

# **Procjena zone smrtonosnog djelovanja HE bojevih glava sa prirodnom fragmentacijom**

*- Prezentacija magistarskog rada -*

Mentor: V. Prof. dr. Berko Zečević

Autor: Alan Ćatović, dipl. ing

08. Septembar 2007.

## Sadržaj prezentacije:

- 1. Uvod
- 2. Predmet istraživanja
- 3. Ciljevi istraživanja
- 4. Eksperimentalne metode istraživanja
- 5. Analiza istraživanja
- 6. Zaključak



## 1. Uvod

- **Smrtonosna zona** - pokazatelj **efikasnosti** HE bojeve glave
- Trenutno **ne postoji potpuno definisan model** smrtonosne zone
- Sposobnost predviđanja smrtonosne zone veoma složen proces
- Istraživanje predstavlja **kombinaciju eksperimentalnih, analitičkih i numeričkih metoda** istraživanja
- Uticajni faktori zone smrtonosnog djelovanja:
  - parametri bojeve glave
  - parametri bojišta

## 1. Uvod

Parametri bojeve glave koji utiču na zonu smrtonosnog dejstva:

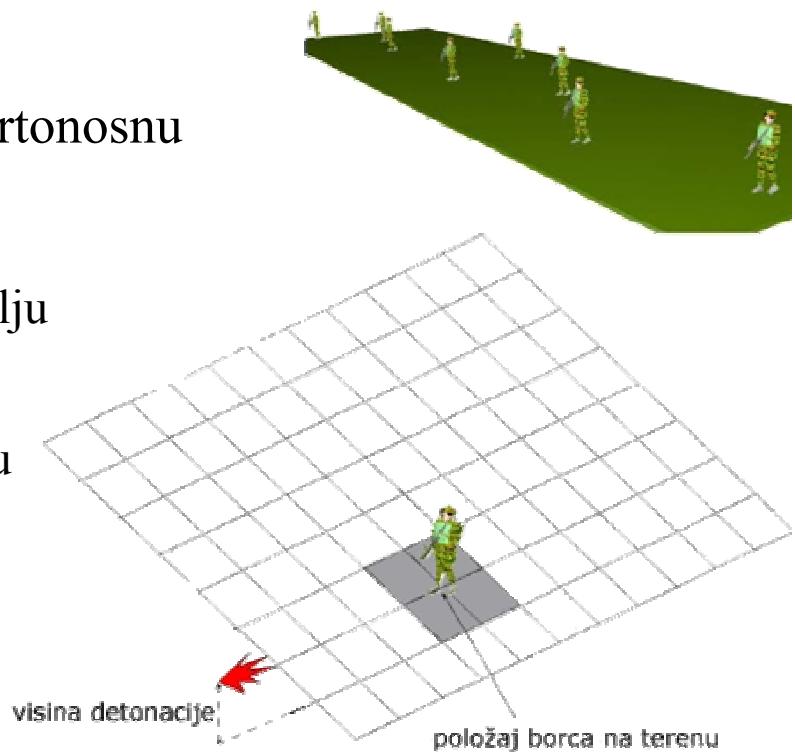
- parametri oružja i uvjeti lansiranja
- geometrija bojeve glave
- mehaničke karakteristike materijala tijela bojeve glave
- vrsta detonatora, det. parametri eksplozivnog punjenja
- vrsta i karakteristike upaljača BG



## 1. Uvod

Parametri bojišta koji utiču na smrtonosnu zonu HE bojevih glava:

- uvjeti djelovanja bojeve glave na cilju
- konfiguracija terena
- prostorni raspored vojnika na terenu
- gustina vojnika
- izložena površina vojnika
- korištenje zaštitnih sredstava



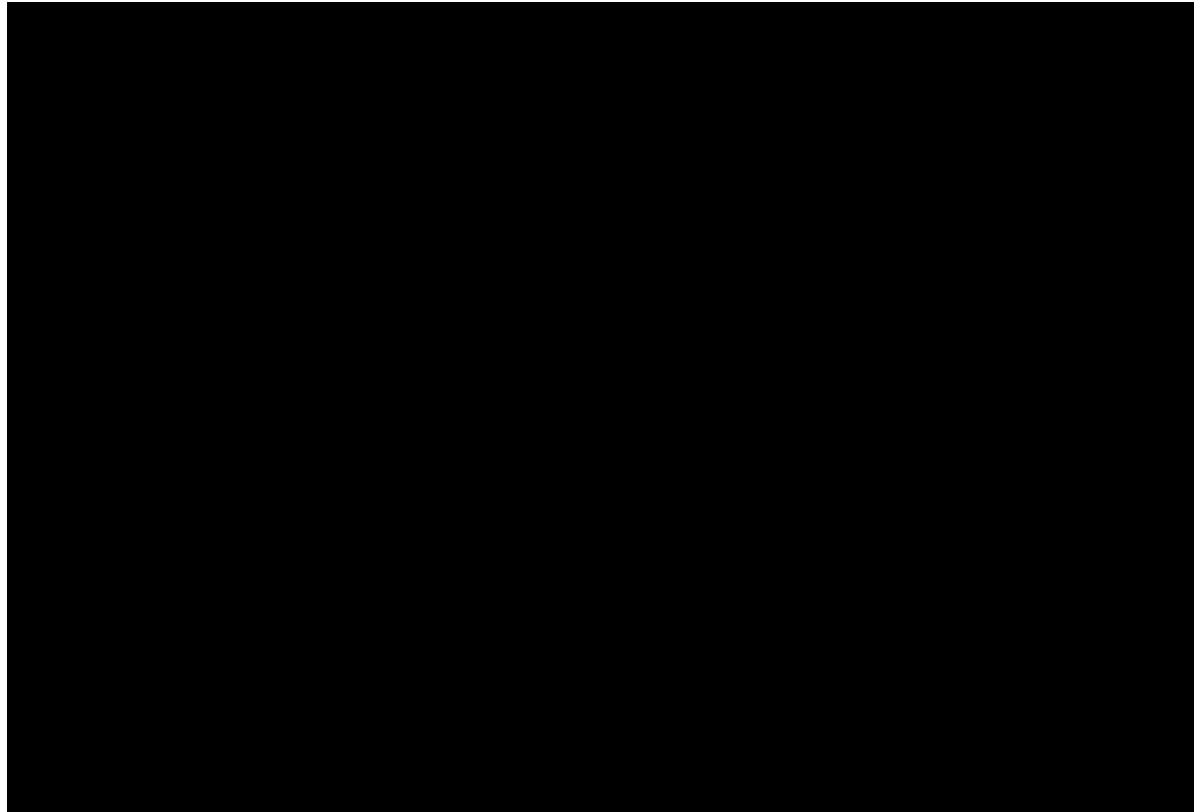
## Djelovanje HE bojeve glave na cilju



*Konfiguracija terena*



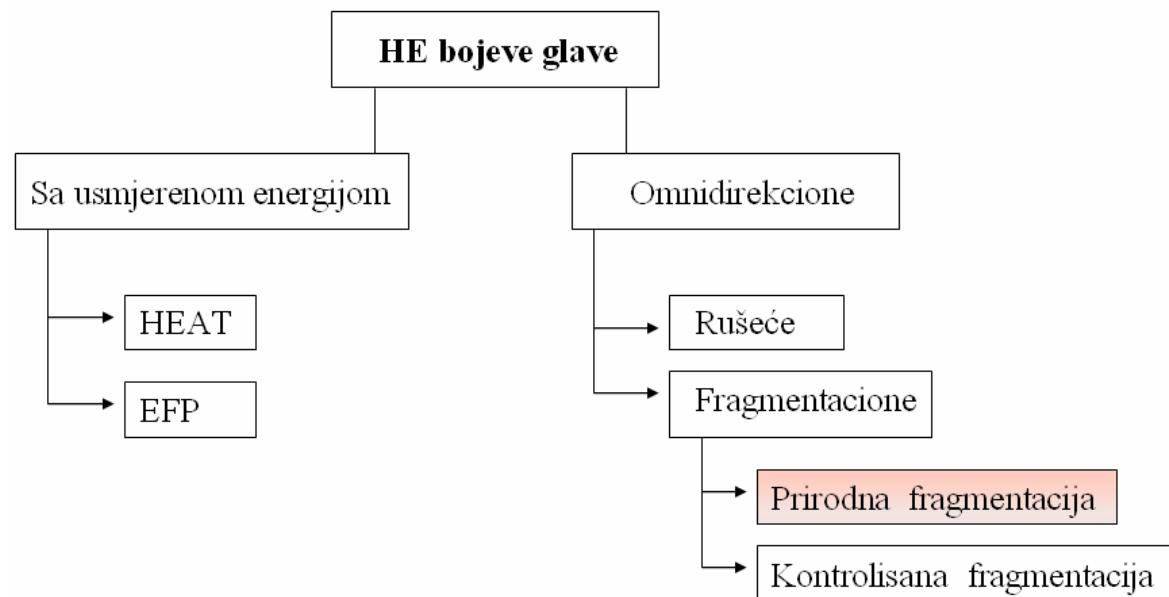
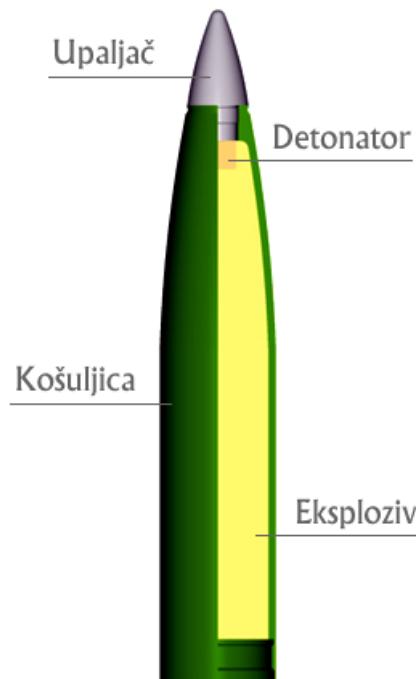
## Djelovanje HE bojeve glave na cilju



*Excalibur XM982, 155mm*



## 2. Predmet istraživanja



Klasična HE bojeva glava

Vrste HE bojevih glava

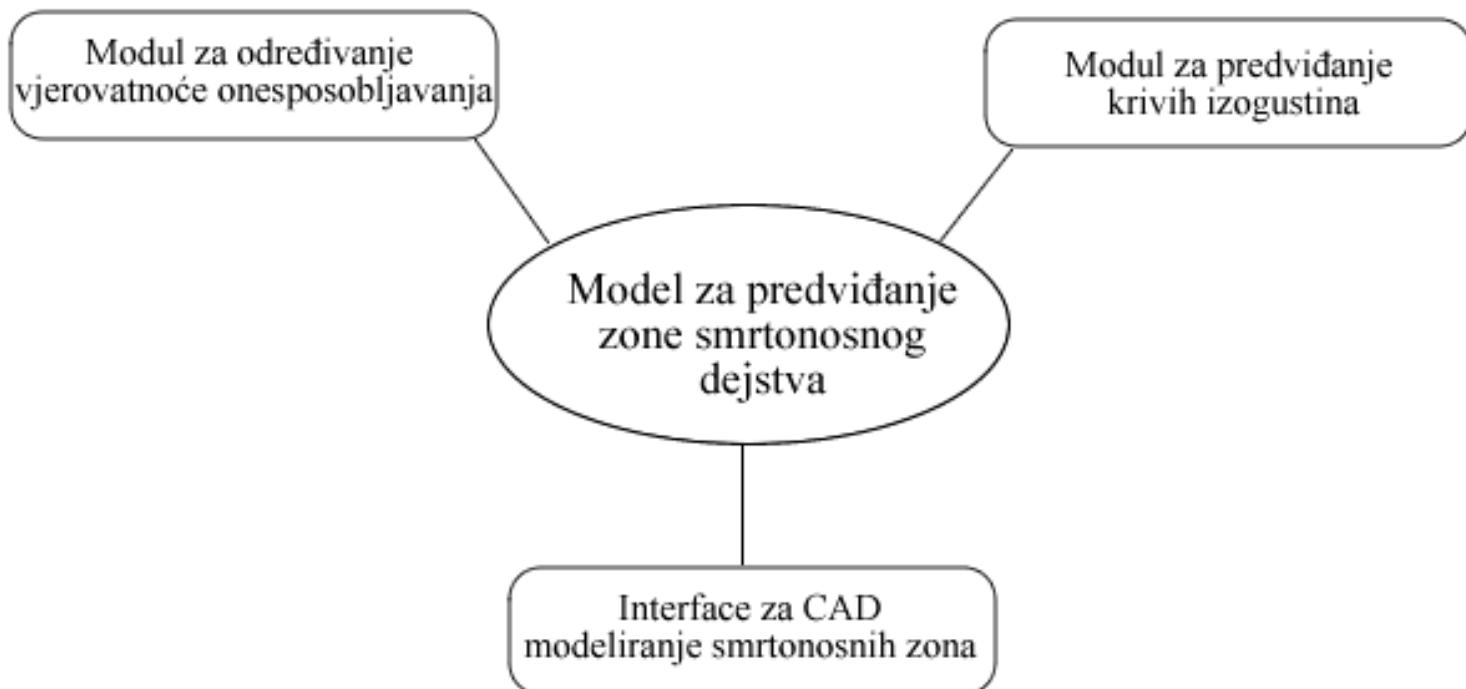
## Prirodna fragmentacija HE bojevih glava



*Prirodna fragmentacija cilindara (snimci ultrabrzom kamerom)*

- Detonacija eksplozivnog punjenja u bojevoj glavi
- Širenje tijela bojeve glave i prirodna fragmentacija (dezintegracija) tijela BG
- Generira se veoma visok pritisak (reda **100 000 bara**)
- Pritisak djeluje na tijelo bojeve glave u nekoliko **desetina mikrosekundi**
- Temperatura dostiže vrijednost do **5000 °C**

### 3. Ciljevi istraživanja



### 3.1 Modul za određivanje vjerovatnoće onesposobljavanja

Osnova  $\Rightarrow$  Američki model *U.S. Vulnerability Model for Military Personnel*

Koeficijent efikasnosti  $A_L$ :

$$A_L = \frac{N}{\sigma} = \int_{-\infty}^{\infty} \int_{-\infty}^{\infty} P(x, y) \cdot dx \cdot dy$$

N - očekivani broj onesposobljenih (eng. incapacitation) boraca na bojištu,

$\sigma$  - površinska gustina vojnika u određenoj tački (x,y) terena,

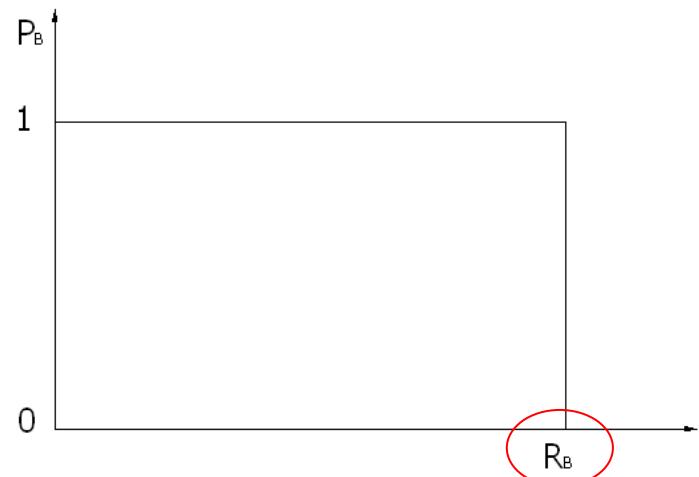
$P(x, y)$  - vjerovatnoća onesposobljavanja vojnika koji se nalazi u datoј tački:

$$P(x, y) = 1 - [1 - P_B(x, y)] \cdot [1 - P_F(x, y)]$$

$P_{B(x, y)}$  - vjerovatnoća onesp. vojnika uslijed efekta produkata detonacije,

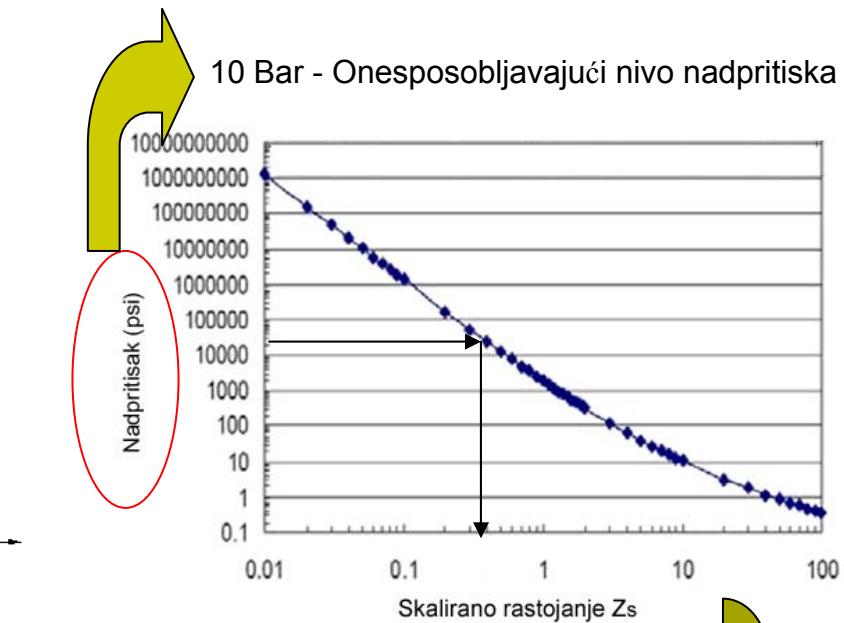
$P_{F(x, y)}$  - vjerovatnoća onesposobljavanja vojnika uslijed djelovanja fragmenata.

### 3.1.a Vjerovatnoća onesposobljavanja vojnika uslijed rušećeg efekta produkata detonacije



$$P_B = 1 \quad \text{kada je} \quad r \leq R_B$$

$$P_B = 0 \quad \text{kada je} \quad r \geq R_B$$



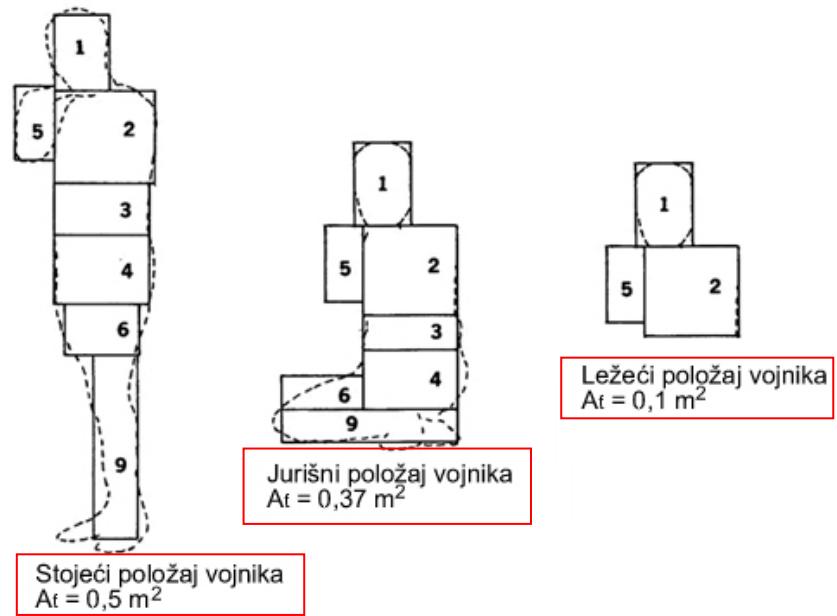
$$R_B = Z_s \cdot \sqrt[3]{C_{eksp}}$$

### 3.1.b Vjerovatnoća onesposobljavanja vojnika na terenu uslijed djelovanja fragmenata

$$P_F(x, y) = 1 - e^{-d(x, y) \cdot A_t}$$

$A_t$  - izložena površina vojnika na određenoj udaljenosti od centra detonacije

$d(x, y)$  - srednja gustina efikasnih fragmenata.



→ Određuje se na korištenjem **Modula za predviđanje krivih Izogustina**

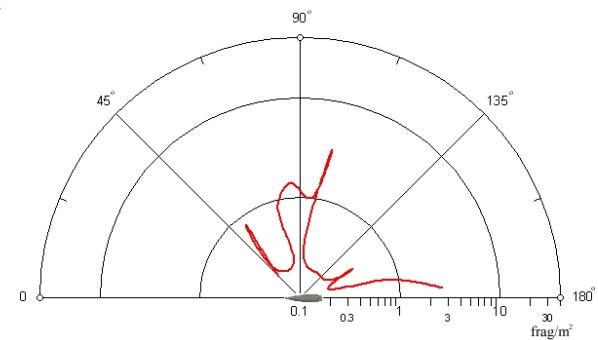
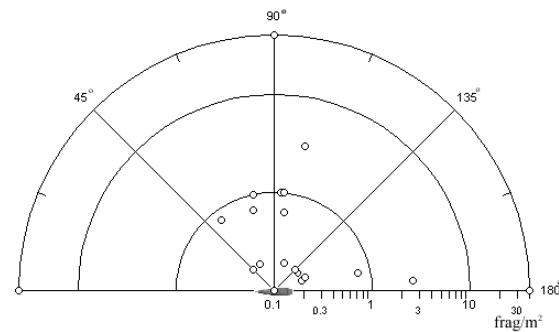
### 3.2 Modul za predviđanje krivih izogustina

Gustina efikasnih fragmenata u opštem slučaju je funkcija ugla polarne zone  $\theta$  i udaljenosti od centra eksplozije  $R$ :

$$d_{sp} = f(\theta, R)$$

Na osnovu eksperimentalnih podataka o broju proboga fragmenata kroz panele svih sektora arene definiše se **gustina efikasnih fragmenata  $d_{spi}$** :

$$d_{spi} = \frac{n_{spi}}{S_{spi}}$$

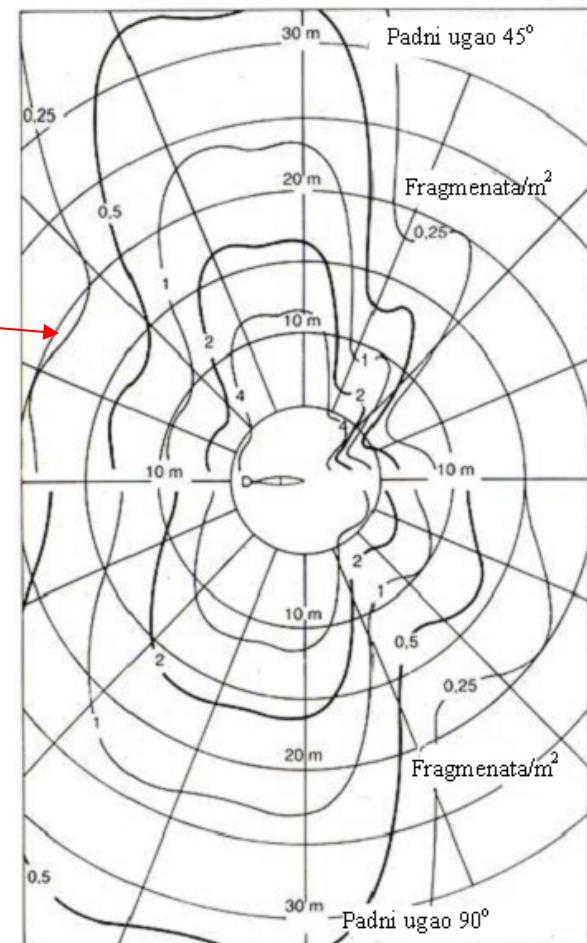


### 3.2 Modul za predviđanje krivih izogustina

Krive koje spajaju tačke sa istom gustinom efikasnih fragmenata nazivaju se krive *Izogustina*.

*Smrtonosna zona HE bojevih glava definiše se kao zona na bojištu koja ograničava površinu terena unutar koje je gustina efikasnih fragmenata  $\geq 1 \text{ frag/m}^2$ .*

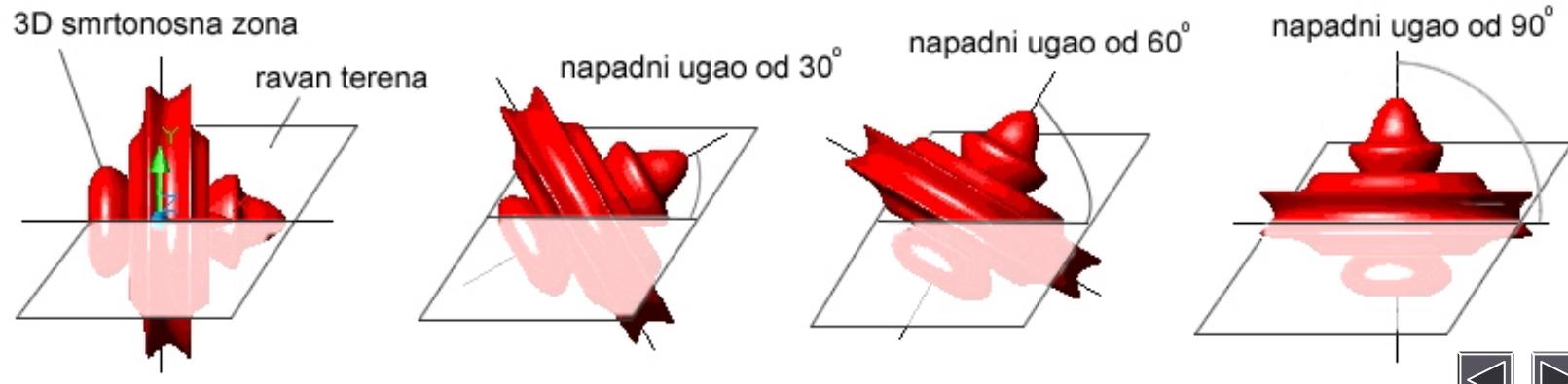
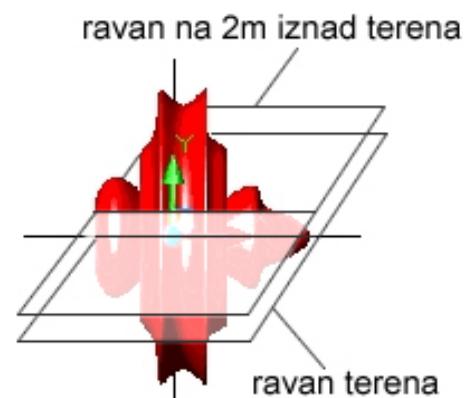
U okviru ovog modula razvijeni su podmoduli koji omogućavaju *predviđanje ukupnog broja fragmenata u prostoru i radiusa efikasnog dejstva bojeve glave*.



### 3.3 Interface za CAD modeliranje smrtonosnih zona

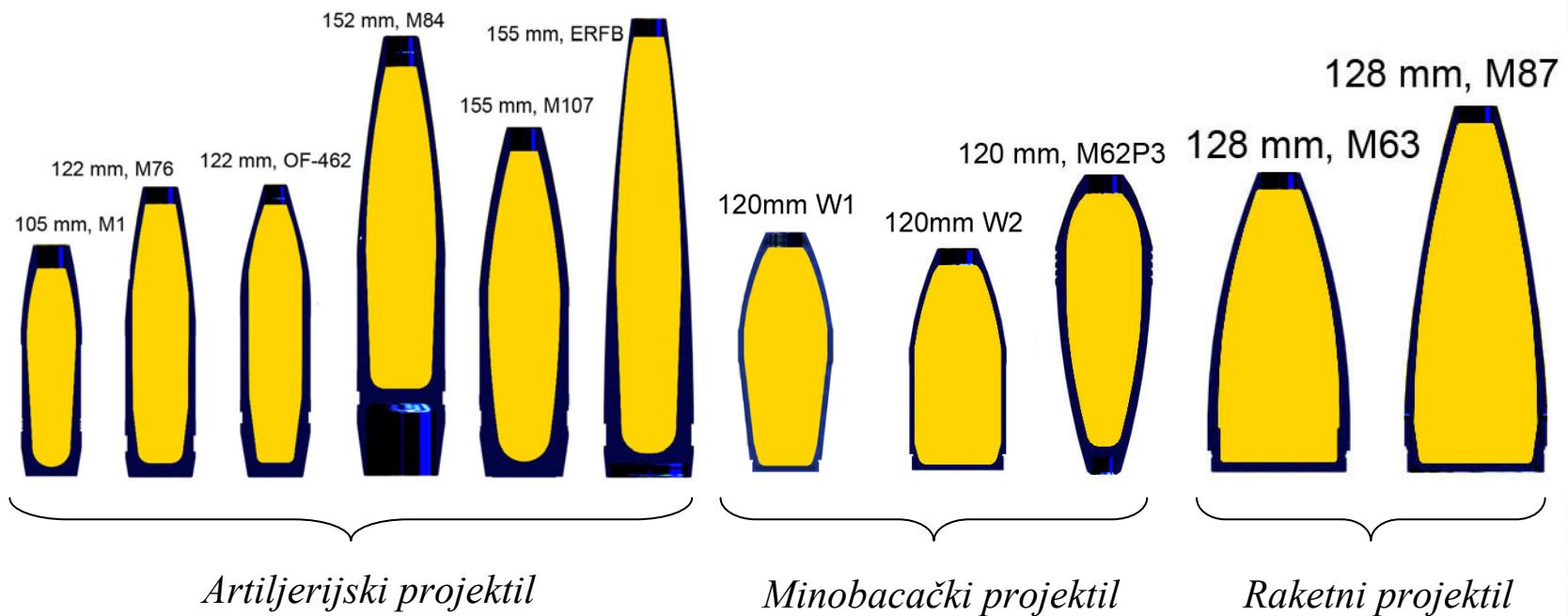
#### Mogućnosti:

- 2D i 3D vizualizacija zone smrtonosnog dejstva
- Izračunavanje površine 2D smrtonosne zone
- Predviđanje zone smrtonosnog dejstva za različite padne uglove bojeve glave



## 4. Plan eksperimentalnih istraživanja

Analizirani rezultati 130 eksp. testova - sa 6 vrsta **artiljerijskih** projektila, 3 tipa **minobacačkih** i bojevim glavama 2 tipa **raketnih** projektila.

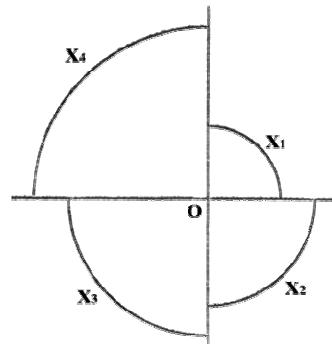




## 4.1 Eksperimentalne metode istraživanja

### (Četvrtkružna) Arena

- određivanje radijusa ef. dejstva



- $R_1 = 10\text{m}$  – prvi radius
- $R_2 = 15\text{m}$  – drugi radius
- $R_3 = 20\text{m}$  – treći radius
- $R_4 = 30\text{m}$  – četvrti radius
- $H = 1,5\text{m}$  – visina panela
- $\delta = 20\text{mm}$  – debljina panela



Četvrtkružna arena

BOŠNJA I HERCEGOVINA FEDERACIJA BOŠNJA I HERCEGOVINA FEDERALNO MINISTARSTVO OBRAANE - OBRAÑE										Obrazac br. 004 član 50/169						
PROTOKOL RASPRSKAVANJA U ČETVRTKRUŽNOJ ARENI																
Broj: <span style="background-color: yellow;">██████████</span>																
Poligon: PRETIS Vogotić										Datum: 02.12.1997.	od: <input type="checkbox"/>	do: <input type="checkbox"/>	sat: <input type="checkbox"/>			
Cilj optika: Apstraktne slike moći TFG 152mm MM4										Zahvat:						
UPOŠLJAC:																
Ustvari izvršenja optika																
REDNI BR. PROJEKTA	Naziv	TFG ZDENE	Model	M6	Serijski											
	Materijal i uvođenje	Šara	Marca	(g)	Gustina (kg/m <sup>3</sup> )											
VRIJEDNOST ZAHVATA	Naziv	UTR	Model	M62	Serijski											
	Bespljočni detonator	Marca (g)	Gustina (kg/m <sup>3</sup> )													
UPORABLJAC ZAHVAT	Naziv	EKF	Model		Marca upaljala (g)											
	Kapljica za izgaranje				GUSTINA DETONATORA	S1 (m <sup>3</sup> )	S2 (m <sup>3</sup> )	S3 (m <sup>3</sup> )	S4 (m <sup>3</sup> )	47,12						
DETALJI ZAHVATA	Veličina obora	1	88 (m)	5	82 (m)	29	52 (m)	53 (m)	54 (m)	62,89						
	detonatorska	detonatorska	92 (m)	29	80 (m)	29	73 (m)	74 (m)	75 (m)	94,25						
DETALJI ZAHVATA	Debljina skake (mm)	20	80 (m)	20	84 (m)	0	POVRŠINA DETONATORA	POVRŠINA DETONATORA	POVRŠINA DETONATORA	25,88						
	Veličina obora (m)	200	84 (m)	0	84 (m)	0	51 (m <sup>2</sup> )	52 (m <sup>2</sup> )	53 (m <sup>2</sup> )	54 (m <sup>2</sup> )						
Rezultati optika																
REDNI BR. PROJEKTA	Broj probava i zadata po sektorima na															
	Probavi					Zadata					Probavi na 1 m <sup>2</sup>			Zadata na 1 m <sup>2</sup>		
Sek. I	Sek. II	Sek. III	Sek. IV	Sek. I	Sek. II	Sek. III	Sek. IV	Sek. I	Sek. II	Sek. III	Sek. IV	Sek. I	Sek. II	Sek. III	Sek. IV	
1	565	367	863	120	256	227	569	125	12,41	6,16	1,94	0,95	5,47	3,61	1,15	0,66
2	336	239	412	64	589	91	74	77	6,62	3,80	1,19	0,51	3,37	1,46	0,79	0,61
3	309	206	434	60	705	137	105	46	6,37	3,31	1,42	0,48	2,23	2,21	1,11	0,37
4																
$\Sigma$	1211	894	429	244	152	407	389	248	25,70	13,27	4,05	1,94	11,06	7,27	3,06	1,96
Srednji zahvat	302,75	208,50	107,25	61,00	100,50	114,25	72,00	61,50	6,62	3,32	1,14	0,49	2,77	1,82	0,76	0,49
Radius ubojnog dejstva (m) : 32,11										Prisutni:						
Diagram broja probava po m <sup>2</sup> u funkciji od udaljenosti										1						
Broj probava na m <sup>2</sup>										2						
Udaljenost od 0 do 40 m										3						
0,00 10 20 30 40 50 60 70 80 90 100										4						
0,00 10 20 30 40 50 60 70 80 90 100										5						
0,00 10 20 30 40 50 60 70 80 90 100										NAPOMENE						
										ZAHVAT:						
										Rukovodič optičke grupe						
										Protokol izbrado						
										Odgovorni rukovodič (M.P.)						

Protokol fragmentacije

## 4.1 Eksperimentalne metode istraživanja

### (Polukružna) Arena

- definisanje gustine frag. u prostoru
- procjena ukupnog broja fragmenata

$$R_1 = 10,5\text{m}$$

$$R_2 = 14\text{m}$$

$$R_3 = 17,5\text{m}$$

$$R_4 = 21\text{m}$$

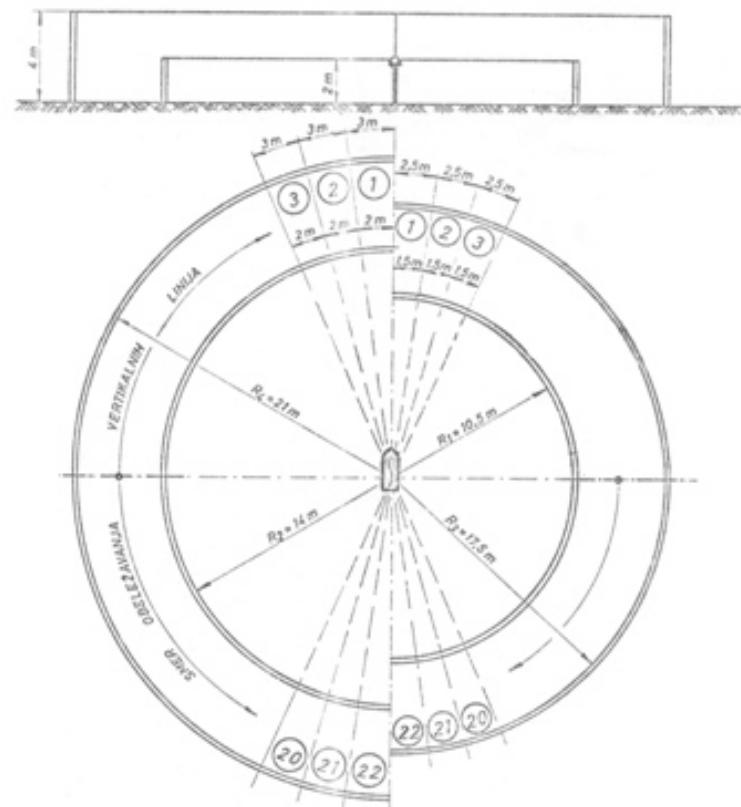
$$\delta = 25,4\text{mm}$$

$$H_1 = 2\text{m}$$

$$H_2 = 2\text{m}$$

$$H_3 = 4\text{m}$$

$$H_4 = 4\text{m}$$



Polukružna arena



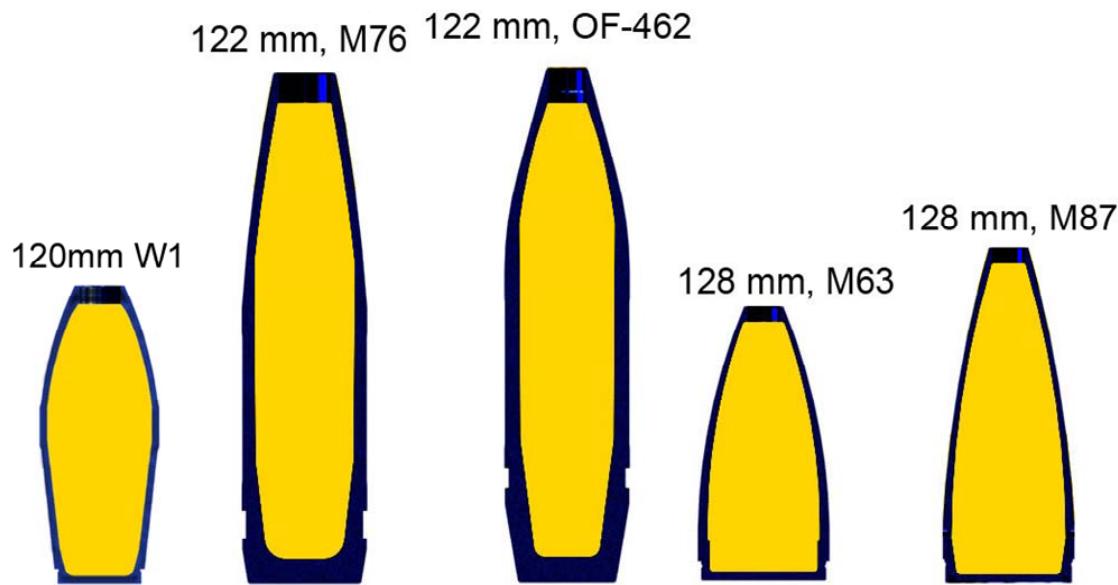


**TEST ARENA**



## 5. Analiza rezultata

Eksperimentalna ispitivanja fragmentacije  
**u polukružnoj areni:**



## Predviđanje koeficijenta efikasnosti

Program u MatLab<sup>©</sup>-u izračunava vrijednosti koeficijenta efikasnosti  $A_L$ , za date ulazne podatke:

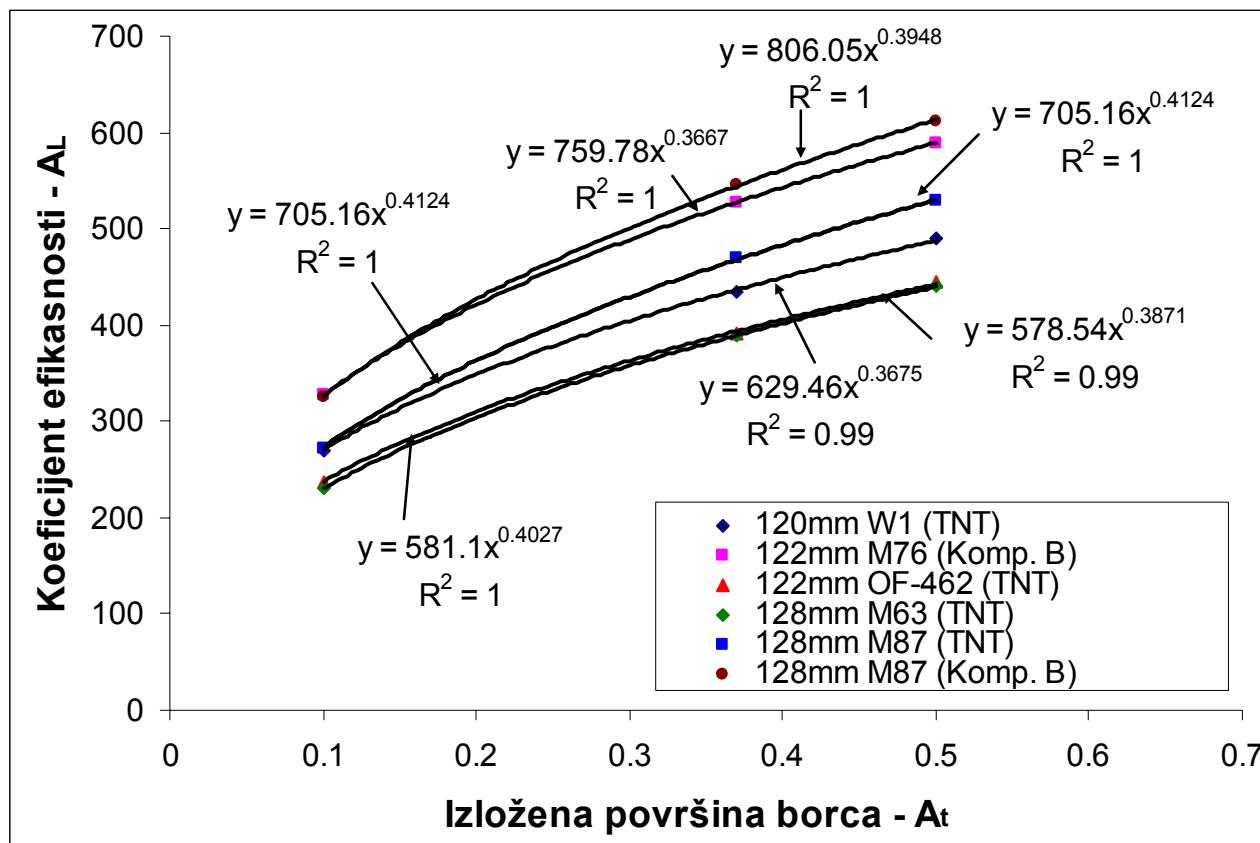
- $X_i, Y_i$  - koordinate terena, i
- $P(x,y)$  - vjerovatnoće onesposobljavanja vojnika za definisane tačke terena

Bojeva glava (Nulti napadni ugao, detonacija na tlu)	$A_L$ ( $A_t = 0,5 \text{ m}^2$ ) Stojeći položaj borca	$A_L$ ( $A_t = 0,37 \text{ m}^2$ ) Jurišni položaj borca	$A_L$ ( $A_t = 0,1 \text{ m}^2$ ) Ležeći položaj borca
120mm W1, TNT	490,90	433,52	270,44
122mm M76, Komp. B	588,99	527,95	326,55
122mm OF-462, TNT	444,17	391,76	237,47
128mm M63, TNT	440,15	388,74	229,98
128mm M87, TNT	528,84	469,02	272,69
128mm M87, Komp. B	612,25	545,25	324,65

Vrijednosti koeficijenta efikasnosti bojevih glava  $A_L$   
za različite izložene površine vojnika na terenu (bojištu)



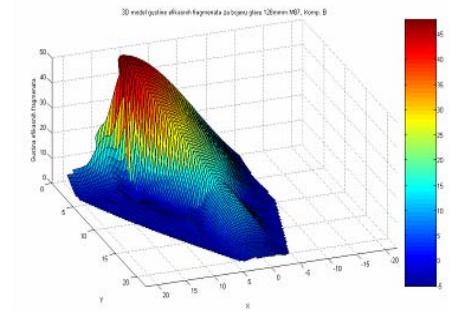
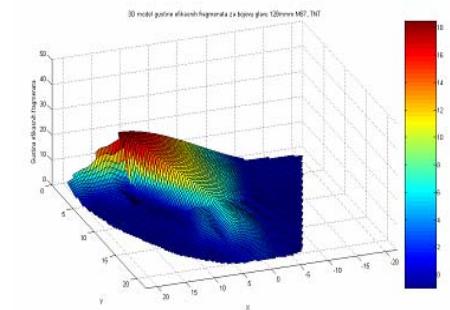
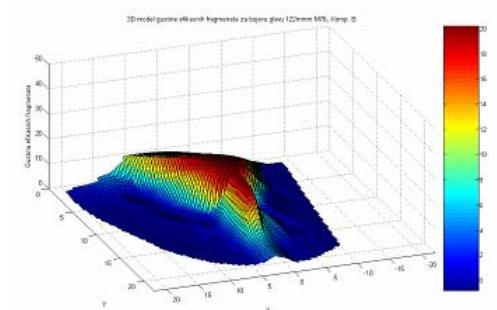
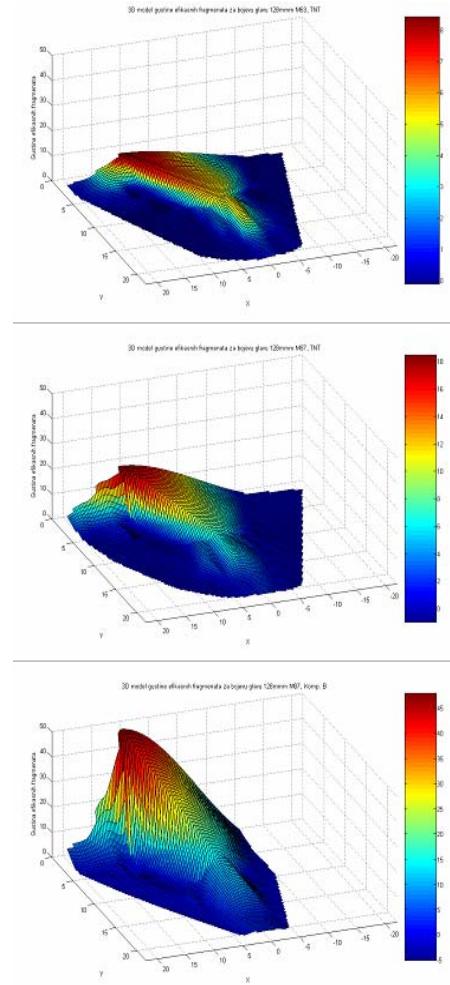
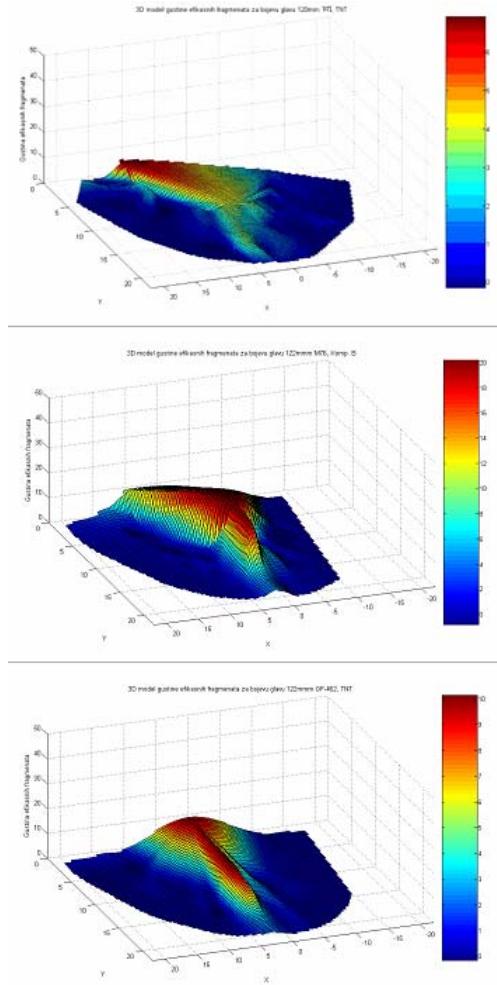
## Predviđanje koeficijenta efikasnosti



Zavisnosti koeficijenta efikasnosti  $A_L$  od izložene površine borca -  $A_t$



## Predviđanje 3D modela gustine efikasnih fragmenata



Lijevo: 3D modeli gustine efikasnih fragmenata za bojeve glave:

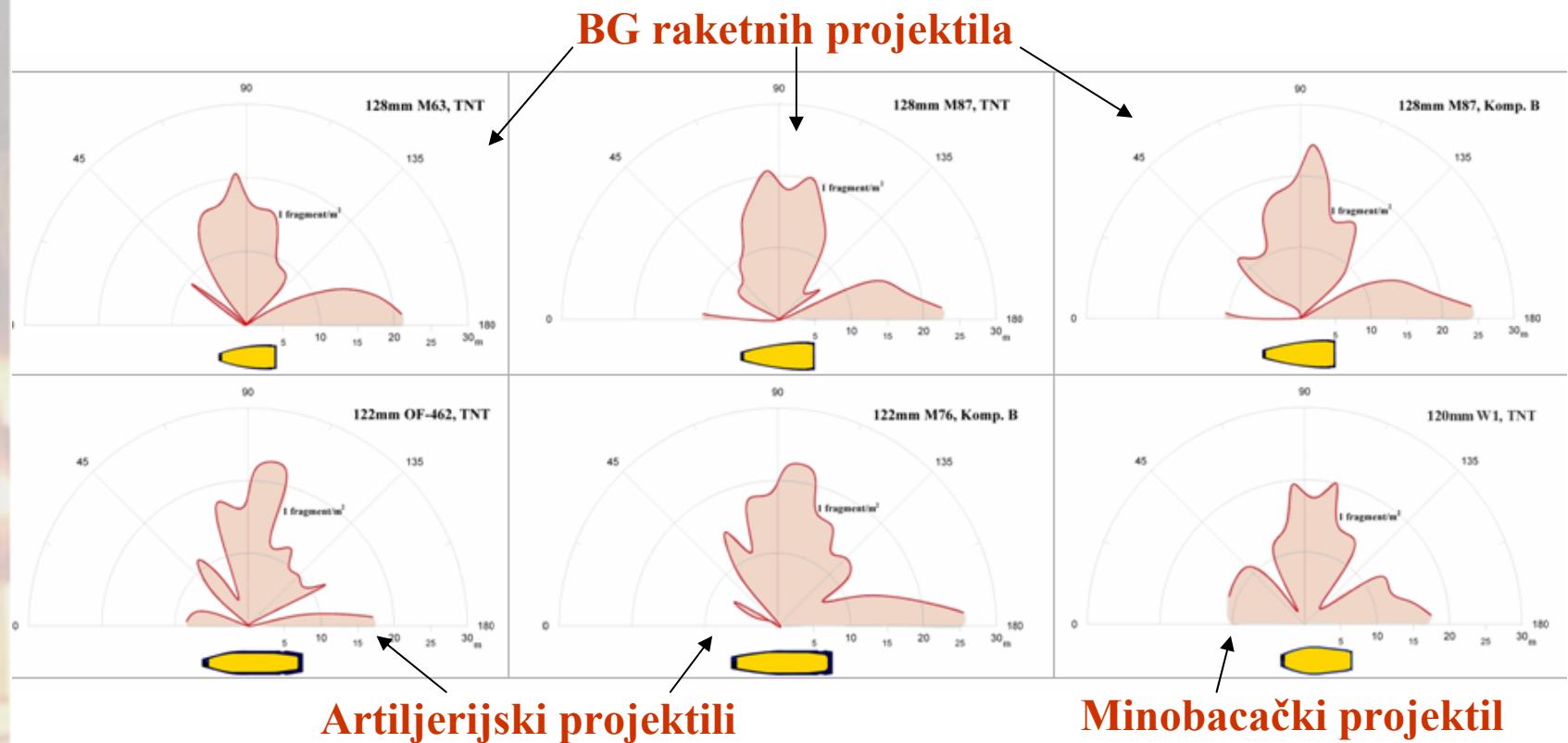
120mm W1 (TNT), 122 M76 (Komp. B), 122mm OF-462 (TNT)

Desno: 3D modeli gustine efikasnih fragmenata za bojeve glave raketnih projektila:

128mm M63 (TNT),  
128mm M87 (TNT) i  
128mm M87 (Komp. B)



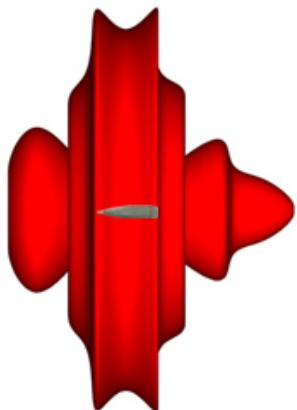
## Određivanje krivih izogustina i 2D smrtonosne zone



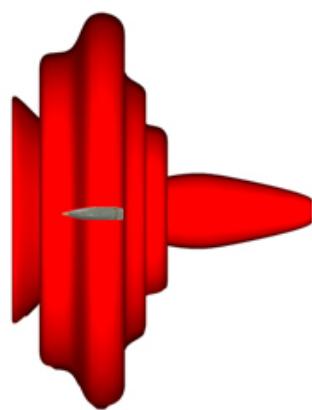
Smrtonosna zona za bojeve glave:

128mm M63, 128mm M87 (TNT), 128mm M87 (Komp. B), 122mm OF-462, 122mm M76 (Komp. B) i 120mm W1

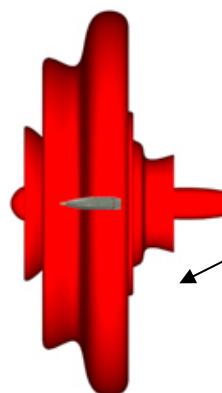
## Predviđanje 3D smrtonosne zone



120mm M77 W1, TNT

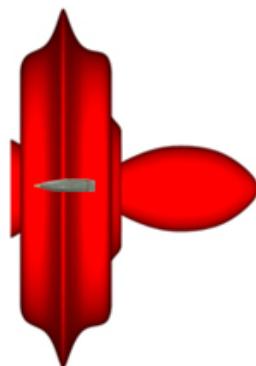


122mm M76, Komp. B

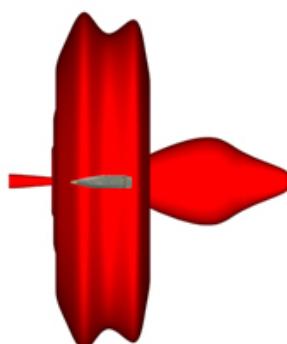


122mm OF-462, TNT

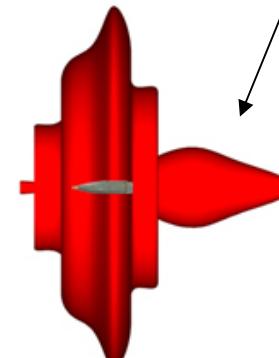
Nulti napadni ugao  
bojeve glave



128mm M63, TNT



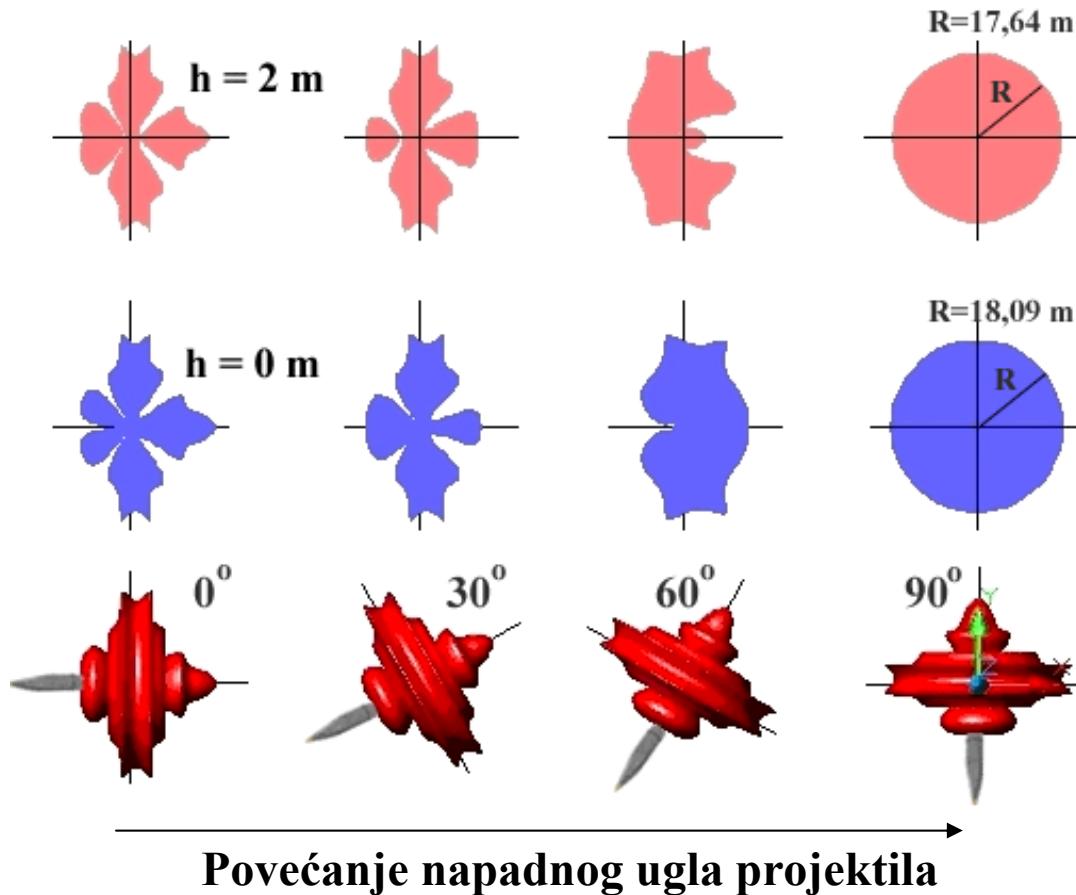
128mm M87, TNT



128mm M87, Komp. B

3D smrtonosne zone za  
ispitivane bojeve glave

## Predviđanje 3D smrtonosne zone



Prikaz 3D smrtonosne zone i njenih projekcija za različite napadne uglove bojeve glave 120mm W1 (TNT)



## Predviđanje 3D smrtonosne zone

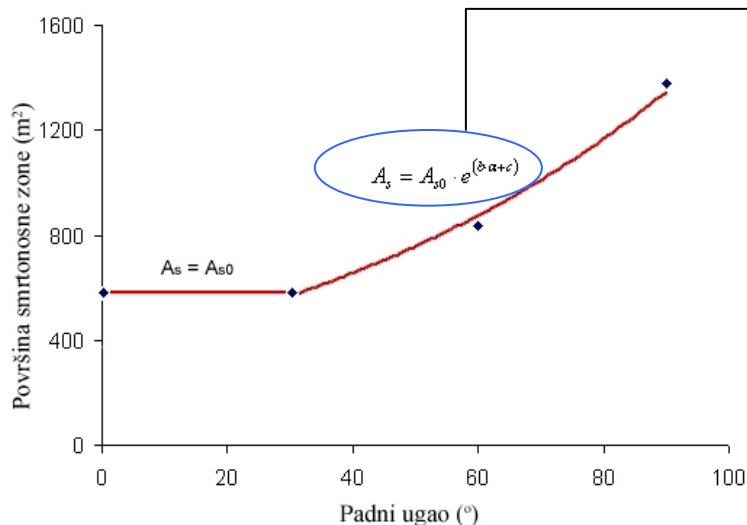
Bojeva glava	Površina projekcije smrtonosne zone $A_s$ ( $m^2$ )							
	$A_{s0}$ ( $h = 0 \text{ m}$ )				$A_{s2}$ ( $h = 2 \text{ m}$ )			
	0°	30°	60°	90°	0°	30°	60°	90°
120mm M77 W1 (TNT)	496,3	474,7	622,9	1028,6	481,6	468,4	578,3	978,1
122mm M76 (Komp. B)	585,1	542,6	887,4	1217,2	567,7	573,9	824,6	1559,5
122mm OF-462 (TNT)	397,9	430,4	630,4	996,9	362,5	427,1	672,3	1570,4
128mm M63 (TNT)	432,2	345,7	653,8	951,2	416,2	401,7	607,6	775,2
128mm M87 (TNT)	524,9	447,9	797,4	1138,2	501,9	501,3	727,2	1041,9
128mm M87 (Komp. B)	583,7	495,4	838,3	1377,5	561,0	591,3	832,2	1854,8

Vrijednosti površina projekcija smrtonosnih zona za nultu ravan (tlo) i visinu od 2m iznad tla, i za različite padne uglove ispitivanih bojevih glava

## Predviđanje 3D smrtonosne zone

Promjena površine projekcije smrt. zone prikazana kao dvostepena funkcija

$$A = A_0 \cdot e^{b \cdot \alpha + c}$$



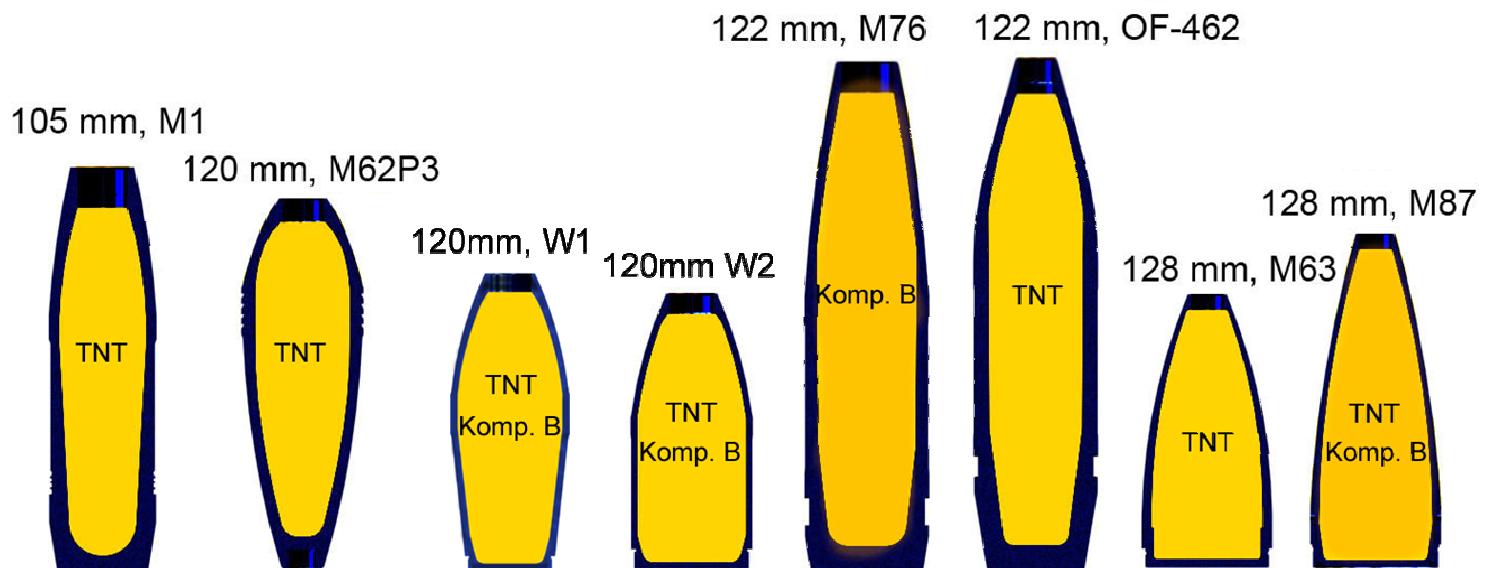
*Usvojena dvostepena  
aproksimaciona funkcija*

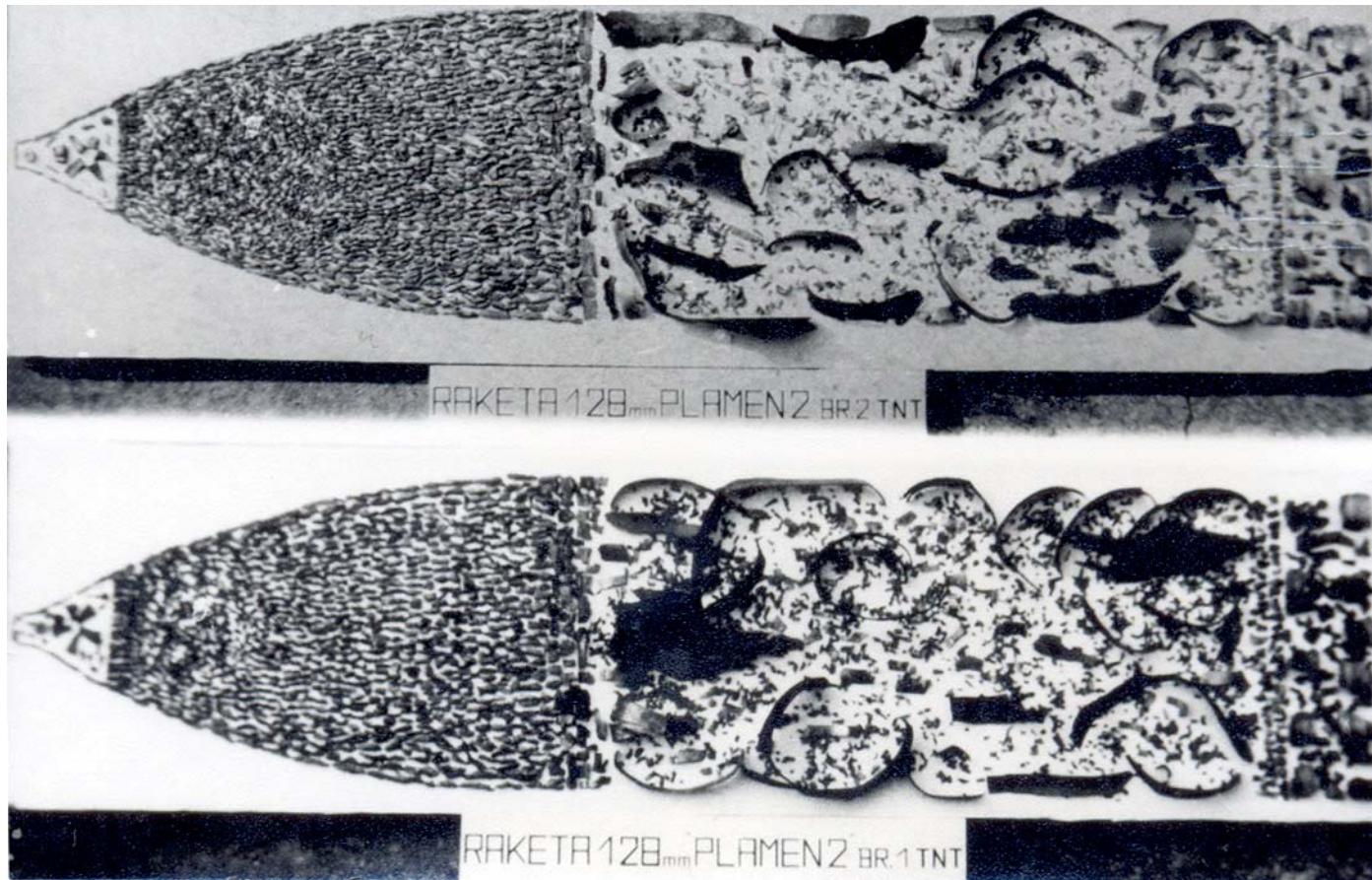
Projektil ili bojeva glava	Model aproksimacione funkcije:		
	$A_t = A_{s0} \cdot e^{(b_1 \cdot \alpha + c_1)}$		koef. korelacije
	$b_1$	$c_1$	
120mm W1 (TNT)	0,3959	0,2898	0,96
122mm OF-462 (TNT)	0,459	0,4597	1
122mm M76 (komp. B)	0,3541	0,3861	0,99
128mm M63 (TNT)	0,3893	0,4022	0,99
128mm M87 (TNT)	0,379	0,3994	0,99
128mm M87 (komp. B)	0,4488	0,402	0,99

*Vrijednosti koeficijenata  $b_1$  i  $c_1$ , te  
koeficijenta korelacije za dati  
model aproksimacione funkcije*

## 5. Analiza rezultata

### Eksperimentalna ispitivanja fragmentacije u Pit postrojenju:

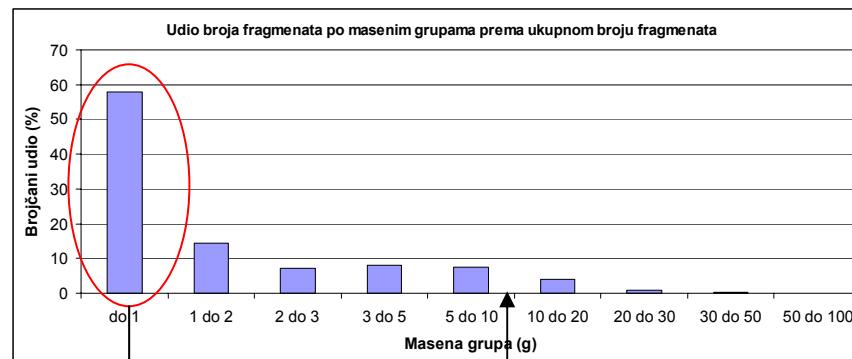




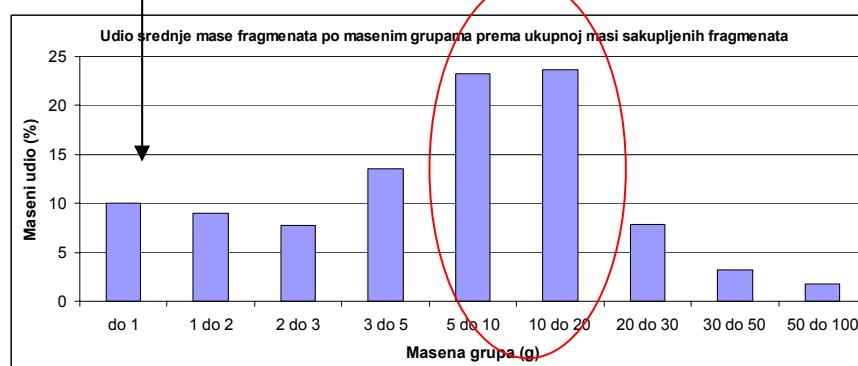
*Fragmenti nastali prirodnom fragmentacijom bojeve glave rakete 128mm M87 (Plamen-2), sa eksplozivnim punjenjem TNT*



## Predviđanje masene distribucije fragmenata

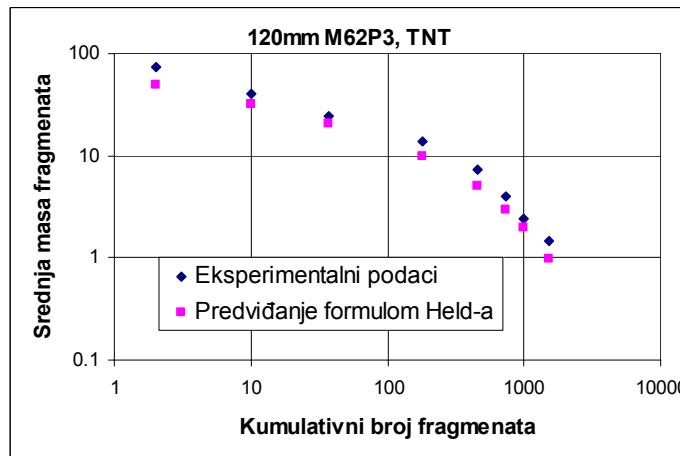
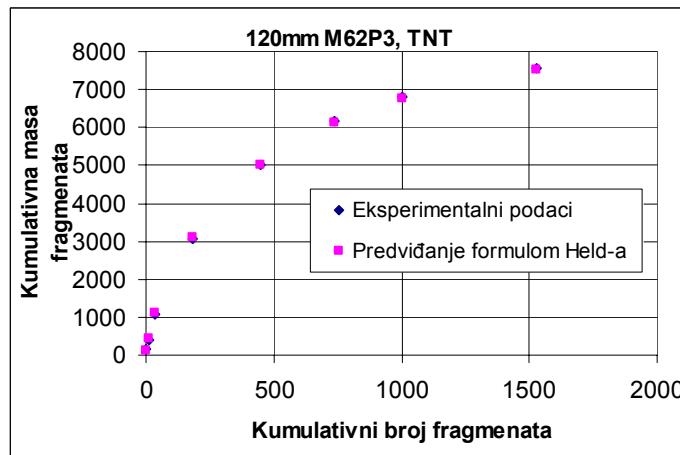


Udio broja fragmenata po masenim grupama prema ukupnom broju fragmenata za 120mm M62P3



Udio srednje mase fragmenata po masenim grupama prema ukupnoj masi fragmenata za 120mm M62P3 (TNT)

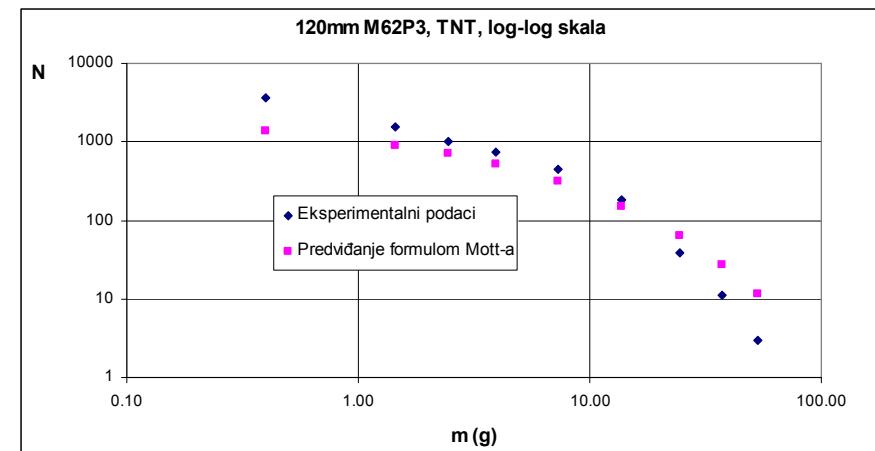
## Predviđanje masene distribucije fragmenata



Held-ova metoda

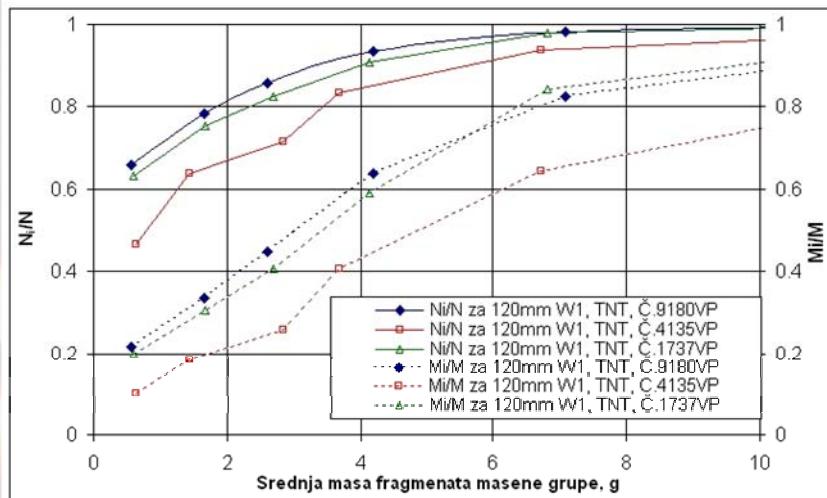


Mott-ova metoda

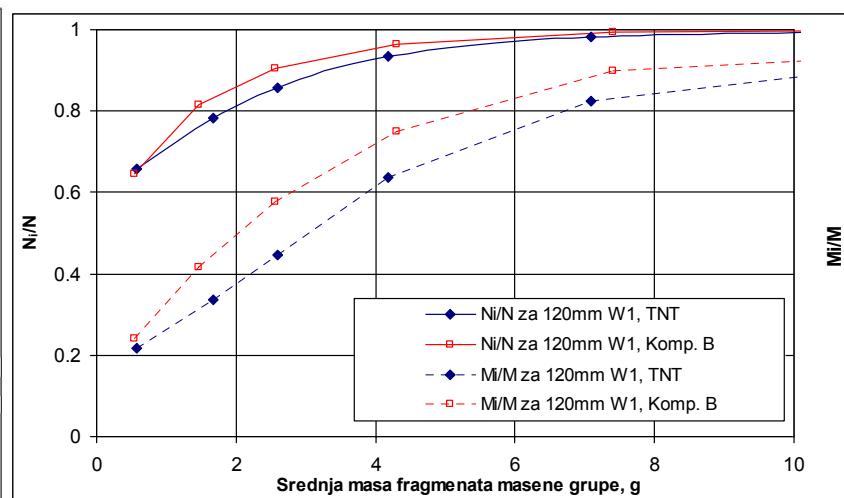


Dijagrami **Held-a** (lijevo) i **Mott-a** (desno)  
za minobacački projektil 120mm M62P3

## Analiza uticaja materijala tijela bojeve glave i vrste eksploziva na masenu distribuciju fragmenata (metoda Katedre za OT)



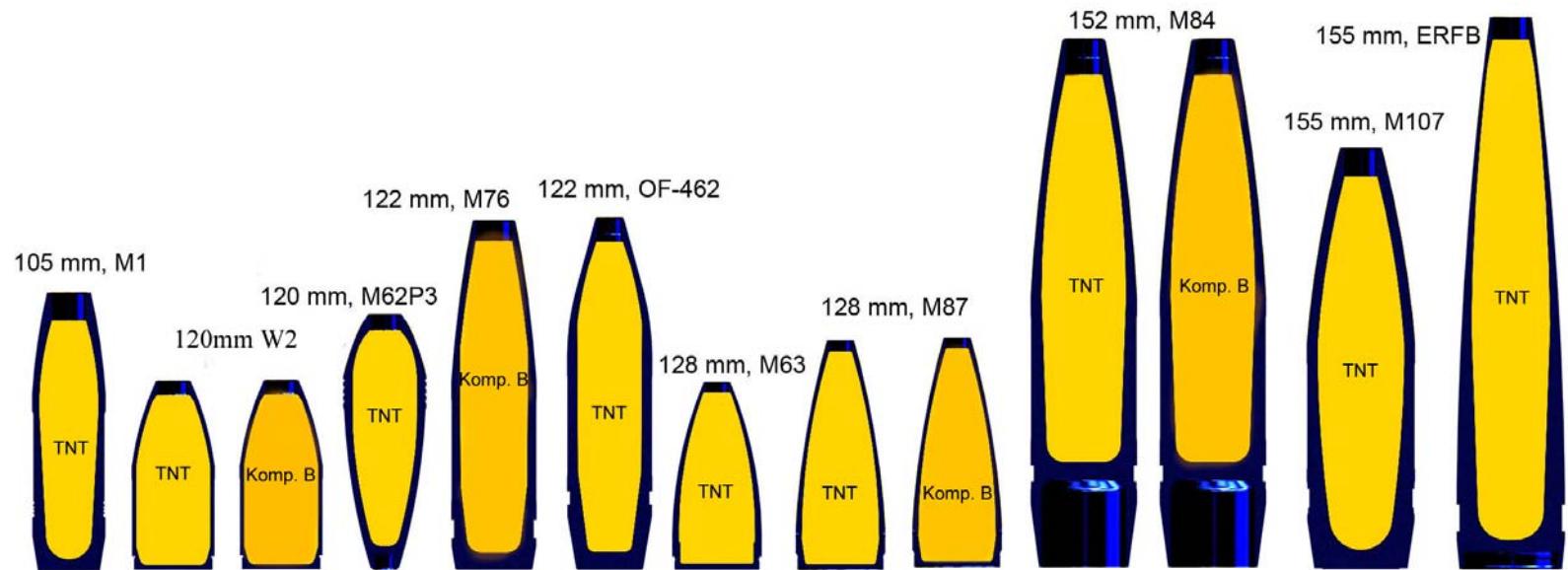
Zavisnost odnosa  $Ni/N$  i  $Mi/M$  od srednje mase fragmenata masnih grupa za BG 120mm W1, sa TNT, za **tri različita materijala tijela BG**



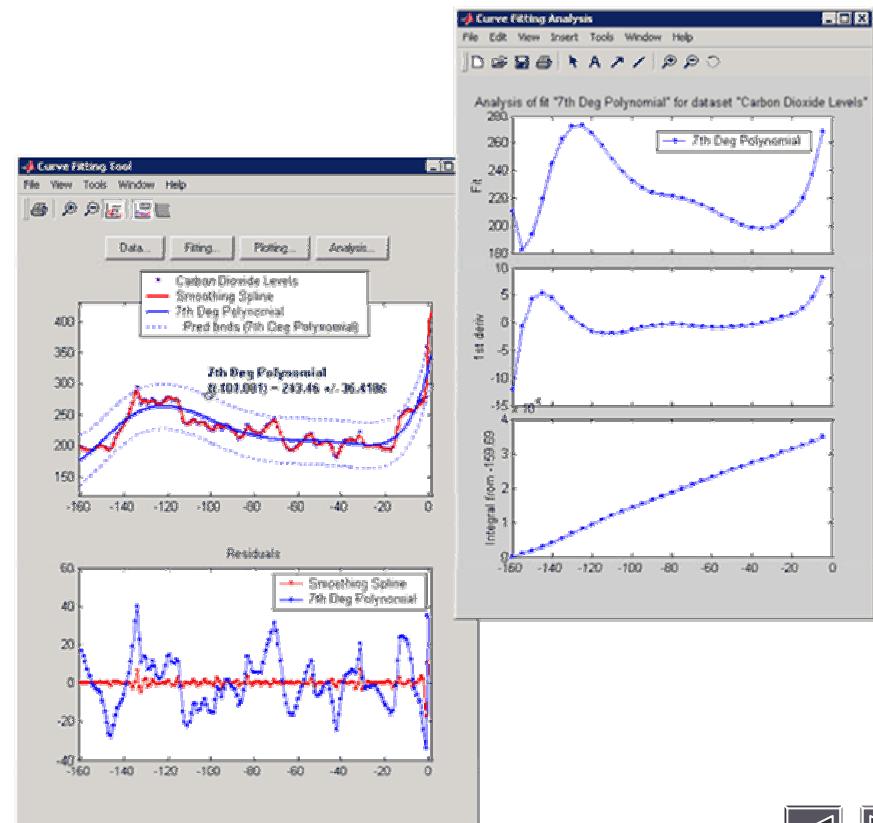
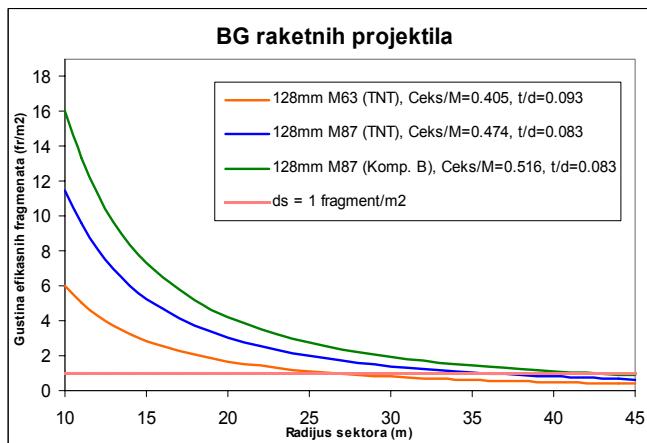
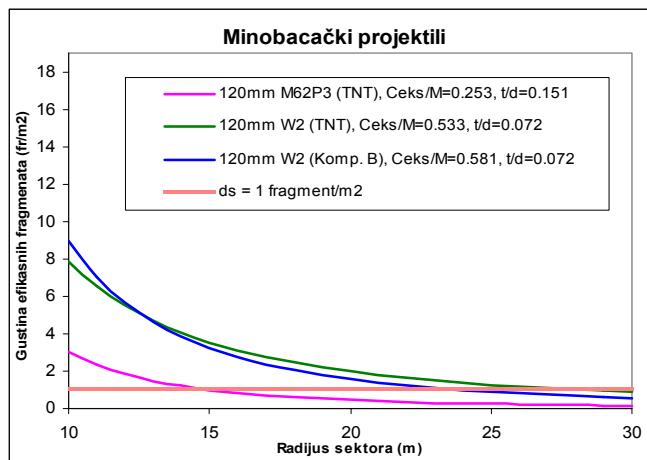
Zavisnost odnosa  $Ni/N$  i  $Mi/M$  od srednje mase fragmenata masenih grupa za BG 120mm W1, za dva tipa ekspl. punjenja, TNT i Komp. B

## 6. Analiza rezultata

Eksperimentalna ispitivanja fragmentacije  
u četvrtkružnoj areni:



## Predviđanje radijusa efikasnog dejstva HE bojeve glave



## Predviđanje radijusa efikasnog dejstva HE bojeve glave

Minobacački projektil	Eksploziv	Tip Arene	Aproksimaciona kriva	Koeficijent korelaciјe	Radijus efikasnog dejstva (m)
120mm M62P3	TNT	I*	$d_s = 1670 \cdot (R_k)^{-2,741}$	0,995	14,98
120mm W2	TNT	I*	$d_s = 772 \cdot (R_k)^{-1,991}$	0,995	28,21
120mm W2	Komp. B	I*	$d_s = 2976 \cdot (R_k)^{-2,522}$	1	23,83

Artiljerijski projektil	Eksploziv	Tip Arene	Aproksimaciona kriva	Koeficijent korelaciјe	Radijus efikasnog dejstva (m)
105mm M1	TNT	I*	$d_s = 7607 \cdot (R_k)^{-3,156}$	0,999	16,97
122mm OF-462	TNT	I*	$d_s = 1474 \cdot (R_k)^{-2,226}$	0,995	26,51
122mm M76	Komp. B	I*	$d_s = 4809 \cdot (R_k)^{-2,41}$	0,999	33,69
152mm M84	TNT	II**	$d_s = 2275 \cdot (R_k)^{-2,407}$	0,998	24,8
152mm M84	Komp. B	II**	$d_s = 5145 \cdot (R_k)^{-2,501}$	0,999	30,46
155mm M107	TNT	II**	$d_s = 3871 \cdot (R_k)^{-2,596}$	0,999	24,1
155mm ERFB	TNT	II**	$d_s = 14260 \cdot (R_k)^{-2,725}$	0,999	33,43

$$\frac{A_{ef2}}{A_{ef1}} = \frac{R_{ef2}^2}{R_{ef1}^2}$$

BG raketnih projektila	Eksploziv	Tip Arene	Aproksimaciona kriva	Koeficijent korelaciјe	Radijus efikasnog dejstva (m)
128mm M63	TNT	I*	$d_s = 410,8 \cdot (R_k)^{-1,834}$	0,998	26,62
128mm M87	TNT	I*	$d_s = 959,2 \cdot (R_k)^{-1,918}$	0,995	35,86
128mm M87	Komp. B	I*	$d_s = 1345 \cdot (R_k)^{-1,924}$	0,995	42,3

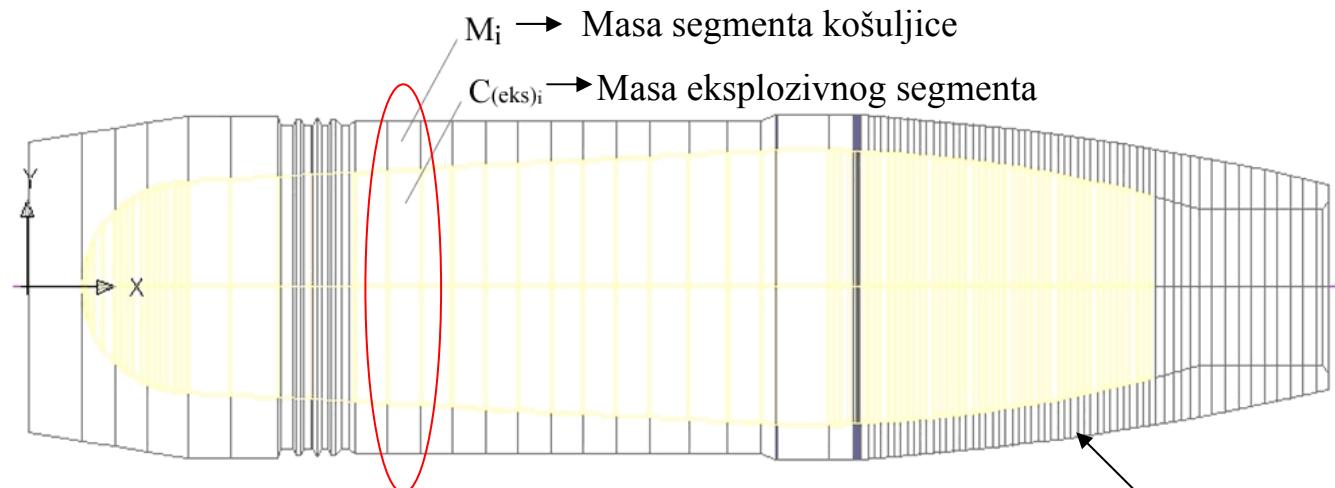


## 5. Analiza rezultata

**Osim pomenutih u radu su izvršene i slijedeće analize:**

- Analiza početne brzine fragmenata
- Analiza ugla vektora brzine fragmenata
- Analiza dinamike leta fragmenata
- Analiza naponskog stanja bojeve glave u cijevi oružja

## Analiza početne brzine fragmenata

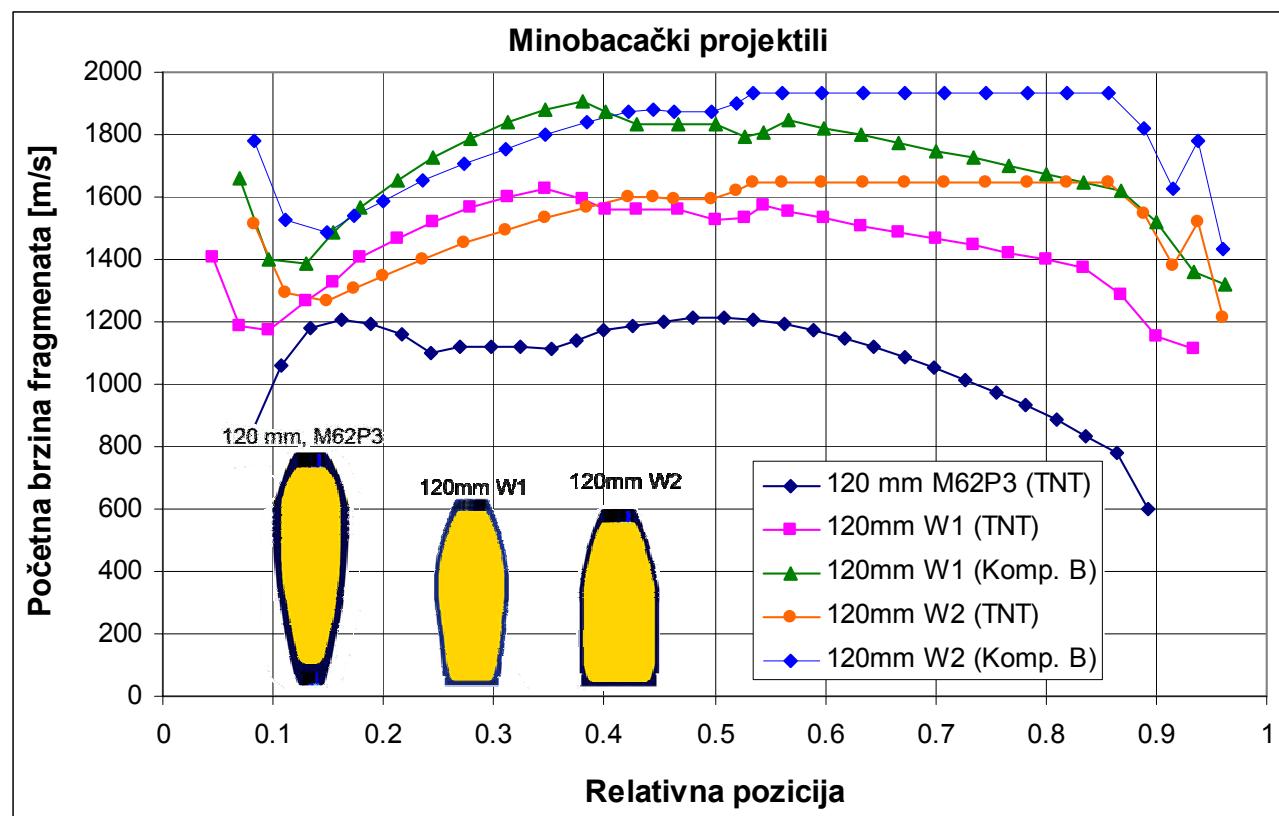


3D model projektila

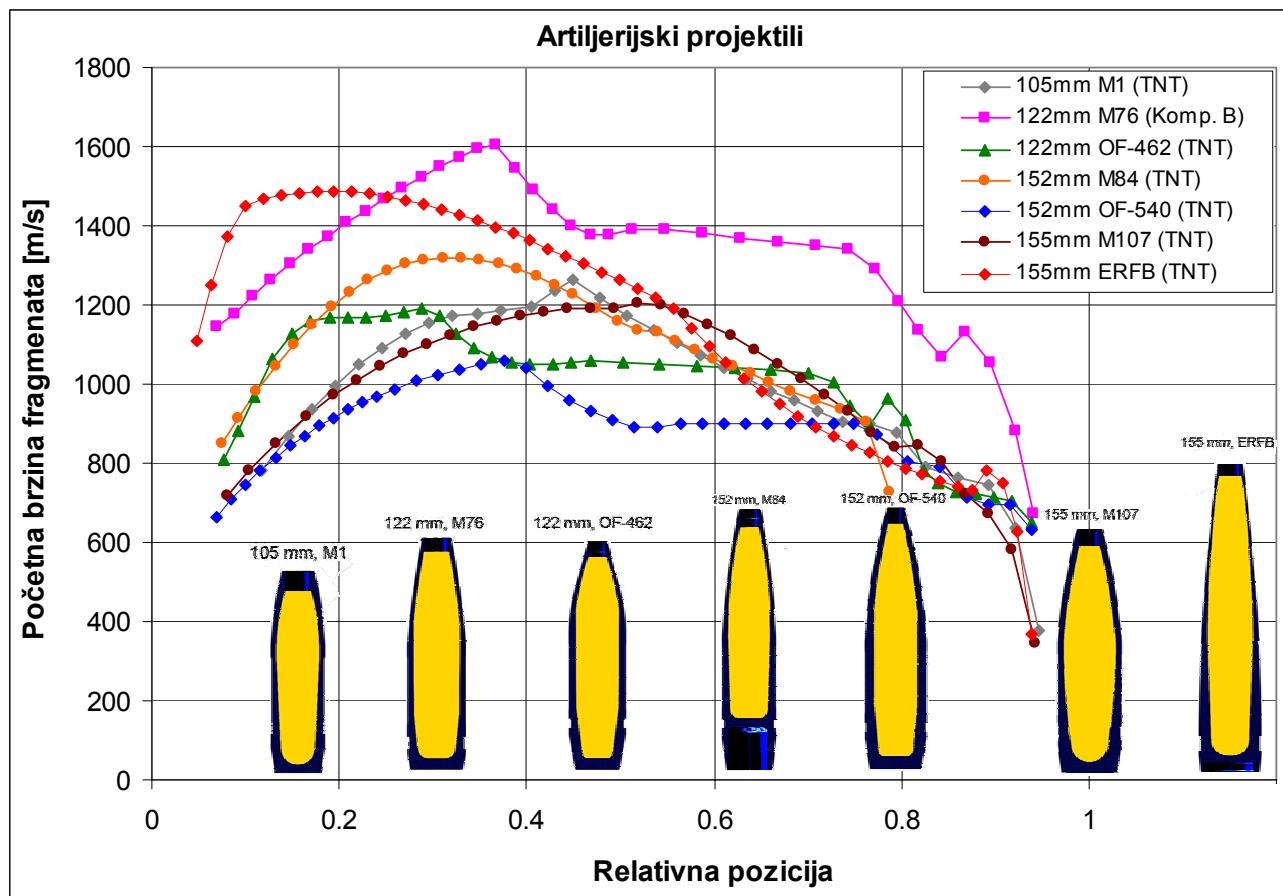
$$v_M = \frac{\sqrt{2E}}{\sqrt{\left(\frac{M}{C_{eks}} + \frac{1}{2}\right)}} = \sqrt{2E} \left[ \frac{\frac{C_{eks}}{M}}{\left(1 + \frac{1}{2} \frac{C_{eks}}{M}\right)} \right]^{\frac{1}{2}}$$

Formula Gurney-a

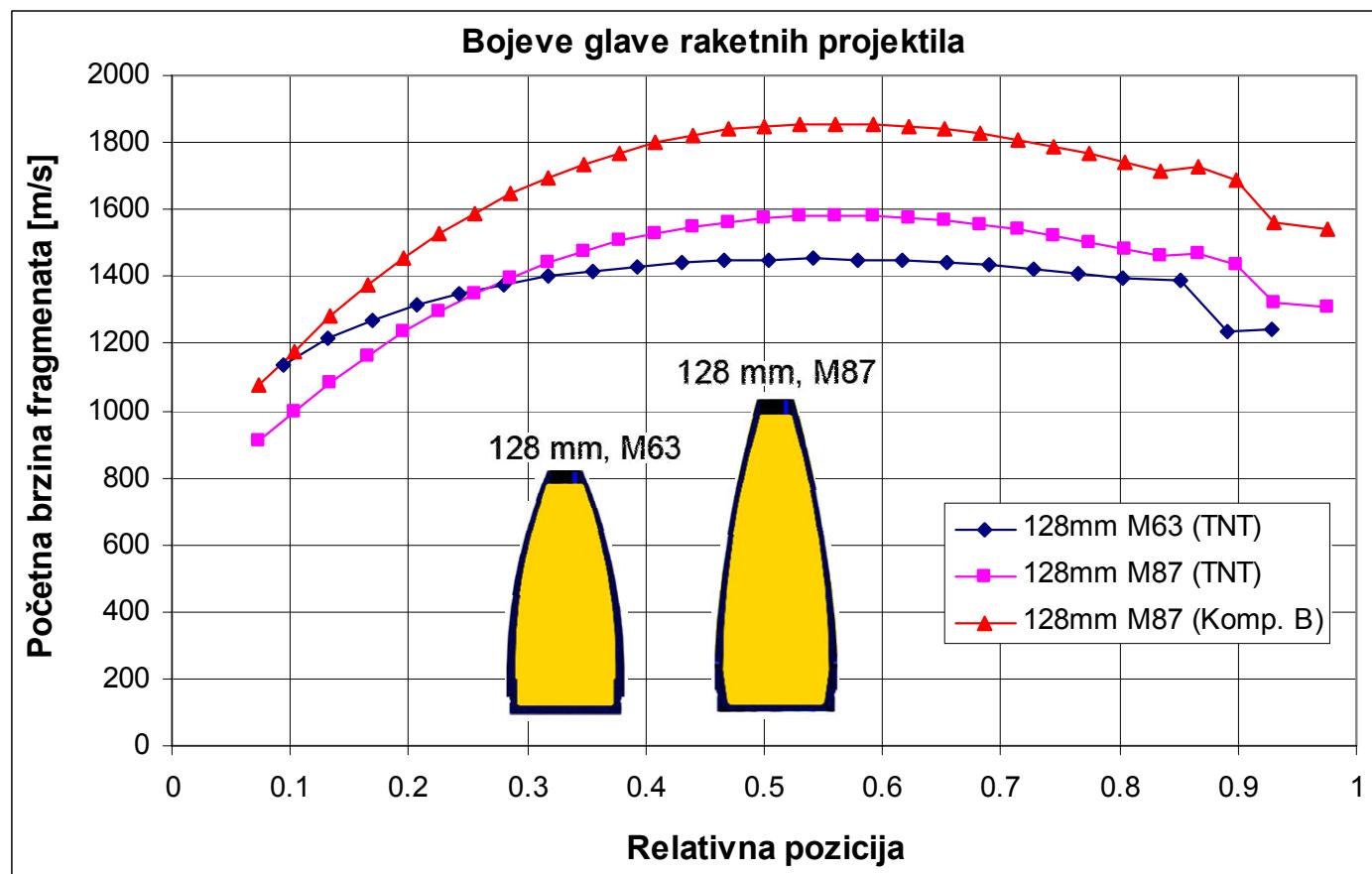
## Analiza početne brzine fragmenata (minobacački projektili)



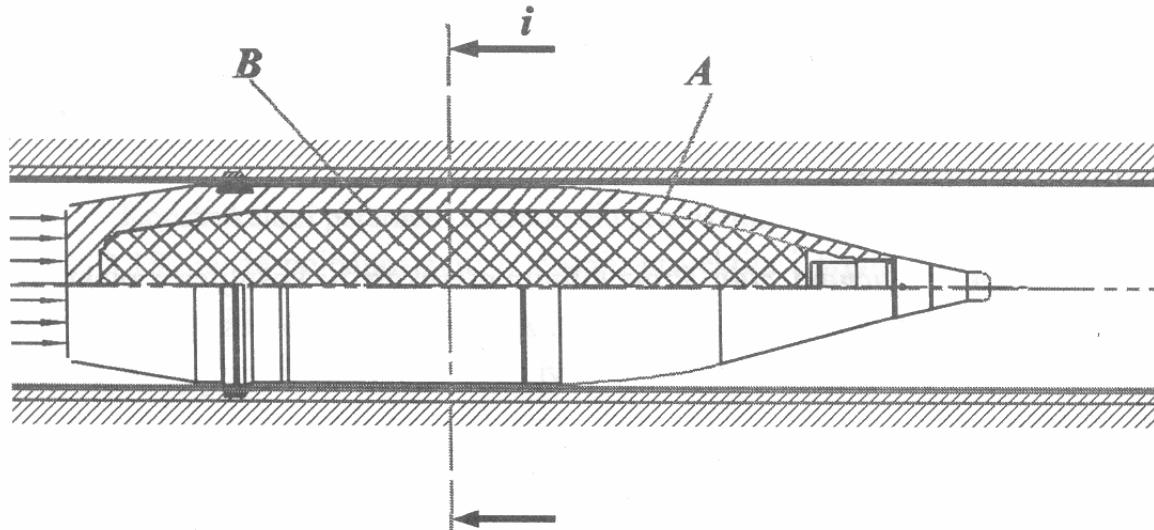
## Analiza početne brzine fragmenata (artiljerijski projektili)



## Analiza početne brzine fragmenata (Bojeve glave raketnih projektila)



## Analiza naponskog stanja bojeve glave - analitička metoda

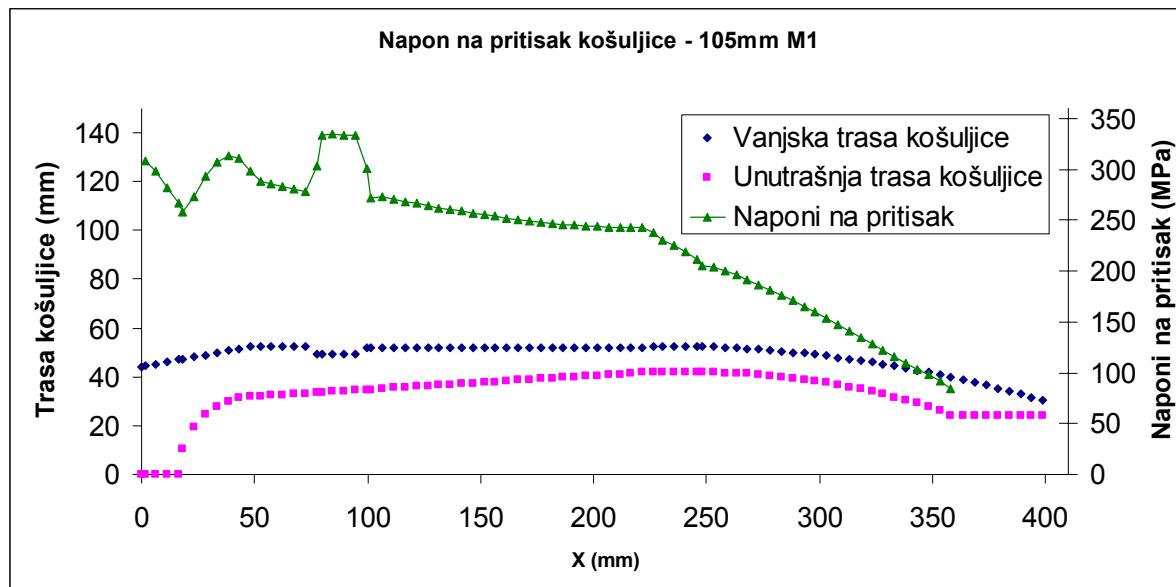


*Određivanje napona na pritisak u tijelu bojeve glave*

$$\sigma_{c_{i-i}} = \frac{1}{S_{i-i}} \frac{m_A}{m} \cdot P \cdot \left[ \frac{d^2 \pi}{4} \right]$$

## Analiza naponskog stanja bojeve glave analitičkom metodom

- Bojeva glava 105mm M1
- Pritisak barutnih gasova:  $P_{cp} = 260 \text{ MPa}$
- Materijal košuljice - čelik, gustine  $\rho_c = 7860 \text{ kg/m}^3$ , granice razvlačenja (max. dozv. napon)  $\sigma_v = 560 \text{ MPa}$  i zatezne čvrstoće  $\sigma_M = 800 \text{ MPa}$ .
- Masa bojeve glave 105mm M1 iznosi 15,06 kg, a masa upaljača 0,975 kg.



## Analiza naponskog stanja bojeve glave numeričkom simulacijom

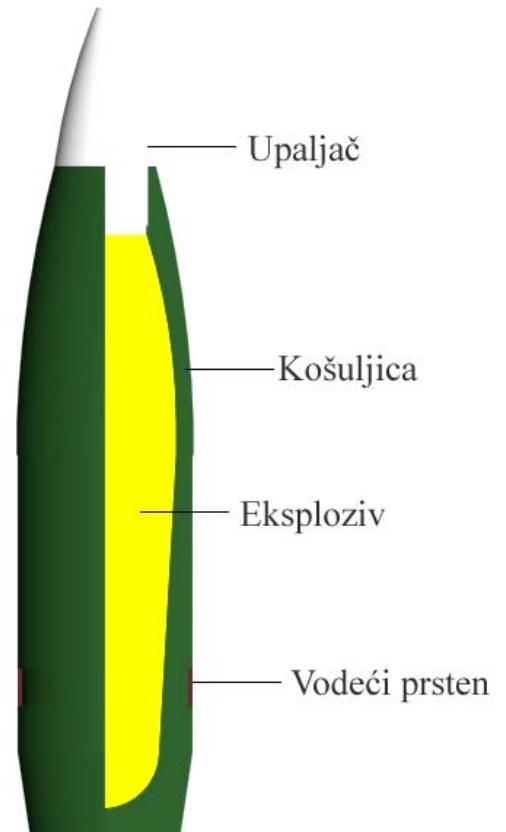
Software: **ADINA<sup>©</sup>** (Automatic Dynamic Incremental Nonlinear Analysis) System.

Model koji je analiziran (artiljerijski projektil 105mm M1) sastojao se iz sljedećih komponenti:

- Košuljica (tijelo) bojeve glave
- Eksplozivno punjenje
- Upaljač
- Vodeći prsten

Model je **osno simetričan**.

U analizi je uzeta u obzir promjena pritiska u cijevi oružja sa vremenom.

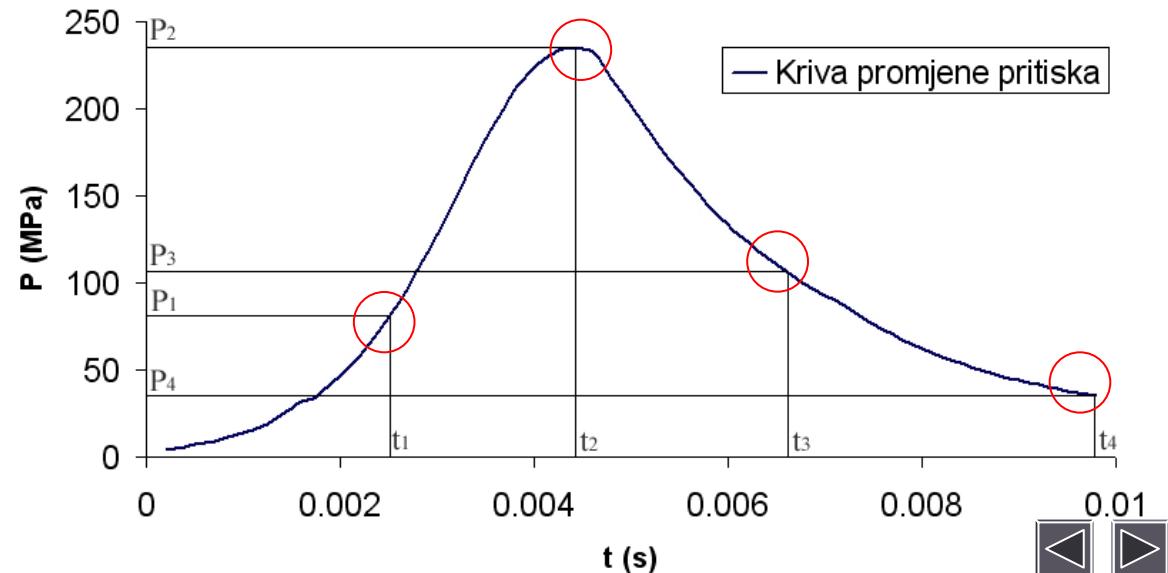


*Artiljerijski projektil 105mm M1*

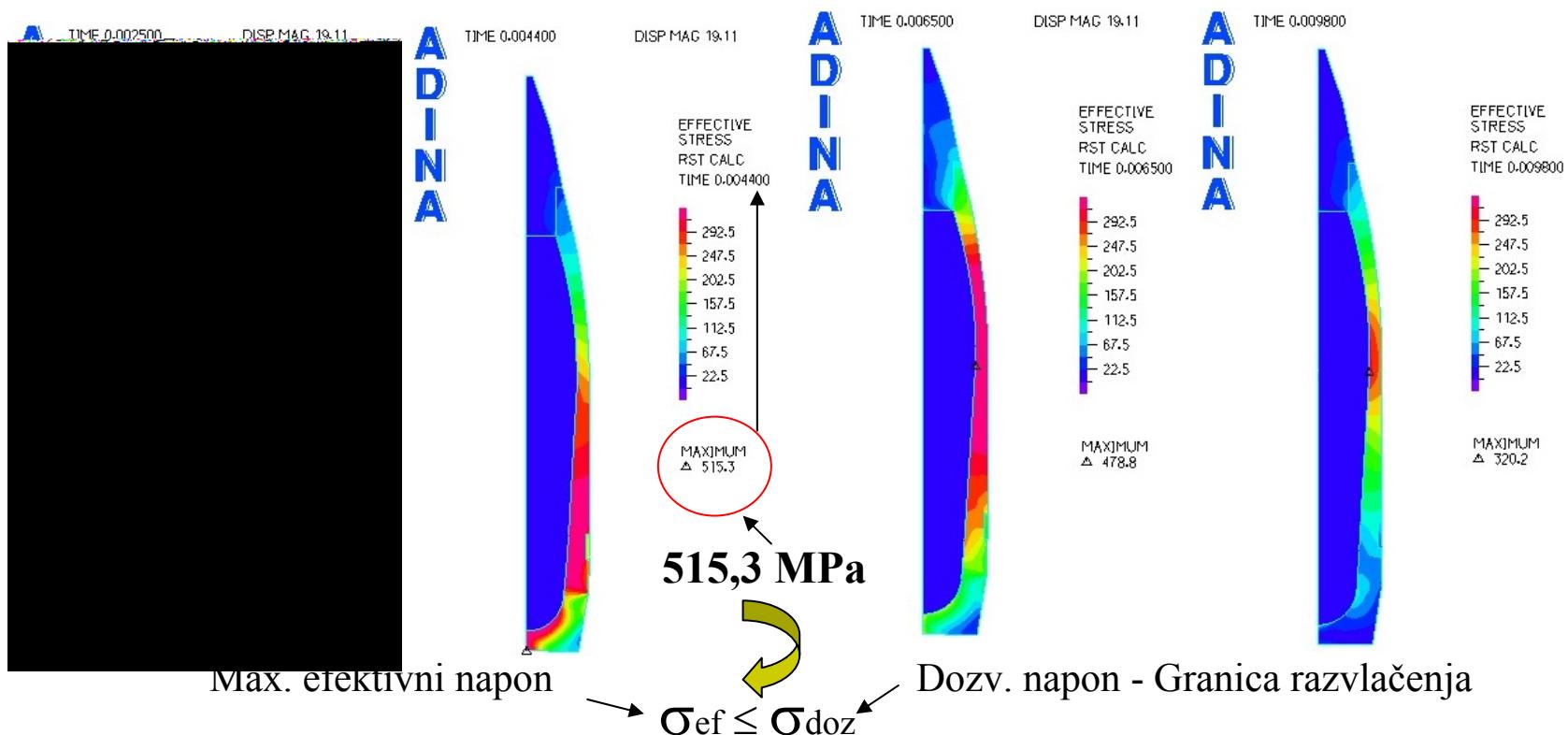
## Analiza naponskog stanja bojeve glave numeričkom simulacijom

Karakteristične tačke su uzete u obzir prilikom analize naponskih stanja, te radijalnih pomjeranja i deformacija. Za svaki dati trenutak analizirani su:

- Naponi u Z pravcu
- Maksimalni i minimalni glavni naponi
- Efektivni naponi



## Analiza naponskog stanja bojeve glave numeričkom simulacijom



*Efektivni naponi u projektetu 105mm M1, za različite vremenske korake*

## 7. Zaključak

### Šta je urađeno u magistarskom radu:

- Naznačene **teoretske osnove** baziraju se na dosadašnjim istraživanjima,
- Definisan je **Model za predviđanje smrtonosne zone HE bojevih glava**,
- Razvijena je **CAD metoda** analize smrtonosnih zona (2D, 3D smrtonosne zone)
- Izvršena analiza oko **130 eksperimentalnih testova** sa tri vrste projektila,
- Izvršena analiza **2D smrtonosnih zona**, predviđanje **3D smrtonosne zone**, procjena **površine projekcije 3D smrtonosne zone za dva različita visinska nivoa na terenu**, i za **različite padne uglove bojeve glave**, određena je **promjena površine projekcije smrtonosne zone** kao dvostepena funkcija,

## 7. Zaključak

### Šta je urađeno u magistarskom radu (nastavak):

- Izvršena analiza masene distribucije fragmenata, regresiona analiza geometrije fragmenata i analiza dinamike leta fragmenata,
- Izvršeno je predviđanje radijusa efikasnog dejstva HE bojevih glava na osnovu ispitivanja fragmentacije u četvrtkružnoj areni,
- Uspostavljena veoma opsežna baza podataka iz oblasti prirodne fragmentacije,
- Procijenjene su počete brzine fragmenata i uglovi vektora brzina fragmenata za sve razmatrane tipove bojevih glava ili projektila,
- Izvršena numerička simulacija naponskog stanja projektila u toku njegovog kretanja kroz cijev oružja, sa ciljem provjere sigurnosti u toku kretanja municije kroz cijev oružja.



## 7. Zaključak

### Preporuke za dalji rad na istraživanju efikasnosti HE bojevih glava:

- Nastaviti dalji razvoj stvorene baze podataka o fragmentacionim parametrima bojevih glava ili projektila,
- Definisati model kojim se predviđa koeficijent efikasnosti  $A_L$  za različite padne uglove projektila i različite visine detonacije,
- Izvršiti nadogradnju modela za predviđanje masene distribucije fragmenata koji je razvila Katedra za Odbrambene tehnologije,
- Izvršiti dalja istraživanja usmjerena na preciznije određivanje koeficijenta otpora realnog fragmenta u toku leta fragmenta i uspostaviti model dinamike kretanja i stabilnosti fragmmenta,
- Stvoriti uvjete za numeričku analizu procesa širenja tijela HE bojevih glava pri procesu detonacije
- Izvršiti integraciju postavljenih modela u jedan jedinstven model u sofverskom smislu.



# Hvala na pažnji!



Sarajevo, 08. septembar 2007.

