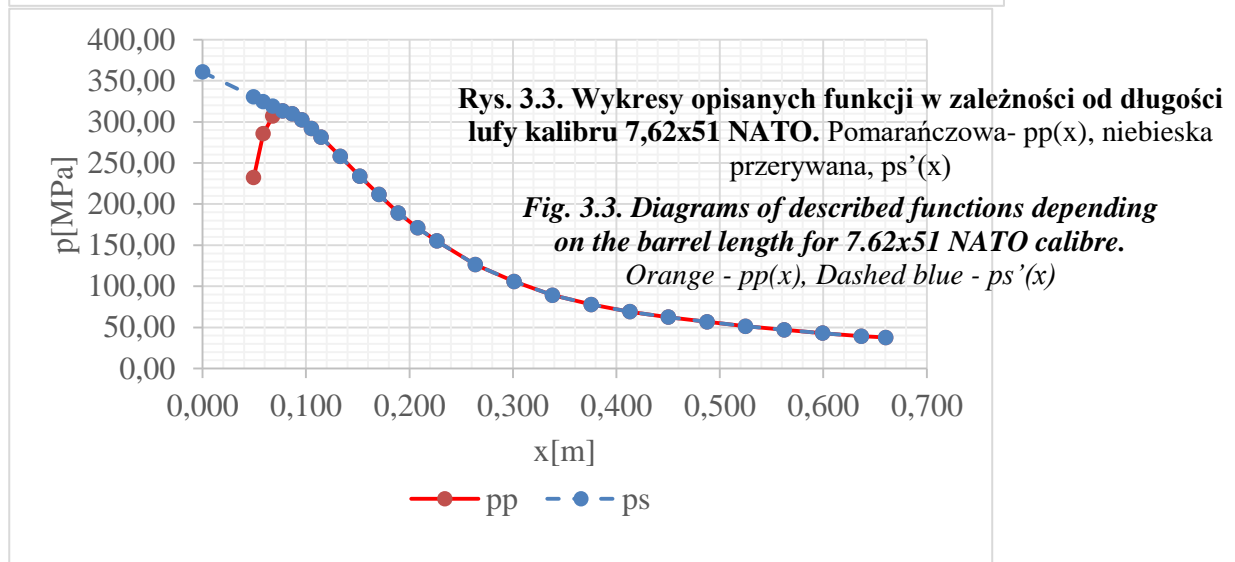
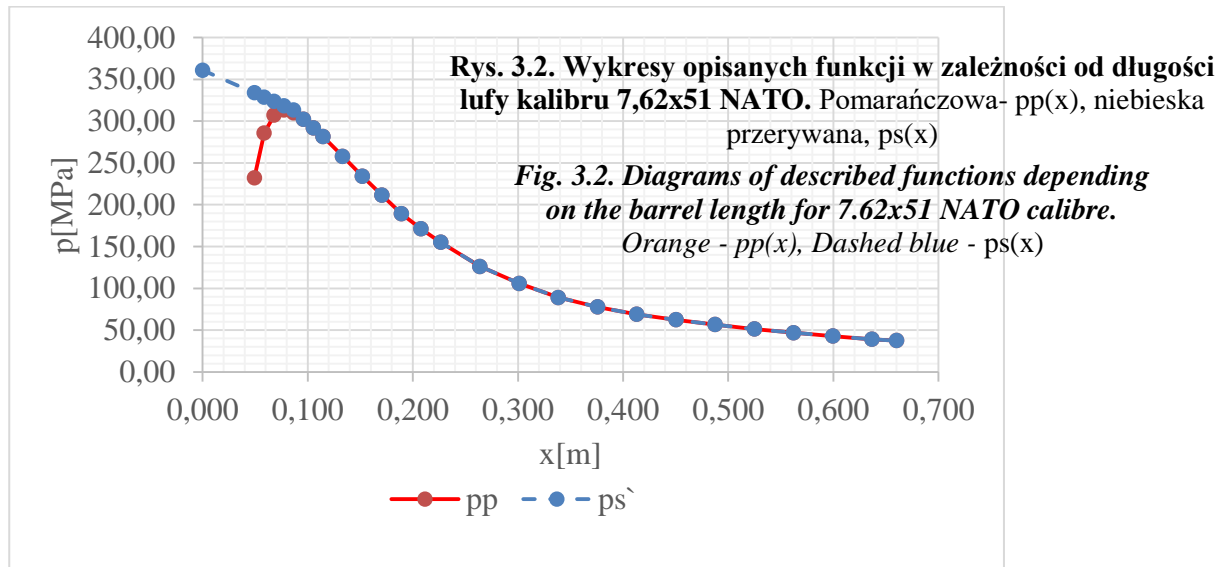
$$\begin{cases} p_s(x) = p_{tmax} - \frac{p_{tmax} - p_{pmax}}{x_m'} * x \text{ [MPa]}, \text{ dla } x \in < 0 ; 0,077 > \text{ [m]} \\ p_s(x) = p_p(x) \text{ [MPa]}, \text{ dla } x \in (0,077 ; 0,660 > \text{ [m]} \end{cases} \quad (29)$$

Tabela 3.1. Wartości funkcji opisanych ciśnień, względem odpowiadającym im długościom lufy kalibru 7,62x51 NATO

*Table 3.1. Values of functions for described pressures, versus corresponding them lengths of barrel for 7.62x51 NATO calibre*

x [m]	p [MPa]	p <sub>p</sub> [MPa]	p <sub>t</sub> [MPa]	p <sub>s</sub> [MPa]	p <sub>s</sub> ' [MPa]	p <sub>1</sub> (b <sub>0</sub> ) [MPa]	p <sub>1</sub> (b <sub>1</sub> ) [MPa]	p <sub>1</sub> (b <sub>i</sub> ) [MPa]
0,000	0,00	0,00	0,00	360,83	360,83	360,83	-	-
0,049	255,65	232,18	267,38	330,53	333,79	333,79	-	-
0,059	314,64	285,77	329,08	324,80	328,68	328,68	-	-
0,068	338,10	307,07	353,61	319,07	323,56	323,56	355,92	-
0,077	345,00	313,34	360,83	313,34	318,45	-	350,30	-
0,087	341,21	309,89	356,86	309,89	313,34	-	344,67	-
0,096	332,93	302,37	348,20	302,37	302,37	-	-	338,37
0,105	321,54	292,03	336,29	292,03	292,03	-	-	332,36
0,115	309,81	281,38	324,03	281,38	281,38	-	-	325,60
0,133	283,94	257,88	296,96	257,88	257,88	-	-	308,23
0,152	257,72	234,06	269,54	234,06	234,06	-	-	288,68
0,171	232,89	211,50	243,56	211,50	211,50	-	-	268,91
0,189	208,38	189,26	217,94	189,26	189,26	-	-	247,84
0,208	188,37	171,08	197,01	171,08	171,08	-	-	230,56
0,227	170,78	155,10	178,61	155,10	155,10	-	-	214,93
0,264	139,04	126,28	145,41	126,28	126,28	-	-	184,61
0,301	116,61	105,91	121,96	105,91	105,91	-	-	162,90
0,338	97,98	88,99	102,48	88,99	88,99	-	-	143,65
0,376	85,56	77,71	89,49	77,71	77,71	-	-	131,37
0,413	75,90	68,93	79,38	68,93	68,93	-	-	121,79
0,450	68,66	62,35	71,81	62,35	62,35	-	-	114,91
0,488	62,45	56,71	65,31	56,71	56,71	-	-	108,84
0,525	56,58	51,39	59,18	51,39	51,39	-	-	102,53
0,562	51,75	47,00	54,12	47,00	47,00	-	-	97,36
0,600	47,27	42,93	49,43	42,93	42,93	-	-	92,19
0,637	43,13	39,17	45,10	39,17	39,17	-	-	87,10
0,660	41,39	37,59	43,29	37,59	37,59	-	-	85,40





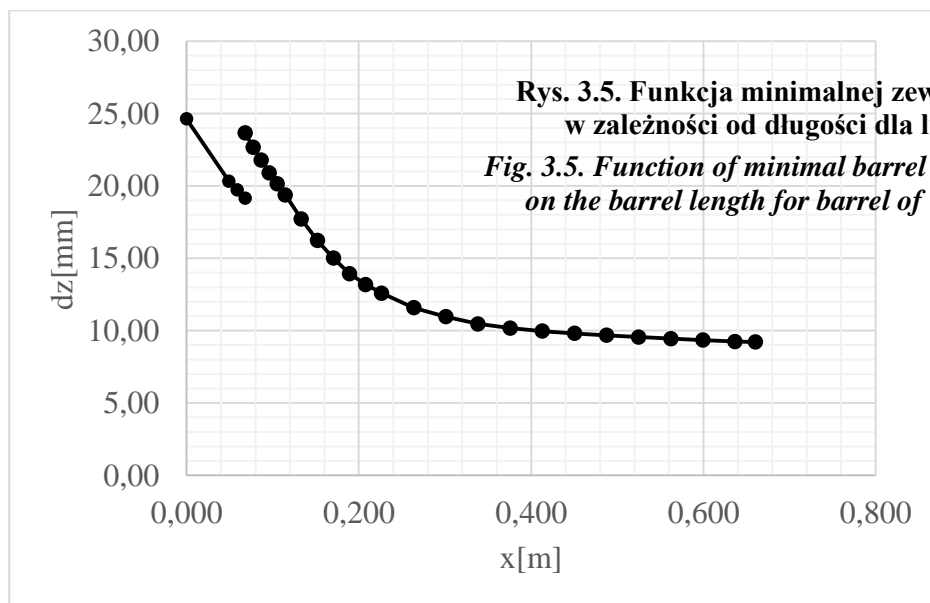
Dla amunicji 7,62x51 NATO średnica lufy w brzdach gwintu,  $d_g=7,82$  [mm], zatem:

Therefore, for ammunition 7.62x51 NATO the diameter of barrel in furrows of rifling is  $d_g=7.82$  [mm]:

$$d_z(x) = d_g \sqrt{\frac{R_e + 0,7p_1(x)}{R_e - 1,3p_1(x)}} = 7,82 \sqrt{\frac{550 + 0,7p_1(x)}{550 - 1,3p_1(x)}} \quad (30)$$

Tabela 3.2. Funkcja minimalnej średnicy zewnętrznej od długości, dla lufy kalibru 7,62x51 NATO  
 Table 3.2. Function of minimal outer diameter versus the length for barrel of 7.62x51 NATO calibre

x [m]	$d_{zp1b0}$ [mm]	$d_{zp1b1}$ [mm]	$d_{zp1bi}$ [mm]	x [m]	$d_{zp1b0}$ [mm]	$d_{zp1b1}$ [mm]	$d_{zp1bi}$ [mm]
0,000	24,63	-	-	0,227	-	-	12,58
0,049	20,32	-	-	0,264	-	-	11,58
0,059	19,72	-	-	0,301	-	-	10,96
0,068	19,16	23,66	-	0,338	-	-	10,47
0,077	-	22,67	-	0,376	-	-	10,17
0,087	-	21,79	-	0,413	-	-	9,96
0,096	-	-	20,90	0,450	-	-	9,81
0,105	-	-	20,15	0,488	-	-	9,68
0,115	-	-	19,38	0,525	-	-	9,55
0,133	-	-	17,71	0,562	-	-	9,45
0,152	-	-	16,22	0,600	-	-	9,35
0,171	-	-	15,01	0,637	-	-	9,25
0,189	-	-	13,94	0,660	-	-	9,22
0,208	-	-	13,18				



#### 4. Obliczenia wytrzymałościowe lufy nie-wzmocnionej w kalibrze 12,7x99 NATO

#### 4. Unreinforced Barrel Strength Calculations for 12.7x99 NATO Calibre

$$x_m = x_m + l_c - l_w = 0,07427 + 0,88 - 0,8065 \cong 0,148 [m] \quad (31)$$

$$p_p(x) = \left(1 + \frac{1}{3} * \frac{\omega}{q}\right)^{-1} p(x) = \left(1 + \frac{1}{3} * \frac{0,0153}{0,0462}\right)^{-1} p(x) \cong 0,901 * p(x) [MPa] \quad (32)$$

$$p_{pmax} = \left(1 + \frac{1}{3} * \frac{\omega}{q}\right)^{-1} p(x_m) = \left(1 + \frac{1}{3} * \frac{0,0153}{0,0462}\right)^{-1} * 370 \cong 333,22 [MPa] \quad (33)$$

$$p_t(x) = \left(1 + 0,5 \frac{\omega}{q}\right) * p_p(x) = \left(1 + 0,5 \frac{0,0153}{0,0462}\right) * p_p(x) \cong 1,166 * p_p(x) [MPa] \quad (34)$$

$$p_{tmax} = \left(1 + 0,5 \frac{\omega}{q}\right) * p_p(x_m) = \left(1 + 0,5 \frac{0,0153}{0,0462}\right) * 333,22 \cong 388,40 [MPa] \quad (35)$$

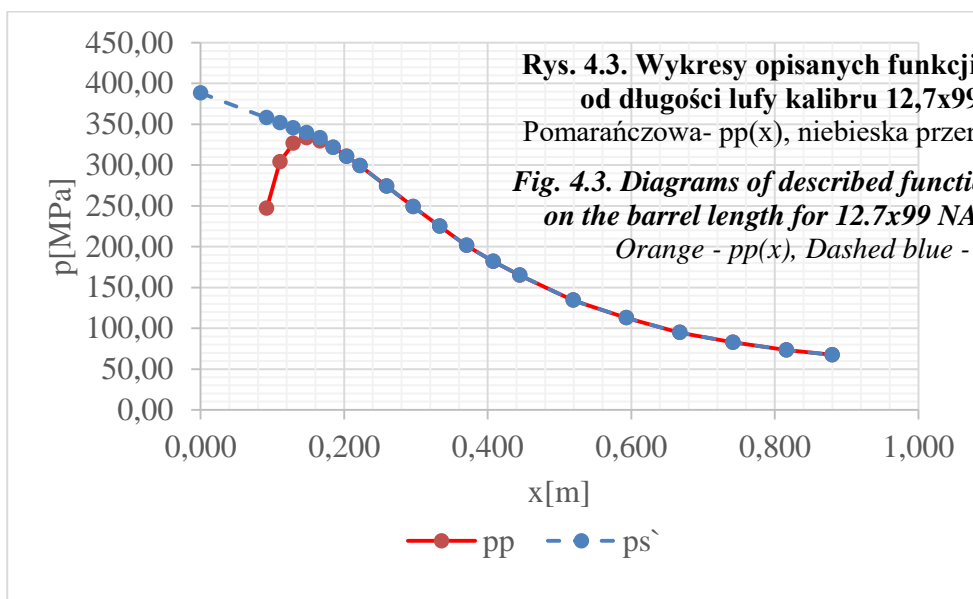
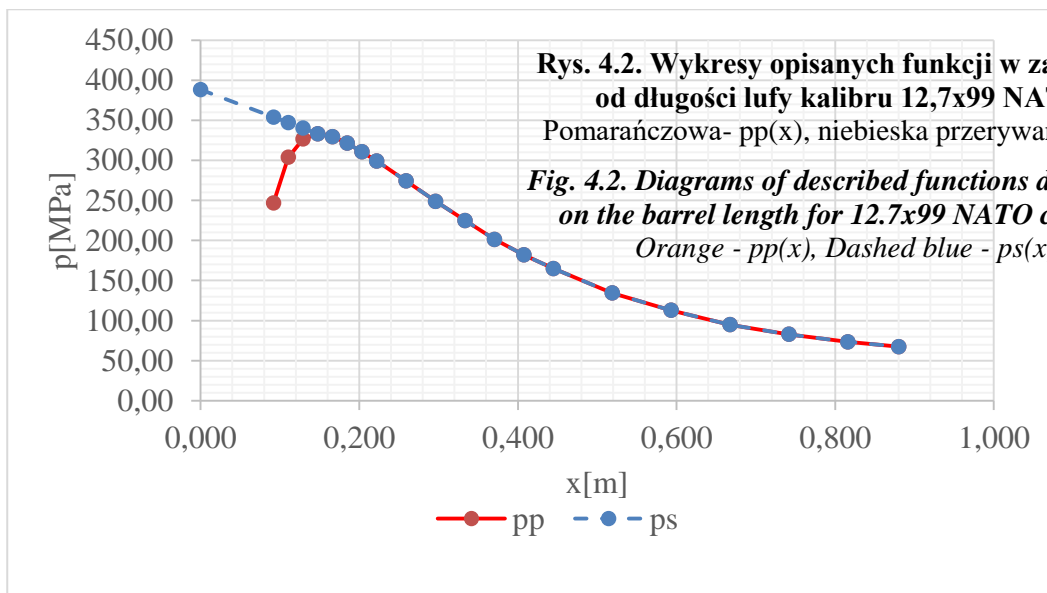
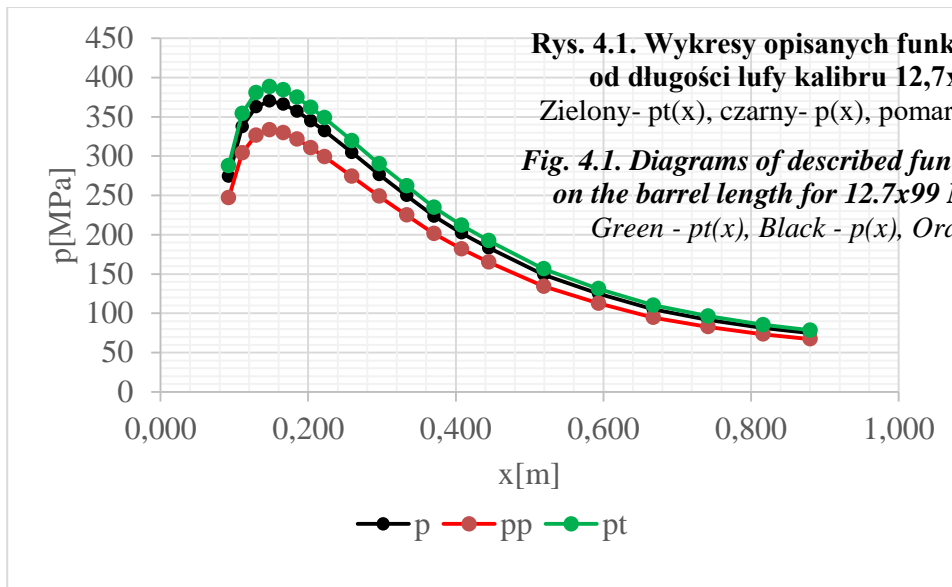
$$\begin{cases} p_s(x) = p_{tmax} - \frac{p_{tmax} - p_{pmax}}{x_m} * x [MPa], \text{ dla } x \in < 0; 0,148 > [m] \\ p_s(x) = p_p(x) [MPa], \text{ dla } x \in (0,148; 0,880 > [m] \end{cases} \quad (36)$$

Tabela 4.1. Wartości funkcji opisanych ciśnień, względem odpowiadającym im długościom lufy kalibru 12,7x99 NATO

Table 4.1. Values of functions for described pressures, versus corresponding them lengths of barrel for 12.7x99 NATO calibre

x [m]	P [MPa]	P <sub>p</sub> [MPa]	P <sub>t</sub> [MPa]	P <sub>s</sub> [MPa]	P <sub>s</sub> ' [MPa]	p <sub>i</sub> (b <sub>0</sub> ) [MPa]	p <sub>i</sub> (b <sub>1</sub> ) [MPa]	p <sub>i</sub> (b <sub>2</sub> ) [MPa]
0,000	0,00	0,00	0,00	388,39	388,39	388,39	-	-
0,092	274,17	246,91	287,80	354,01	357,85	357,85	-	-
0,111	337,44	303,89	354,21	347,08	351,69	351,69	-	-
0,129	362,60	326,55	380,62	340,15	345,53	345,53	380,09	-
0,148	370,00	333,22	388,39	333,22	339,38	-	373,31	-
0,166	365,93	329,55	384,12	329,55	333,22	-	366,54	-
0,185	357,05	321,55	374,80	321,55	321,55	-	-	359,15
0,203	344,84	310,56	361,98	310,56	310,56	-	-	352,13
0,222	332,26	299,23	348,78	299,23	299,23	-	-	344,35
0,259	304,51	274,24	319,65	274,24	274,24	-	-	324,88
0,296	276,39	248,91	290,13	248,91	248,91	-	-	303,31
0,333	249,75	224,92	262,16	224,92	224,92	-	-	281,69
0,371	223,48	201,26	234,59	201,26	201,26	-	-	258,88
0,408	202,02	181,94	212,06	181,94	181,94	-	-	240,18
0,445	183,15	164,94	192,25	164,94	164,94	-	-	223,33
0,519	149,11	134,29	156,52	134,29	134,29	-	-	190,92
0,593	125,06	112,63	131,28	112,63	112,63	-	-	167,75
0,668	105,08	94,63	110,30	94,63	94,63	-	-	147,36
0,742	91,76	82,64	96,32	82,64	82,64	-	-	134,28
0,816	81,40	73,31	85,45	73,31	73,31	-	-	124,08
0,880	74,72	67,29	78,43	67,29	67,29	-	-	117,81





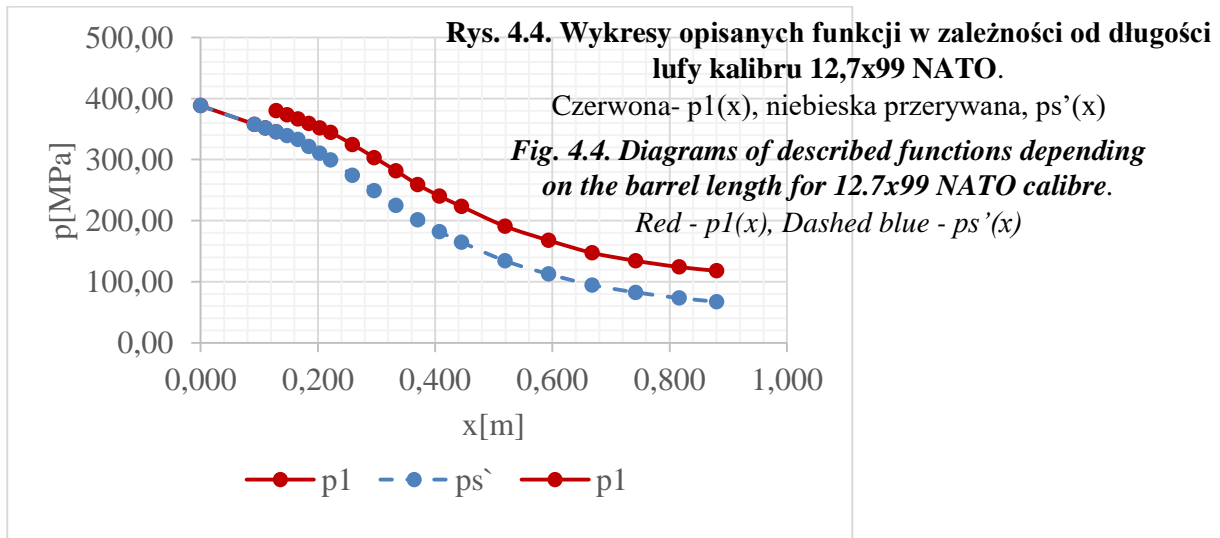
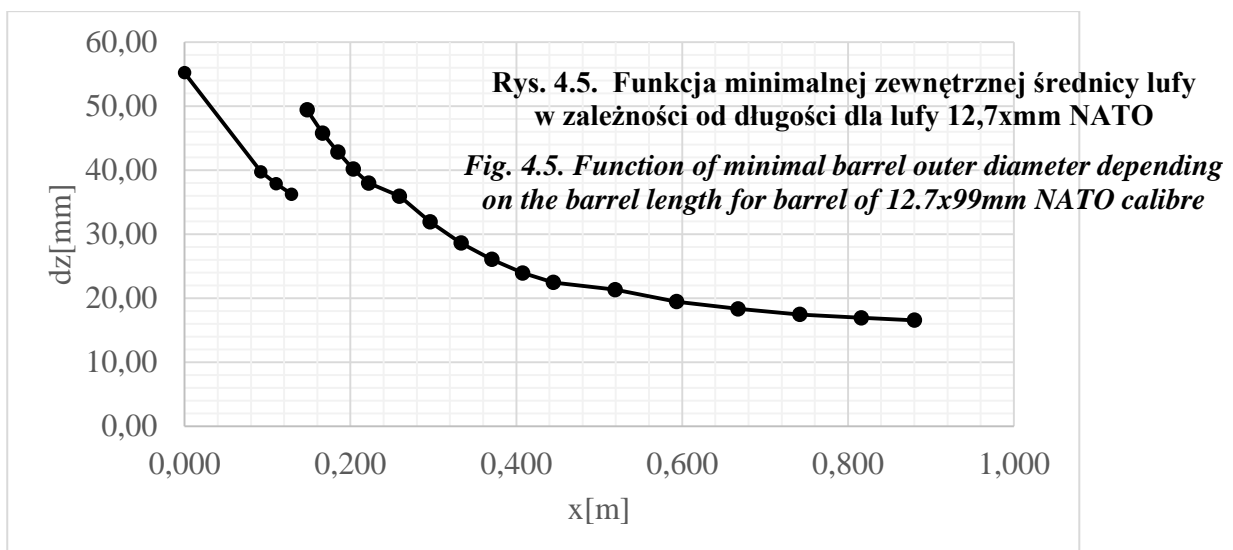


Tabela 4.2. Funkcja minimalnej średnicy zewnętrznej od długości, dla lufy kalibru 12,7x99 NATO

Table 4.2. Function of minimal outer diameter versus the length for barrel of 12.7x99 NATO calibre

x [m]	$d_{zp1b0}$ [mm]	$d_{zp1b1}$ [mm]	$d_{zp1bi}$ [mm]	x [m]	$d_{zp1b0}$ [mm]	$d_{zp1b1}$ [mm]	$d_{zp1bi}$ [mm]
0,000	55,20	-	-	0,296	-	-	28,61
0,092	39,73	-	-	0,333	-	-	26,07
0,111	37,87	-	-	0,371	-	-	23,93
0,129	36,24	49,41	-	0,408	-	-	22,47
0,148	-	45,79	-	0,445	-	-	21,33
0,166	-	42,83	-	0,519	-	-	19,46
0,185	-	-	40,15	0,593	-	-	18,34
0,203	-	-	38,00	0,668	-	-	17,45
0,222	-	-	35,95	0,742	-	-	16,93
0,259	-	-	31,91	0,816	-	-	16,55
				0,880	-	-	16,32



## 5. Podsumowanie

Na podstawie przedstawionych powyżej obliczeń wytrzymałościowych wykonano wstępne projekty luf.

### Projekt lufy niewzmocnionej 5,56x45 NATO

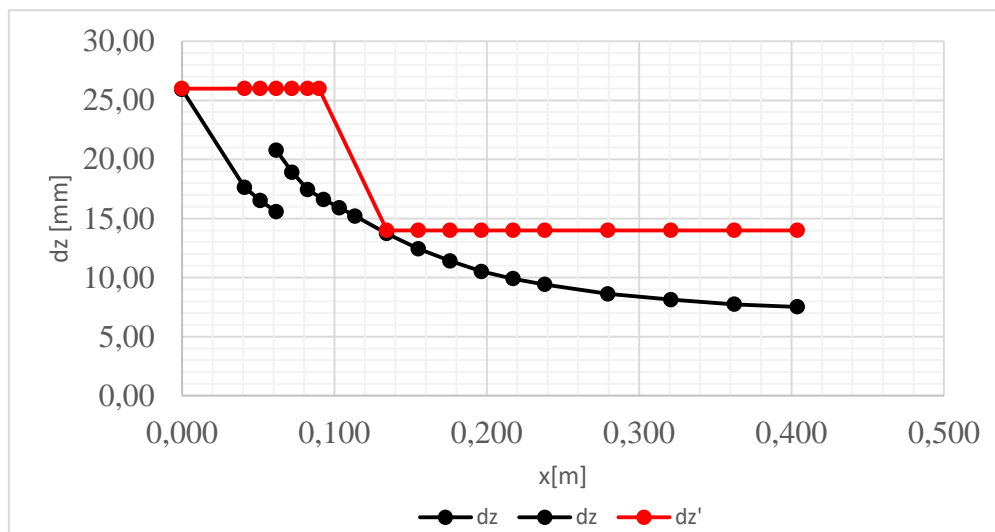
Wykreślony zarys zewnętrzny lufy niewzmocnionej 5,56x45 NATO, przedstawiono na rysunku 5.1.

## 5. Summary

On the base of strength calculations presented above the initial construction designs of barrels were prepared.

### Design of 5.56x45 NATO unreinforced barrel

The outer outline of 5.56x45 NATO unreinforced barrel is charted in Fig. 5.1.



Rys. 5.1. Wykresy minimalnych średnic zewnętrznych lufy 5,56x45 NATO na długości lufy: czarna-minimalna obliczeniowa średnica zewnętrzna, czerwona- wybrana średnica zewnętrzna

Fig. 5.1. Diagrams of minimal outer diameters for 5.56x45 NATO barrel along its length: black-minimal calculated outer diameter, red-selected outer diameter

Średnica zewnętrzna lufy 5,56x45 NATO w części walcowej od strony płasku wlotowego na długości 90 [mm], równa jest  $\varnothing 26$  [mm]. Następnie zaczyna się część stożkowa lufy, kończąc się na średnicy zewnętrznej równej  $\varnothing 14$  [mm]. Od końca części stożkowej do wylotu lufy zewnętrzny zarys lufy jest walcowy i posiada niezmienny wymiar średnicowy  $\varnothing 14$  [mm]. Średnica zewnętrzna płasku wlotowego oraz wylotu lufy została sfazowana  $0,5 \times 45^\circ$ . Takim samym fazowaniem występuje również w koronowaniu wylotu lufy.

Przesunięto zarys komory nabojeowej w stronę płasku wlotowego, aby zapewnić poprawność współpracy lufy z zamkiem w spo-

Outer diameter of 5.56x45 NATO barrel is  $\varnothing 26$  [mm] in the cylindrical section from the inlet plane over the distance of 90 [mm]. Next, the taper section of barrel begins to end on the outer diameter equal to  $\varnothing 14$  [mm]. From the end of the taper section to the barrel muzzle the outer outline of the barrel is cylindrical with permanent diameter  $\varnothing 14$  [mm]. The outer diameter of the inlet plane and the barrel muzzle were tapered by  $0.5 \times 45^\circ$ . Identical tapering was applied in the crowning of the barrel muzzle.

The outline of the cartridge chamber was shifted towards the inlet plane to provide efficiency of the bolt and barrel interaction according with the designing specifications. For

sób zgodny z założeniem konstrukcyjnym. Dla lufy 5,56x45 NATO długość kryzy wynosi 3,13 [mm].

Przewód lufy jest gwintowany, o skoku gwintu 1/8 określanego jako obrót na ilość cali, liczba bruzd równa 6. Dla kalibru 5,56 [mm], średnica w bruzdach równa jest 5,69 [mm].

5.56x45 NATO barrel the length of flange is 3.13 [mm].

The bore of barrel is rifled with the rifle pitch 1/8 established as a turn against the number of inches, and the number of furrows is 6. For 5.56 [mm] calibre the diameter in furrows is 5.69 [mm].



**Rys. 5.2. Wizualizacja przekroju poprzecznego na długości komory naboju dla lufy niewzmocnionej 5,56x45**

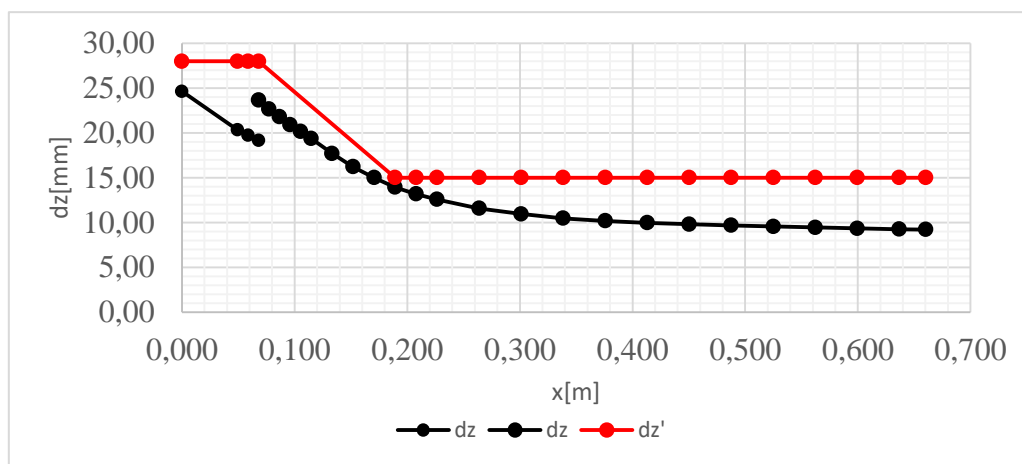
*Fig. 5.2. Visualisation of a cross section along the cartridge chamber for 5.56x45 unreinforced barrel*

#### Projekt lufy niewzmocnionej 7,62x51 NATO

Wykreślony zarys zewnętrzny lufy niewzmocnionej 7,62x51 NATO, przedstawiono na rysunku 5.3.

#### Design of 7.62x51 NATO unreinforced barrel

The outer outline of 7.62x51 NATO unreinforced barrel is charted in Fig. 5.3.



**Rys. 5.3. Wykresy minimalnych średnic zewnętrznych lufy 7,62x51 NATO na długości lufy: czarna-minimalna obliczeniowa średnica zewnętrzna, czerwona- wybrana średnica zewnętrzna**

*Fig. 5.3. Diagrams of minimal outer diameters for 7.62x51 NATO barrel along its length: black-minimal calculated outer diameter, red-selected outer diameter*

Średnica zewnętrzna lufy 7,62x51 NATO w części walcowej od strony płasku wlotowego na długości 68 [mm], równa jest  $\varnothing 25$  [mm]. Następnie zaczyna się część stożkowa lufy, kończąc się na średnicy zewnętrznej równej  $\varnothing 15$  [mm]. Od końca części stożkowej do wylotu lufy zewnętrzny zarys lufy jest walcowy i posiada niezmienny wymiar średnicowy  $\varnothing 15$  [mm]. Średnica zewnętrzna płasku wlotowego oraz wylotu lufy została sfazowana  $0,5 \times 45^\circ$ . Takim samym fazowaniem występuje również w koronowaniu wylotu lufy.

Przesunięto zarys komory nabojeowej w stronę płasku wlotowego, aby zapewnić poprawność współpracy lufy z zamkiem w sposób zgodny z założeniami konstrukcyjnymi. Dla lufy 7,62x51 NATO długość kryzy wynosi 3,85 [mm].

Przewód lufy jest gwintowany, o skoku gwintu  $1/12$  określanego jako obrót na ilość cali, liczba brzd równa 4. Dla kalibru 7,62 [mm], średnica w brzdach równa jest 7,82 [mm].

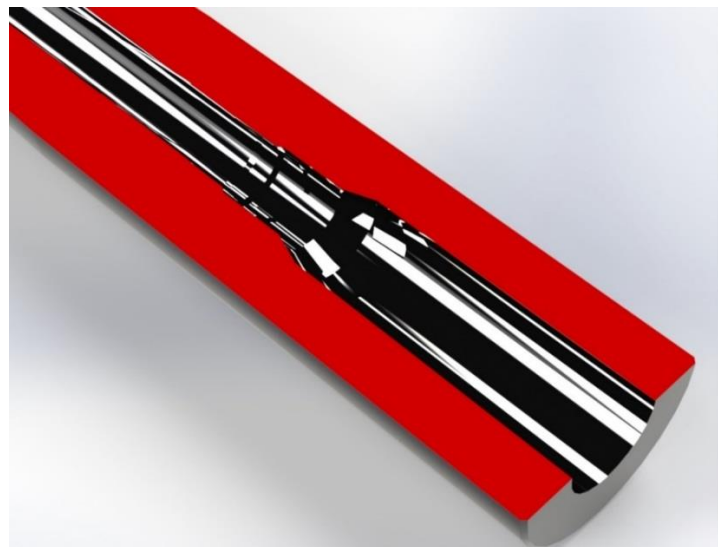
Outer diameter of 7.62x51 NATO barrel is  $\varnothing 25$  [mm] in the cylindrical section from the inlet plane over the distance of 68 [mm]. Next, the taper section of barrel begins to end on the outer diameter equal to  $\varnothing 15$  [mm]. From the end of the taper section to the barrel muzzle the outer outline of the barrel is cylindrical with permanent diameter  $\varnothing 15$  [mm]. The outer diameter of the inlet plane and the barrel muzzle were tapered by  $0.5 \times 45^\circ$ . Identical tapering was applied in the crowning of the barrel muzzle.

The outline of the cartridge chamber was shifted towards the inlet plane to provide efficiency of the bolt and barrel interaction according with the designing specifications. For 7.62x51 NATO barrel the length of flange is 3.85 [mm].

The bore of barrel is rifled with the rifle pitch  $1/12$  established as a turn against the number of inches, and the number of furrows is 4. For 7.62 [mm] calibre the diameter in furrows is 7.82 [mm].

**Rys. 5.4. Wizualizacja przekroju wzdłużnego na długości komory nabojeowej dla lufy niewzmocnionej 7,62x 51 NATO**

*Fig. 5.4. Visualisation of a cross section along the cartridge chamber for 7.62x51 NATO unreinforced barrel*

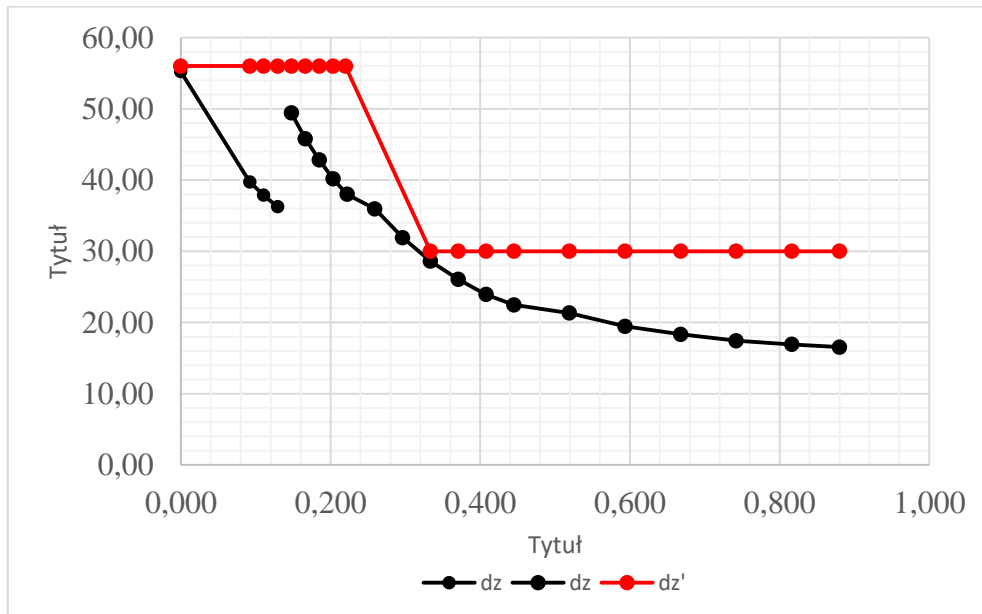


*Projekt lufy niewzmocnionej 12,7x99 NATO*

Wykreślony zarys zewnętrzny lufy niewzmocnionej 12,7x99 NATO, przedstawiono na rysunku 5.5.

*Design of 12.7x99 NATO unreinforced barrel*

The outer outline of 12.7x99 NATO unreinforced barrel is charted in Fig. 5.5.



**Rys. 5.5. Wykresy minimalnych średnic zewnętrznych 12,7x99 NATO na długości lufy; czarna-minimalna obliczeniowa średnica zewnętrzna, czerwona- wybrana średnica zewnętrzna**

**Fig. 5.5. Diagrams of minimal outer diameters for 12.7x99 NATO barrel along its length: black-minimal calculated outer diameter, red-selected outer diameter**

Średnica zewnętrzna lufy 12,7x99 NATO w części walcowej od strony płasku wlotowego na długości 220 [mm], równa jest  $\varnothing 56$  [mm]. Następnie zaczyna się część stożkowa lufy, kończąc się na średnicy zewnętrznej równej  $\varnothing 30$  [mm]. Od końca części stożkowej do wylotu lufy zewnętrzny zarys lufy jest walcowy i posiada niezmienny wymiar średnicowy  $\varnothing 30$  [mm]. Średnica zewnętrzna płasku wlotowego oraz wylotu lufy została sfazowana  $0,5 \times 45^\circ$ . Takie same fazowanie występuje również w koronowaniu wylotu lufy.

Przesunięto zarys komory nabożowej w stronę płasku wlotowego, aby zapewnić poprawność współpracy lufy z zamkiem w sposób zgodny z założeniami konstrukcyjnymi. Dla lufy 12,7x99 NATO długość kryzy wynosi 6,23 [mm].

Przewód lufy jest gwintowany, o skoku gwintu  $1/15$  określanego jako obrót na ilość cali, liczba bruzd równa 8. Dla kalibru 12,7 [mm], średnica w bruzdach równa jest 12,93 [mm].

Outer diameter of 12.7x99 NATO barrel is  $\varnothing 56$  [mm] in the cylindrical section from the inlet plane over the distance of 220 [mm]. Next, the taper section of barrel begins to end on the outer diameter equal to  $\varnothing 30$  [mm]. From the end of the taper section to the barrel muzzle the outer outline of the barrel is cylindrical with permanent diameter  $\varnothing 30$  [mm]. The outer diameter of the inlet plane and the barrel muzzle were tapered by  $0.5 \times 45^\circ$ . Identical tapering was applied in the crowning of the barrel muzzle.

The outline of the cartridge chamber was shifted towards the inlet plane to provide efficiency of the bolt and barrel interaction according with the designing specifications. For 12.7x99 NATO barrel the length of flange is 6.23 [mm].

The bore of barrel is rifled with the rifle pitch  $1/15$  established as a turn against the number of inches, and the number of furrows is 8. For 12.7 [mm] calibre the diameter in furrows is 12.93 [mm].





**Rys. 5.6. Wizualizacja przekroju poprzecznego na długości komory naboju dla lufy niewzmocnionej 12,7x99 NATO**

*Fig. 5.6. Visualisation of a cross section along the cartridge chamber for 12.7x99 NATO unreinforced barrel*

### **Literatura / Literature**

- [1] E. Górski, Podstawy technologii uzbrojenia, Wydawnictwo Politechniki Warszawskiej, Warszawa, 1990.
- [2] Dyląg Z., Jakubowicz A., Orłóś Z.: Wytrzymałość materiałów. Wydawnictwa Naukowo-Techniczne WNT, Warszawa 2007.

