


PODACI ZA BIBLIOGRAFSKU KARTICU

| | | | |
|---|---|---|---|
| Broj dokumenta: DTD-02/07 | Datum dokumenta: 21.12.2007.god. | Tip dokumenta: Ekspertiza | |
| Naslov: Analiza uvjeta koji su doveli do masakra osoba na trgu „Kapija“ dana 25.05.1995. god u 20 ⁵⁵ sati | | UDK: | |
| Autori: Prof. dr Berko Zečević Viši asistent MSc Jasmin Terzić Viši asistent MSc Alan Čatović | | | |
| Odobrio: | | | |
| Institucija u kojoj je dokument urađen/pohranjen i adresa: Prof. Dr Berko Zečević Šef Odjeljenja za odbrambene tehnologije, Univerzitet u Sarajevu, Mašinski fakultet u Sarajevu Bosna i Hercegovina | | Broj odluke: KT-RZ-168/07 Sarajevo. 27.11.2007 god. | |
| Institucija za koju je dokument urađen i adresa: Tužilaštvo-Tužiteljstvo Bosne i Hercegovine Poseban odjel za ratne zločine, Regionalan tim.III | | Broj Ugovora: | |
| Distribucija/raspoloživost dokumenta: Ograničena | | | |
| <p>Sažetak: Dana 25.05.1995 god. u 20⁵⁵ sati na trgu „Kapija“ eksplodirao je artiljerijski-projektil, koji je izazvao velik broj žrtava, od čega je 71 osoba smrtno stradala.</p> <p>Analiza se bavi određivanju uvjeta koji su izazvali ovaj masakr mladih, određivanje kalibra i tipa projektila, tipa oružja, uže lokacije vatrenog položaja oružja itd.</p> <p>U sklopu Analize korištene su dostupne metode i podaci za analizu kratera, primijenjeni su dostupni softverski alati za određivanje smrtonosne zone projektila 130 mm M79, izvršena je spoljno-balsitička analiza i kosnatovano sljedeće:</p> <p>Projektil koji je izazvao masakr mladih je ispaljen iz topa 130 mm M46.</p> <p>Neposredne smrtonosne efekte su izazvali fragmenti HE projektila M79 ili OF-482.</p> <p>Pri eksploziji ovog projektila se formira minimum 4.000 fragmenata.</p> <p>Radijus ubojnog dejstva HE projektila 130 mm M79 je 27 m.</p> <p>Definirana je 3-D smrtonosna zona.</p> <p>Određena je uža lokacija vatrenog položaja topa 130 mm M4, a koja se nalazi u neposrednoj blizini sela Paljik, na planini Ozren,. Vatrene položaj je udaljen od mjesta eksplozije oko 27.100 m.</p> | | | |
| Ključne riječi: Projektil, top, oružje, fragment, domet, top 130 mm M46, projektil 130 mm. | | | |
| Naučno područje: Odbrambene tehnologije | | Naučno polje: Spoljna balistika, terminalna balistika | |
| Broj stranica: 94 | Broj slika: 113 | Broj tabela: 4 | Broj korištenih bibliografskih jedinica: |
| Sigurnosna klasifikacija publikacije: Neklasifikovana | Sigurnosna klasifikacija bibliografske kartice: Neklasifikovana | Sigurnosna klasifikacija sažetka: Neklasifikovana | Ograničenja za distribuciju: Ograničena |

**Analiza uvjeta koji su doveli do
masakra osoba na trgu „Kapija“
dana 25.05.1995. god u 20⁵⁵ sati**

Sarajevo, decembar 2007.

PODACI ZA BIBLIOGRAFSKU KARTICU

| | | | |
|---|--|--|--|
| Broj dokumenta: DTD-02/07 | Datum dokumenta: 21.12.2007.god. | Tip dokumenta: Ekspertiza | |
| Naslov: Analiza uvjeta koji su doveli do masakra osoba na trgu „Kapija“ dana 25.05.1995. god u 20 ⁵⁵ sati | | UDK: | |
| Autori: Prof. dr Berko Zečević Viši asistent MSc Jasmin Terzić Viši asistent MSc Alan Čatović | | | |
| Odobrio:  | | | |
| Institucija u kojoj je dokument urađen/pohranjen i adresa: Prof. Dr Berko Zečević Šef Odjeljenja za odbrambene tehnologije, Univerzitet u Sarajevu, Mašinski fakultet u Sarajevu Bosna i Hercegovina | | Broj odluke: KT-RZ-168/07 Sarajevo. 27.11.2007 god. | |
| Institucija za koju je dokument urađen i adresa: Tužilaštvo-Tužiteljstvo Bosne i Hercegovine Poseban odjel za ratne zločine, Regionalan tim III | | Broj Ugovora: | |
| Distribucija/raspoloživost dokumenta: Ograničena | | | |
| <p>Sažetak: Dana 25.05.1995 god. u 20⁵⁵ sati na trgu „Kapija“ eksplodirao je artiljerijski projektil, koji je izazvao velik broj žrtava, od čega je 71 osoba smrtno stradala.</p> <p>Analiza se bavi određivanju uvjeta koji su izazvali ovaj masakr mladih, određivanje kalibra i tipa projektila, tipa oružja, uže lokacije vatrenog položaja oružja itd.</p> <p>U sklopu Analize korištene su dostupne metode i podaci za analizu kratera, primijenjeni su dostupni softverski alati za određivanje smrtonosne zone projektila 130 mm M79, izvršena je spoljno-balsitička analiza i kosnatovano sljedeće:</p> <p>Projektil koji je izazvao masakr mladih je ispaljen iz topa 130 mm M46.</p> <p>Neposredne smrtonosne efekte su izazvali fragmenti HE projektila M79 ili OF-482.</p> <p>Pri eksploziji ovog projektila se formira minimum 4.000 fragmenata.</p> <p>Radijus ubojnog dejstva HE projektila 130 mm M79 je 27 m.</p> <p>Definirana je 3-D smrtonosna zona.</p> <p>Određena je uža lokacija vatrenog položaja topa 130 mm M4, a koja se nalazi u neposrednoj blizini sela Paljik, na planini Ozren,. Vatrene položaj je udaljen od mjesta eksplozije oko 27.100 m.</p> | | | |
| Ključne riječi: Projektil, top, oružje, fragment, domet, top 130 mm M46, projektil 130 mm. | | | |
| Naučno područje: Odrambene tehnologije | | Naučno polje: Spoljna balistika, terminalna balistika | |
| Broj stranica: 94 | Broj slika: 113 | Broj tabela: 4 | Broj korištenih bibliografskih jedinica: |
| Sigurnosna klasifikacija publikacije: Neklasifikovana | Sigurnosna klasifikacija bibliografske kartice Neklasifikovana | Sigurnosna klasifikacija sažetka Neklasifikovana | Ograničenja za distribuciju Ograničena |

Sadržaj

| | |
|---|----|
| Uvod | 1 |
| Presjek dostupnih podataka o masakru mladih ljudi izazvanog djelovanjem artiljerijskog projektila dana 25.05.1995 u 20 ⁵⁵ sati na Tuzlanskoj kapiji. | 3 |
| Artiljerijski sistem, vučni top 130 mm M-46 sa municijom | 12 |
| Efekti djelovanja artiljerijskih projektila na cilju | 17 |
| Predviđanje efekata udarnog talasa | 18 |
| Prirodna fragmentacija projektila | 25 |
| Analiza kratera HE projektila | 44 |
| Analiza masakra mladih ljudi izazvanog djelovanjem artiljerijskog projektila dana 25.05.1995 u 20 ⁵⁵ sati na Tuzlanskoj kapiji. | 52 |
| Opseg i vrsta oštećenja izazvana upotrebom artiljerijskog projektila 130 mm | 70 |
| Vjerovatna zona lansiranja artiljerijskog projektila 130 mm OF-482 ili M79 | 73 |
| Brzina kretanja HE projektila 130 mm M79 na putanji i u trenutku susreta sa ciljem | 87 |
| Mogućnost zvučno registriranje lansiranja artiljerijskog projektila i doleta projektila | 88 |
| Mogućnost vizualno praćenje leta artiljerijskog projektila | 92 |
| Zaključci | 93 |

Uvod

Od strane gosp. Mirsada Strike, tužioca Tužilaštvo-Tužiteljstvo Bosne i Hercegovine, Poseban odjel za ratne zločine, Regionalan tim III sam dobio Naredbu za vještačenje broj KT-RZ-169/07 od 27.11.2007 god. u kojoj se traži:

1. Identifikacija tipa projektila koji je pogodio grad Tuzla, lokalitet zvani Kapija dana 25.05.1995 god. u 20⁵⁵ sati.
2. Identifikacija pravca doleta projektila.
3. Procjena zona mogućih vatrenih položaja oružja. Odnosno njihovog minimalnog odstojanja od mjesta pada projektila.
4. Određivanje zone smrtonosnog djelovanja projektila HE 130 mm M79 pri procesu prirodne fragmentacije u uvjetima visoke koncentracije ljudi na malom prostoru sa postojećim karakteristikama tla.
5. Spoljno-balistička analiza pogađanja urbanog dijela Tuzle, analiza rasturanja i definiranje zone mogućih tačaka pada projektila ispaljenih sa hipotetski definirane zone lansiranja iz topa 130 mm M46.

U sklopu zahtjeva za izradu izvještaja, dostavljena su mi sljedeće dokumenta:

1. Izvještaj mješovite komisije o granatiranju Tuzle 25.05.1995. godina od 26.05.1995. godine sa priložima, mješovita komisija;
2. Dopis MUP-a Tuzla upućen Tužilaštvu BiH o dostavi dokumentacije broj 08-02/3-04.3-492/07 od 03.12.2007. godine;
3. Službena zabilješka Prve policijske stanice Tuzla od 26.05.1995. godine;
4. Službena zabilješka Prve policijske stanice Tuzla od 26.05.1995. godine;
5. Službena zabilješka Prve policijske stanice Tuzla od 27.05.1995. godine;
6. Zapisnik o uviđaju, Viši sud u Tuzli broj Kri.29/95 od 25.05.1995. godine;
7. Fotodokumentacija, granatiranje Tuzla-Kapija broj 20-1/02-3-9-7-175/95 od 28.05.1995. godine;
8. Fotodokumentacija, granatiranje Tuzla-Kapija broj 20-1/02-3-9-7-175/95 od 28.05.1995. godine;
9. Fotodokumentacija, granatiranje Tuzla-II krajiške do br.17, broj 20-1/02-3-9-175/95 od 28.05.1995. godine;
10. Fotodokumentacija, granatiranje Tuzla-Moš Pijade do br.6, broj 20-1/02-3-9-174/95 od 28.05.1995. godine;
11. Naredba Novaka Đukića broj 01/378-722 od 02.09.1995. godine;
12. Naredba Novaka Đukića broj 01/378-622 od 24.08.1995. godine;
13. Zapovijest za napad broj 02-669/4 od 23.07.1995. godine, Novak Đukić;
14. Zapovijest za odbranu broj 01/175-1 od 25.04.1995. godine, Novak Đukić;
15. Referisanje komandantu 1 KK, broj 133-2 od 17.05.1993. godine, Mile Savić;
16. Izvještaj o stanju na ratištu broj 03/3-149 od 29.05.1995. godine, Manojlo Milovanović;
17. Naredba Momira Talića broj 195-1/95 od 28.05.1995. godine;
18. Naredba Momira Talića upućena 1. MAP-u broj 366-1/93 od 14.06.1993. godine;
19. Naredba za raspored artiljerije broj 189-1/95 od 25.05.1995. godine;
20. Obavještajni izvještaj broj 10/1-236 od 31.05.1995. godine;
21. Obavještajni izvještaj broj 10/1-235 od 30.05.1995. godine;
22. Izvještaj broj 1-53 od 15.05.1994. godine;
23. Redovni borbeni izvještaj broj 4-321 od 03.12.1994. godine, Mile Savić;

24. Svrha postojanja TG Ozren, broj 01/198-1 od 09.05.1994. godine;
25. Dijelovi košuljice granate (geleri) kom 178 kao i fragmenti izvađeni iz tijela 25 poginulih lica;
26. Karte, više komada.

Izveštaj je pisan u skladu sa postavljenim pitanjima iz zahtijeva Tužiteljstva, uz određene izmjene u redoslijedu.

Pored dostavljenih materijala, korišteni su i podaci sa kojima sam raspolagao.

Presjek dostupnih podataka o masakru mladih ljudi izazvanog djelovanjem artiljerijskog projektila dana 25.05.1995 u 20⁵⁵ sati na Tuzlanskoj kapiji.

Osnovni polazni dokumenti za analizu događaja koji se odigrao 25.05.1995 u 20⁵⁵ sati na Tuzlanskoj kapiji su bili sljedeći dokumenti:

Brantz C. L.: Izvještaj o istrazi UNPROFOR-a „Tuzla incident“ 25 maj 1995, Aerodrom Tuzla 270595, Komanda Sektora Sjevero-istok.

Zapisnik o uviđaju sačinjen od strane istražnog sudije Višeg suda u Tuzli Emina Halilčevića, broj kri. 29/95 Tuzla od 25.05.1995 god., a sačinjen 26.05.1995 god.

U prvom izvještaju se jasno navode sljedeći podaci:

- Tuzla je od strane UN-a proglašena za zaštićenu zonu i kao takva je bila cilj artiljerijskog napada 25. maja 1995.
- U vremenskom periodu od 19.03 sati do 20.46 sati Aerodrom Tuzla i bliža okolina pogođeni su sa 13 granata, od kojih su 4 granate direktno pogodile područje Aerodroma.
- U vremenskom razdoblju od 20.55 sati do 21.00 sat, grad Tuzla je pogođen sa 2 granate, od kojih je jedna granata (druga po redu) eksplodirala u centru starog dijela grada.
- U momentu kad je granata eksplodirala, oko 800 ljudi se nalazilo na ovom području, od kojih je oko 400 ljudi bilo u neposrednoj blizini, na trgu gdje se desio udar.
- Broj žrtava odmah nakon eksplozije je bio 66 poginulih na licu mjesta, 240 ljudi je teže i lakše ranjeno. Većina poginulih je bila u dobi od 16 do 27 godina.

U dijelu Izvještaja pod nazivom „Istraga“ konstatuje se da dana 26. maja 1995 god. Ministarstvo unutrašnjih poslova u Tuzli pristupa sprovođenju istrage koja ima za cilj da odgovori o tipu granate, pravcu iz kojeg je ispaljena, tipu oružja i lokaciji sistema oružja.

Istovremeno, dana 26. maja 1995. godine u 13.00 sati, zamjeniku Komandanta Sektora Sjevero Istok, pukovniku C. L. Brantzu, je naloženo da otpočne istragu u ime UNPROFOR-a. Svrha ove istrage bila je identična cilju istrage Ministarstva unutrašnjih poslova u Tuzli.

Zbog toga je odlučeno da se sprovede zajednička istraga UNPROFOR-a (UN Vojni posmatrači i Komanda Sektora SI) i bosanskih civilnih i vojnih vlasti.

Rezultati ove istrage su pismeno obrađeni i priloženi u ovom izvještaju i oni sadrže sljedeće osnovne podatke:

1. Granata 130 mm sa prednjim upaljačem (kontaktnim detonatorom)
2. Sistem oružja "M46 Artiljerijski sistem"
3. Pravac 270 stepeni plus/minus 10 stepeni
4. Lokacija oružja 20 km do 27 km
5. Činjenice potvrđuju da je artiljerijska granata 130 mm ispaljena iz sistema oružja sa udaljenosti od najmanje 20 km na naseljeno područje grada Tuzle.
6. M46 sistem oružja bio je lociran Zapadno od linije konfrontacije (CL) na uporištu Ozren.
7. Gledajući kvalitet M46, 130 mm granate i parametre, može se potvrditi da je stari centar, generalno uzevši, bio precizan cilj. Zbog toga se ne može isključiti direktno gađanje područja "KAPIJE".

U izvještaju, Anex B, navodi se da na dan 27.05.1995 god. su potvrđene sljedeće činjenice:

- Poginulo je 67 osoba,
- Pet osoba se traži i pretpostavlja se da su mrtve u vrijeme eksplozije,
- Ukupno je teško povrijeđeno 128 osoba, od čega je na intenzivnoj njezi 13 osoba,
- Ukupan broj žrtava je 195 osoba.

Narednik G2 Artiljerije Sektor sjevero-istok CHESHIRE u svom izvještaju Annex F, Appendix I od 27.05.1995 god. navodi:

„.....“

2. Analiza kratera/identifikacija gelera. Sprovedena je istraga i dokazane su sljedeće činjenice. Artiljerijska granata eksplodirala je na zapadnoj ivici trga prouzročivši da se većina gelera rasprska naprijed i na sve strane unaokolo popunjavajući tako trg sa stotinama komadića metalnih fragmenata. Pokusno je izračunato da je pravac ispaljenja 270 stepeni (4800 mils), nakon što su ovome dodane lokalne ispravke, to je 4870 mils koordinata (dozvoljena greška u analizi kratera od 100 mils). Vrsta municije je sljedeća:

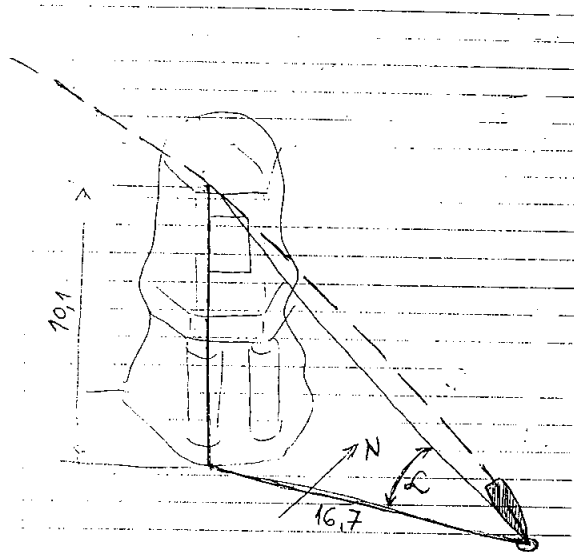
- Kalibar 130 mm
- Tip HE Frag
- Ident (projektil) OF-482 M (upotrijebljen sa jačim punjenjem)
- Oružje-M 46 vučna srednja haubica

O ovim pojedinostima vidi Anex B.

.....“

Ovaj dio je sklopu Izvještaja UNPROFOR-a, a ne Izvještaja zajedničke komisije.

U Annex F, Appendix 4 je izvršena prva analiza minimalnog ugla upada, na osnovu mjerenja parametara objekata u blizini mjesta događaja tj. najbliže zgrade u pravcu doleta. Izvršeno je snimanje visine i udaljenosti zgrade u odnosu na mjesto eksplozije i određen minimalni ugao upada.



Sparbanken Väst

$$H = \frac{10,1}{16,7} = 0,6047904$$

$$\alpha = \arctan 0,6047904 = 31,16^\circ$$

$$\alpha = 31^\circ 10'$$

RUSSIAN MILS. 60-00
 $360^\circ : 60-00 = 0,06^\circ$
 $0,06-01 = 0,06^\circ$

$$\alpha = 31,16 \quad \alpha = 5-19$$

| RANGE | RUSSIAN MILS. | DEGREES |
|--------|---------------|----------|
| 20 000 | 5-08 | = 30,48° |
| 21 000 | 5-81 | = 34,84° |
| 22 000 | 6-78 | = 40,68° |

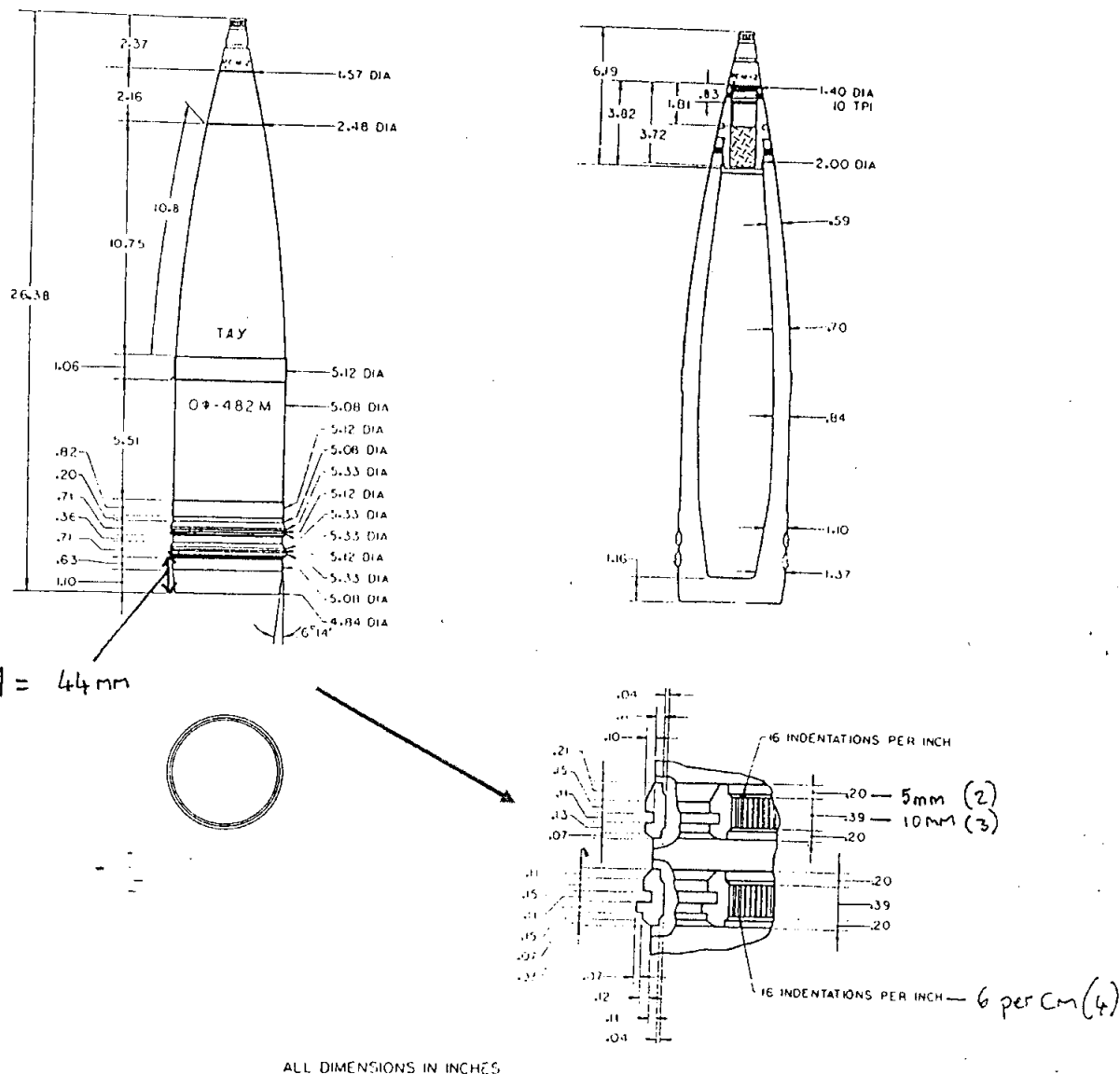
Zaključak
 Udaljenost sa koje je projektil ispaljen mjereno od mjesta pada projektila je veća od 20.000 metara.

Sl.1. Minimalni ugao upada

Napomena: Visina zgrade nije precizno određena i također podaci od dometu projektila 130 mm OF 482 za dati upadni ugao ne odgovaraju podacima iz tablica gađanja za artiljerijski sistem 130 mm M46 i projektil 130 mm OF 482.

U Annex F, Appendix 2 dat je veoma detaljan crtež ključnih dimenzija projektila 130 mm OF482 na osnovu kojih se može izvršiti identifikacija kalibra i tipa projektila (posebno segment oko vodećeg prstena).

ST-CW-07-29-71



Sl.2. Osnovne geometrijske karakteristike projektila 13 mm OF-482
(posebnu pažnju treba obratiti na segment projektila oko vodećeg prstena,
a koji je specifičan za ovaj projektil pri identifikaciji projektila)

U Izvještaju IUP HAUKLAND Brigadnog generala, Komandanta, Sektor Sjevero Istok upućenog General majoru Rupert Smith, Komandantu UNPROFOR-a Sarajevo, dana 28.05 1995 god. se navodi:

„Izvještaj sumira glavne dijelove istrage koju sam naredio, a koja je sagledala sve raspoložive dokaze iz svih raspoloživih izvora da bi se došlo do konkretnih i na činjenicama baziranih zaključaka. Kao takav, ovaj izvještaj ima cilj da potvrdi početne nalaze do kojih se došlo neposredno nakon granatiranja, i da posluži kao vjerodostojan zapisnik o ovom događaju tako da zaključci ovog izvještaja ne mogu biti predmet nikakve sumnje.

Slijede zaključci izvještaja:

- a. Najmanje 195 žrtava je direktno izazvano prilikom pomenutog granatiranja, a od toga je bar 72 izgubilo živote.
- b. Smrti i povrede su bile direktno izazvane jednom (1) 130 mm visoko eksplozivnom artiljerijskom granatom sa kontaktnim detonatorom, ispaljenom iz M46 artiljerijskog sistema koja je udarila usred mase vojno neaktivnih civila, a koju je činilo nekoliko stotina ljudi oko 20:55 sati, 25.maja, 1995. godine,
- c. Sistem oružja je bio lociran zapadno od linije sukoba u području poznatom kao Ozrensko uporište na najmanje 20 km udaljenosti od mjesta udara uz 270 stepeni (plus-minus10 stepeni) povratnog azimuta.
- d. Lokacija udara granate, vrijeme kada je ispaljena i vrsta upotrijebljene granate pokazuje daje svrha granatiranja bila izazivanje maksimalnih žrtava među ranjivim vojno-neaktivnim civilnim stanovništvom.

Mora se istaći da uprkos užasu i tragediji koju je izazvao ovaj događaj, teror neselektivnog artiljerijskog granatiranja vojno neaktivnog civilnog stanovništva i dalje traje u Tuzli. Tako je u ranim jutarnjim satima 26. maja, kao i 27. maja, pa čak i danas, 28. maja još granata, sličnih onoj koju je izazvala tako mnogo bola i gubitaka života 25. maja, palo na područje Tuzle. Mnoga od ovih kasnijih granatiranja su bila blizu lokacije gdje se desio masakr nedužnih civila - mjesta gdje su ljudi došli da izraze svoju žalost za njihovim voljenima. Zbog toga sam prisiljen da zaključim da se ispaljenje granate uvečer 25. maja, 1995. godine, mora smatrati zločinačkim činom o kojem se i svjetska zajednica uopšte, a naročito Ujedinjene Nacije moraju oštro izjasniti u cilju progonjenja strana koje su krive, tako da se slični tragični događaji ne smiju ponovo desiti.“

U Izvještaju koji je uradio istražni sudija Višeg suda uz učešće predstavnika tužiteljstva i istražnih organa Ministarstva unutrašnjih poslova MUP-a Tuzla i CSB Tuzla se navodi:

- U večernjim satima Tuzlu su pogodile dvije granate, od kojih je jedna pogodila uži dio centra grad, lokalitet Kapija u 20⁵⁵ sati.
- U tom trenutku na mjestu eksplozije bilo je prisutno od 1000 do 1500 osoba.
- Poslije pregleda lica mjesta istražni sudija je sa uviđajnom ekipom odredio kriminalistički važne predmete, tragove i druge važne pojedinosti i detalje, nakon čega se pristupilo njihovom opisu, mjerenju, skiciranju, fotografisanju i video snimanju.
- U prečniku od 30 m oko mjesta eksplozije su nađeni brojni dokazi o velikom broju žrtava. Nađeni su dijelovi tijela stradalih, stopala noge, otkinute šake, ruke, dijelovi glave, kose, mozak, crijeva, krvave ulice i fasade obližnjih zgrada, razbacane lične stvari i dijelovi odjeće i obuće nastradalih, polomljena stakla i druga velika oštećenja na svim okolnim objektima, uništeni automobili i dr.
- Izvršena su mjerenja, fotografisanja i video snimanje mjesta gdje se dogodila eksplozija granate.
- Granata je udarila u pločnik- ulicu koja je popločana kamenim kockama, na udaljeno 2,65 metara od čoška zgrade u kojoj je smještena prodavnica " UK" gledano u pravcu gradske pijace, pored prvog desnog točka automobila "Golf" reg. oznake TZ 110 -777 i tu eksplodirala.
- Na pločniku su vidljiva oštećenja u vidu kratera promjera 50 cm.
- U samom krateru pronađeno je više metalnih fragmenata (gelera) od eksplodirane granate koji su uzeti i pohranjeni.

- Uz sam krater vidljivi su tragovi gareži.
- Automobil "Golf", a posebno njegov prednji dio u kojem je smješten motor je sav izbušen krhotinama granate raznih veličina i nepravilnog oblika.
- Članovi uviđajne ekipe stručnjaci za balistiku, artiljeriju i pirotehniku su nakon pregleda metalnih fragmenata granate, oblika "lijevka", odnosno kratera koga je načinila eksplozija, stepena oštećenja na okolnim objektima, tragova gelera na zidovima zgrada, automobila i dr. utvrdili da se radi o granati kalibra 130 mm koja je punjena visoko razornim eksplozivom.
- Granata je ispaljena je iz topa M-46, a pravac iz koga je doletjela je 270 stepeni u odnosu na sjever.

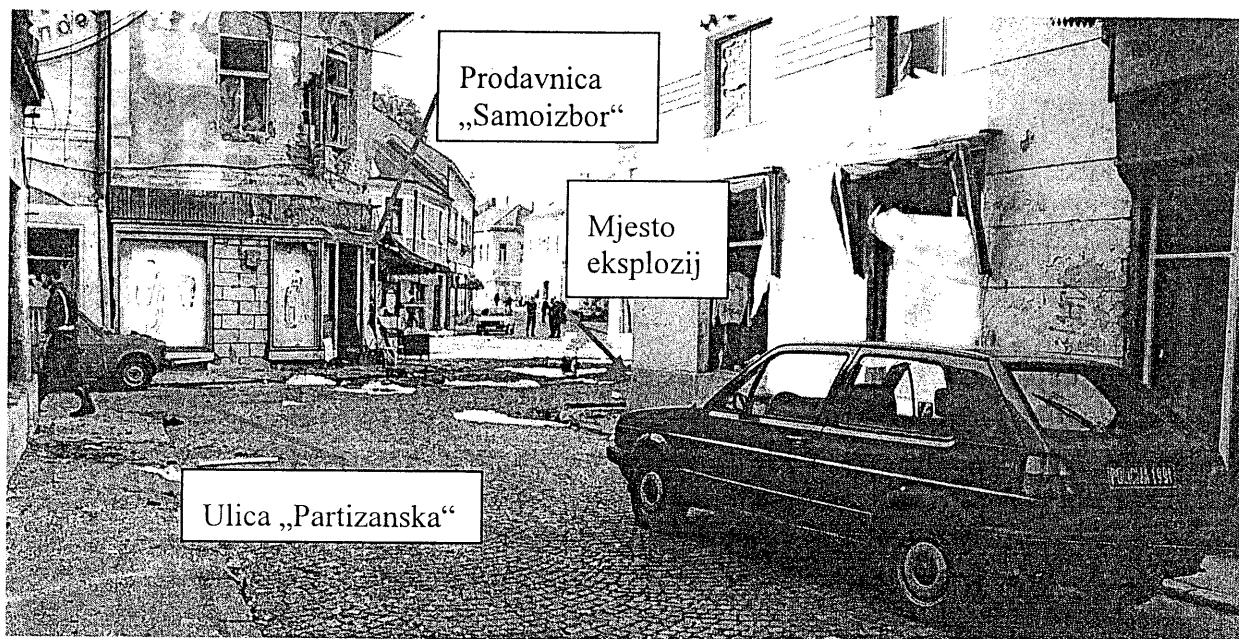
Zbog noćnih uvjeta prekinut je dalji uviđaj te noći i nastavljen je narednog jutra. Pri tome je šire mjesto događaja osigurano. Narednog dana je nastavljen uviđaj, ponovo je pregledano mjesto eksplozije, izvršena provjera mjerenja i prikupljanje dodatnih dokaza. Konstatovana su sljedeća oštećenja u neposrednoj blizini mjesta eksplozije:

U ulici Dr. Mujbegovića na prodavnici "Seljanka" polupana su stakla od izloga, a predmeti koji su bili u izlogu su razbacani po prostoriji prodavnice i oštećeni. Unutrašnjost prodavnice je oštećena gelerima granata. Fasadni zidovi su znatno oštećeni na više mjesta. U istoj ulici na broju 4 razbijeno je staklo na ulaznim vratima u prodavnici.



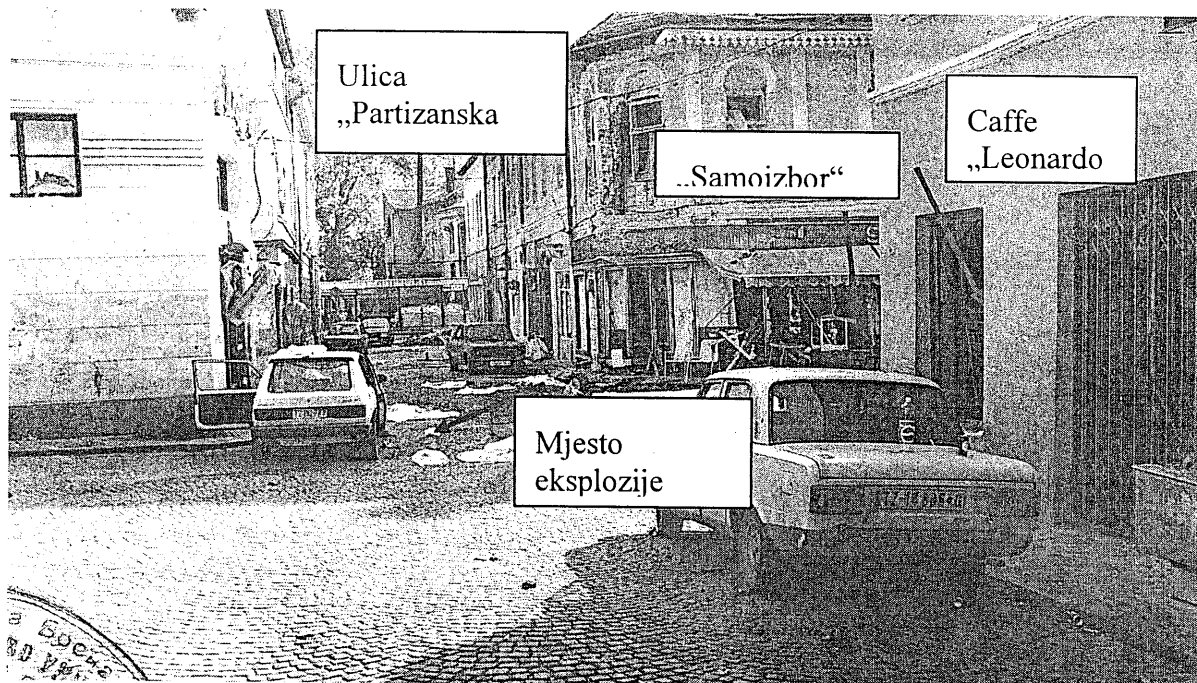
Sl. 3. Pogled na mjesto eksplozije i na prodavnicu „Seljanka“

U ulici Partizanska, na prodavnici "Butik Rifle" stakla na izlogu polupana, roba odnosno odjevni predmeti koji su bili u izlogu su razbacani po unutrašnjosti butika i oštećeni. Ispred butika "Rifle" putnički automobil "Zastava 101", plave boje, registarske oznake ZV 100 28 je znatno oštećen, stakla na istom su polupana a limovi su od krhotina granata izbušeni na više mjesta. Caffè „Fast food“ je znatno oštećen. Stakla na ulaznim vratima su polupana, polomljen je stakleni zid, plastične stolice ispred su polomljene i oštećene od gelera, pepeljare, šoljice za kafu i čaše su razbijene i rasute po ulici. Kod prodavnice "Komision", stakla na ulaznim vratima i izlogu su polupana a unutrašnjost oštećena od gelera granata. Preko puta prodavnice "Komision", željezne roletne kojima su prekrivena dva prozora od prodavnice "Seljanka" su na više mjesta izbušeni gelerima granata. Ispred zgrade na broju 9, parkiran putnički automobil "Zastava 101", plave boje je oštećen, prednja i zadnja šoferšajba i desni far su razbijene.



Sl. 4. Spoj ulice „Mustafa Mujbegović“ i trga „Kapija“

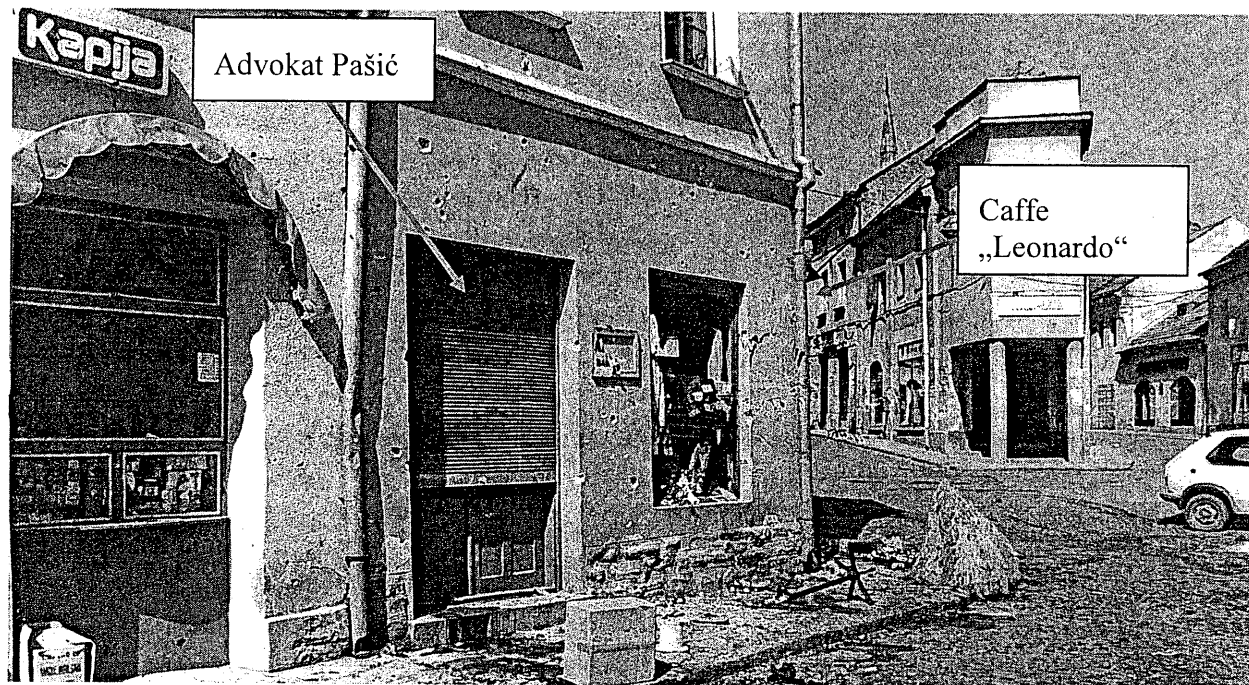
Na dva prozora poslovnog objekta u izgradnji do broja 18 su stakla polupana. Na ulaznim vratima caffe „Leonardo“ razbijeno je jedno staklo, prodavnica mješovite robe koja se nalazi do caffe „Leonardo“ je značajno oštećena, razbijena su donja stakla na ulaznim vratima i stakla na izlogu.



Sl. 5. Pogled na trg „Kapija“ i mjesto eksplozije

Iznad caffe „Leonardo“ razbijena su stakla na četiri prozora, butik do advokatske kancelarije "Pašić" je pretrpio veliku štetu. Na oba izloga stakla su polupana, a roba iz izloga kao i ostala roba koja se nalazila u unutrašnjosti je razbacana i potpuno uništena. Na advokatskoj kancelariji B. Pašić željezna roletna je izbušena gelerima granate, a stakla na ulaznim vratima razbijena. Samostalna trgovačka radnja "Kapija" je također pretrpjela oštećenja, stakla na izlogu i ulaznim vratima su polupana, te su u unutrašnjosti vidljiva znatna oštećenja. Na prodavnici "Sportska prognoza" staklo od izloga je razbijeno, na radnji Modna kuća "Nik", stakla na izlogu i ulaznim

vratima su polupana, odjevni predmeti koji su bili u izlogu su razbacani i potpuno uništeni, a unutrašnjost prodavnice je oštećena kao i roba koja se nalazila u istoj. Na prodavnici "Samoizbor" su sva stakla na izlozima polupane, kao i stakla na ulaznim vratima a roba odnosno odjevni predmeti koji su se nalazili u izlogu su razbacani i oštećeni. Unutrašnjost prodavnice je znatno oštećena kao i roba koja se nalazila na policama. Ispred prodavnice "Samoizbor" dva aparata za prženje kokica su znatno oštećeni. Sa suprotne strane, na prodavnici u ulici Nikole Tesle razbijeno je jedno staklo na izlogu.

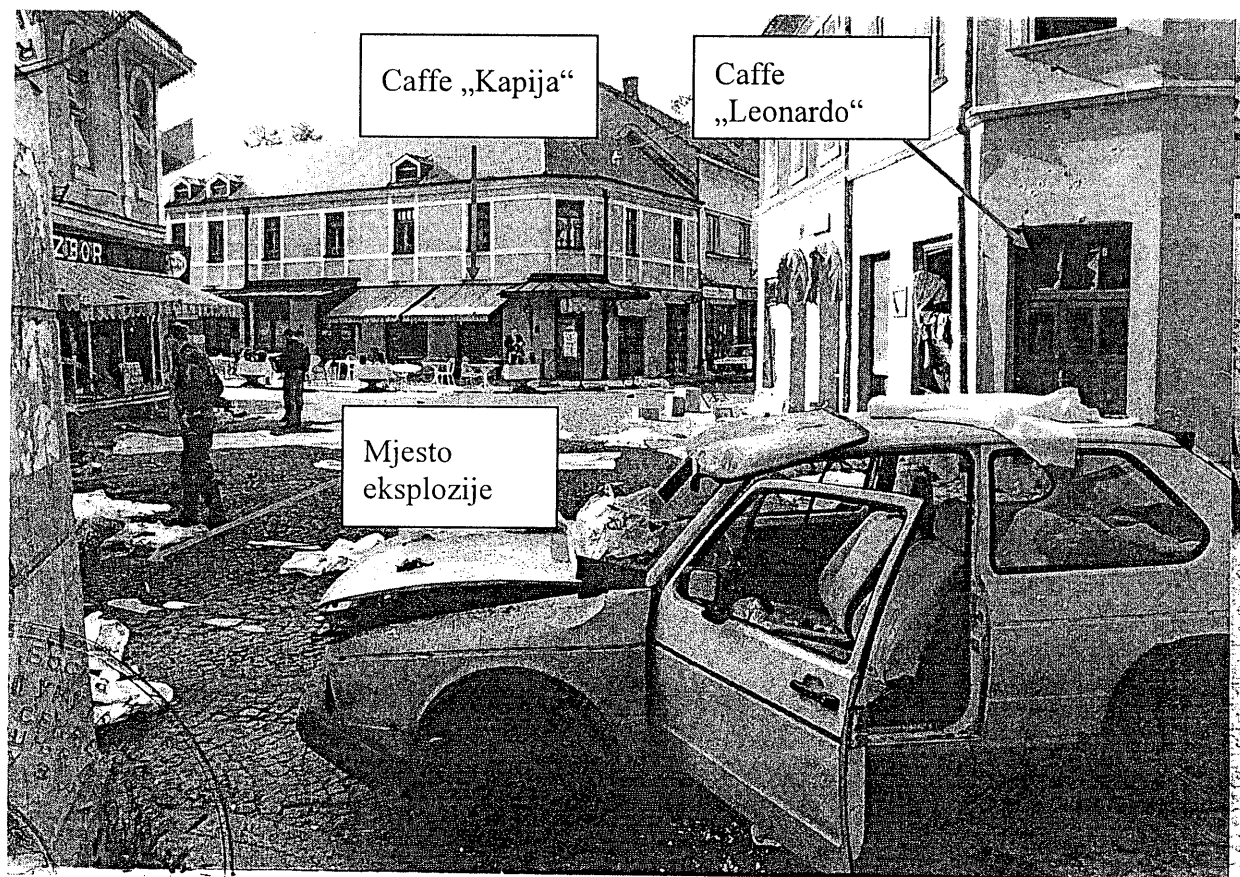


Sl. 6. Dio trga „Kapija“

U ulici Đ. Mihajlovića na prodavnici "Alhos" stakla na izlogu polupana, a jedno prozorsko staklo na privatnom stanu na broju 13 razbijeno.

U ulici Božidara Abadžije na prodavnici "Obuca - eksport import" stakla na ulaznim vratima su polupana, na vodoinstalaterskoj radionici stakla iznad ulaznih vrata i jedno staklo na izlogu su razbijena.

U ulici Maršala Tita, na prodavnici PTK "Obuća" dva stakla na izlogu su razbijena, na prodavnici "Ključ čarape" dva stakla na izlogu sa desne strane od ulaznih vrata su razbijena, na prodavnici "Mocca" jedno staklo na izlogu sa desne strane od ulaznih vrata je razbijeno, na prodavnici "Borac" tabla sa nazivom firme je izbušena gelerima granate. Caffè „Kapija“ je također pretrpio znatna oštećenja, stakla na ulaznim vratima su razbijena kao i stakla na dva prozora. Stolovi i stolice u bašti ispred objekta su oštećeni od gelera granate, čaše, šoljice za kafu, i pepeljare su polupane i razbacane.



Sl. 7. Pogled na trg „Kapija“ sa mjesta eksplozije

Pri završetku uviđaja 26.5.1995. god. u 10 časova i po nalogu istražnog sudije uvidajnoj ekipi su se priključila i stručna lica Ministarstva unutrašnjih poslova Republike-Federacije BiH, u sastavu Vejzagić Nedžad, načelnik odjeljenja kriminalističke tehnike MUP-a Sarajevo, Bosnić Nedim inspektor protiv terorističke grupe MUP-a Sarajevo, Turkušić Emir inspektor protiv terorističke zaštitne grupe MUP-a Sarajevo, i Jovičić Zlatan inspektor protiv terorističke zaštitne grupe MUP-a Sarajevo. Zadatak navedene grupe je bio da daju svoje stručno mišljenje u pogledu vrste oružja, kalibra i pravca iz kojeg je projektil došao.

S obzirom da su se vojni posmatrači Ujedinjenih Nacija saglasili da i oni učestvuju u istrazi odnosno u vršenju uviđaja, te da se i oni uključe u utvrđivanje činjenica u pogledu vrste oružja, kalibra i pravca iz koga je projektil ispaljen, to se sa tim istražni sudija saglasio, te su u zajedničkoj istražnoj ekipi pored naprijed navedenih lica učestvovali i vojni posmatrači Ujedinjenih Nacija i to: Major Wright iz Velike Britanije, Major Ong iz Malezije, Kapetan Janesen iz Holandije, Komandir eskd. Essien-vođa tima iz Nigerije, Narednik (ne načelnik) Cheshire - specijalista za artiljeriju.

Mješovita grupa odnosno Komisija je nakon izvršenog uviđaja uradila pismeni izvještaj, a koji je sastavni dio zapisnika Istražnog sudije.

Dokument Zapovijest Komandanta TG „Ozren“ za odbranu, broj 01/175-1 od 25.04.1995. godine, a izdata od strane pukovnika Novaka Đukićana strani bro. 4 navodi:

„Raspored Tav.130 i 155 mm sa sektorima dejstava u art. Podršci i neposrednom gađanju u z/o (zona odgovornosti) brigade:

- Top 130 mm... VP. r. Sočkovac (VP. R. znači vatreni položaj, rejon), neposredno radi u sektoru L. Lendići-d. Pribava, objekat Gračanica (z/o 1.Olpbr-zona odgovornosti Prve Ozrenske lake pješadijske brigade).

- Top 130 mm... VP. r. Panjik, posredno radi (dejstvo topa) AzoP 18,00 L. Devetak-d. Babice, objekat Lukavac, Tuzla (z/o 1.Olpbr i 2.Olpbr).
- Top 130 mm... VP. r. Panjik, posredno radi (dejstvo topa) AzoP 36,00 L. Mahovski vrh-d. Dolina, Alići, objekti Klek, Hajdarevići, Zavidvići (z/o 3.Olpbr, Prbr, Srbr i 4.Olpbr).
- Top 155 mm
-

Upotreba Tav 130 mm i 155 mm izvodi se po planu dejstva „TARA“ po odobrenju Komandanta TG „Ozren“, u koordinaciji sa NA TG-e.

U dokumentu Zapovijest za napad komandanta TG „Ozren“, broj 02-669/4 od 23.07.1995. godine, a koju je potpisao Komandant TG „Ozren“, pukovnik Novak Đukić se na strani broj 2 navodi:

„Dejstva podržava BrAG 1.Pr.lpbr, 1.Sr.lpbr i 4.Olpbr, a po zahtjevu komandant Borbenih grupa i TAV 155 mm i 130 mm TG „Ozren“ preko IKM TG (Istureno komandno mjesto Taktičke grupe).

.....

Načelnici artiljerijskih brigada sačinice planove vatri orudža i iste ucrtati na karti odluke komandanta TG „Ozren“, a izvode dostaviti komandantima jedinica u napadu. TAV 155 mm i 130 mm vrše podršku po zahtevu po već postojećem planu vatre.“

Artiljerijski sistem, Vučni top 130 mm M-46 sa municijom

Top 130mm M-46 je oružje za indirektno gađanje sa veoma velikom brzinom na ustima cijevi oružja i relativno velikim dometom (27.490 m).¹ Zemlja porijekla oružje je Rusija.

Top 130 mm M-46 se nalazi u sastavu topovskog bataljona artiljerijske brigade na nivo fronta ili armije. Također mogu biti raspoređeni kao manevarski divizion u sklopu divizijske artiljerijske grupe.

Top 130 mm M-46 je prvi put prikazan 1954 god., nalazi se u naoružanju mnogih zemalja, ali su mu performanse sada značajno slabije u odnosu na standardna artiljerijska oružja u svijetu.

Međutim, njegova važnost u ratovima na prostoru prethodne Jugoslavije je bila izuzetno značajna jer je po svojim performansama u pogledu dometa bio bez premca.

Top-haubica 152 mm M-84 NORA-A sa svojom HE municijom je imala manji domet za 3,5 km od topa 130 mm M-46, ali je bila efikasnija sa stanovišta smrtonosnog efekta.

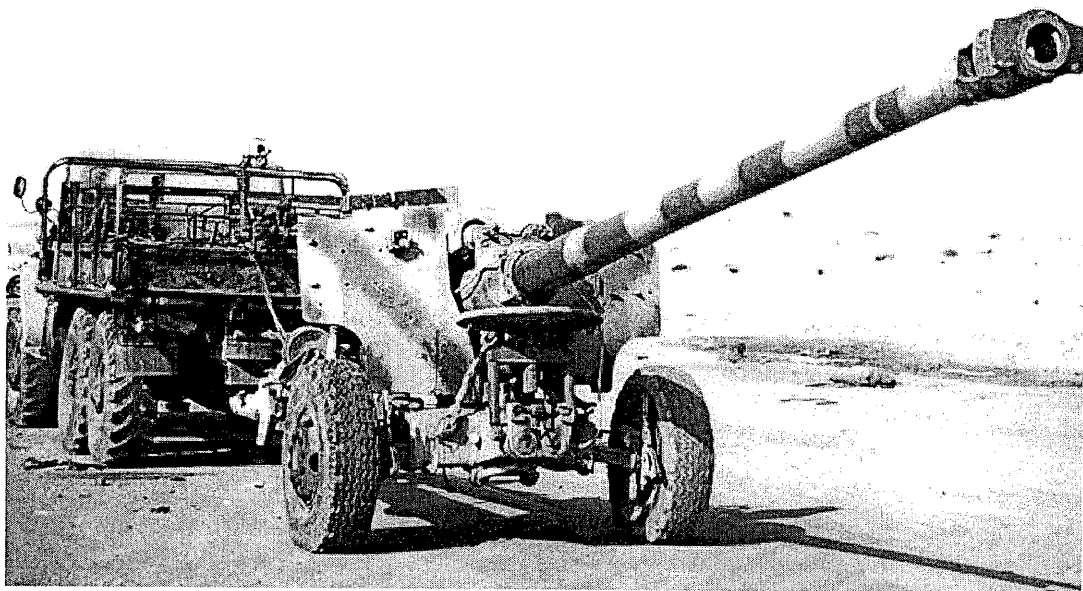


Sl. 8. Top 130 mm M-46 spreman za dejstvo

¹ <http://warfare.ru/?linkid=1576&catid=240>

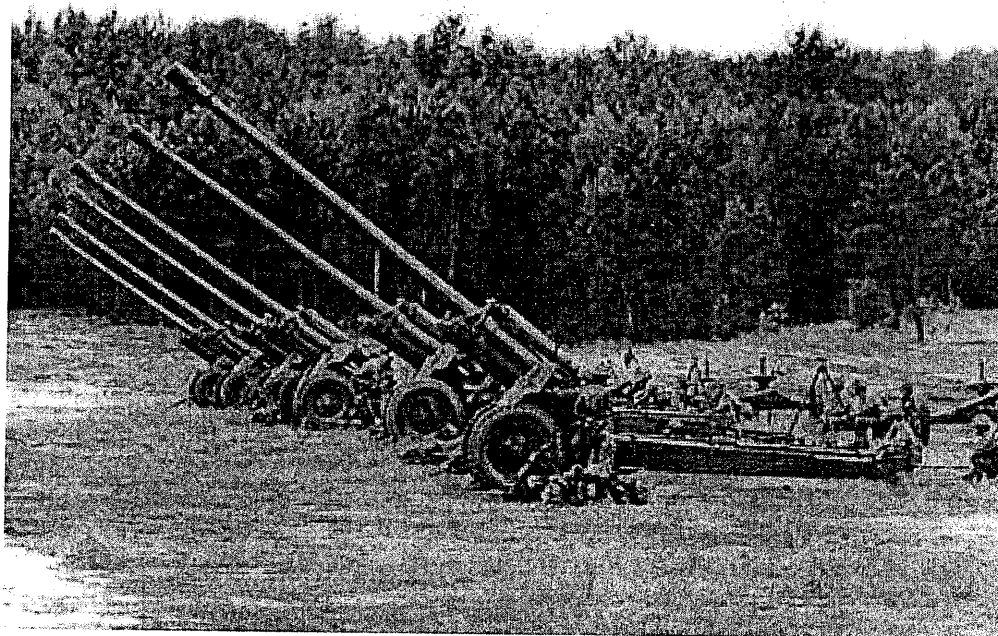


Sl. 9. Dejstvo topa 130 mm M-46 u Avganistanu

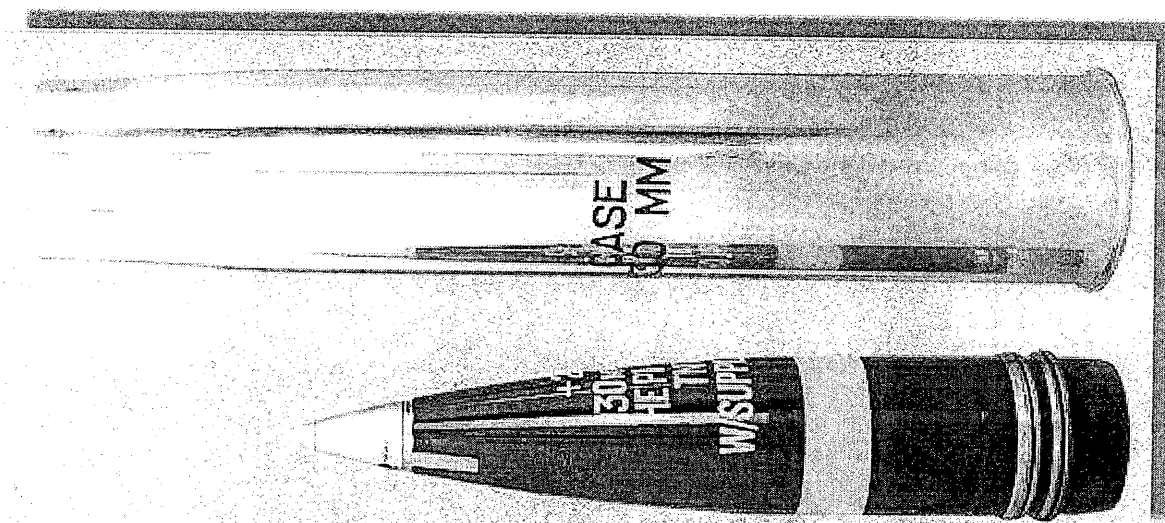


Sl. 10. Top 130 mm M-46 u marševskom položaju²

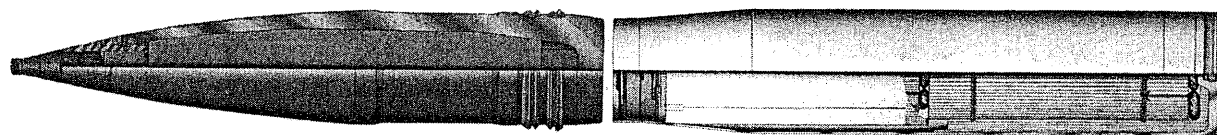
² <http://www.fas.org/man/dod-101/sys/land/row/m-46.htm>



Sl. 11. Topovi 130 mm M-46 u položaju za dejstvo



Sl. 12. Čahura i projektil 130 mm³



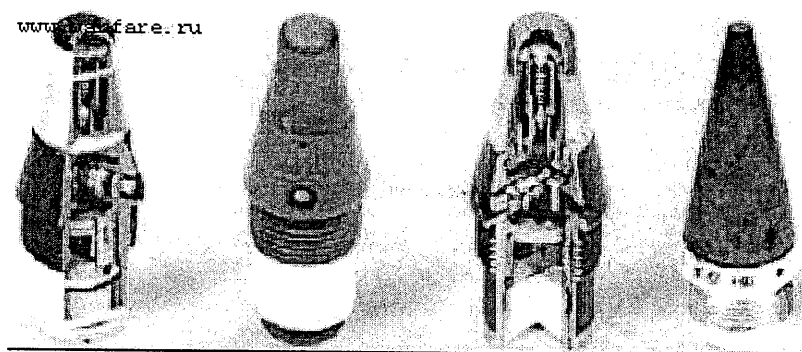
Sl. 13. Municija 130 mm M-79 (projektil, čahura sa punim punjenjem)⁴

³ <http://www.pof.gov.pk/products/130mmhe.htm>

⁴ <http://www.pretis.ba/index.html>



Sl. 14. Municija 130 mm (čahure, pogonska punjenja-puna i promjenljiva i projektili) ⁵



Sl. 15. Tipovi upaljača za municiju 130 mm

Posadu za rukovanje oružjem sačinjava osam članova.

Ovo oružje može da ostvari brzinu paljbe od 5-6 projektila u minuti.

Iz topa 130 mm M-46 se može koristiti municija sa punim i promjenljivim punjenjem, čime se postiže veća operativna zona djelovanja i na manjim dometima, odnosno može biti korištena visoko-eksplozivne municije (HE tip), oklopno-probojna, dimna, osvjetljavajuća i hemijska municija, a u novije vrijeme i municija povećanog dometa sa generatorom gasa (tip 130-mm Frag-HE, ERFB-BB). Visoko-eksplozivnu municiju je proizvodila tvornica „TITO“ Vogošća (poznatija kao PRETIS) pod oznakom municija TF 130 mm M79. Ruska municija prema nomenklaturi do 1990 god. je imala oznaku 130 mm OF-482, a prema novoj nomenklaturi 130-mm Frag-HE, OF-43.

⁵ http://tietokannat.mil.fi/kalustoesitytely/media/1082964697_130_K_54_Amptar.jpg

Karakteristike artiljerijskog oružja 130 mm M46⁶

| | |
|------------------------------------|--|
| Posada | 8 |
| Dimenzije i masa | |
| Masa u borbenom položaju | 7.700 kg |
| Masa u marševskom položaju | 8.450 kgt |
| Dužina izlijebljenog dijela cijevi | 30 kalibara |
| Ukupna dužina | 11730 mm |
| Visina do gasne kočnice | 2550 mm |
| Širina kolotraga | 2060 mm |
| Oružje | |
| Horizontalno polje dejstva | 50 ⁰ |
| Raspon elevacije | - 2,50 ⁰ to + 45 ⁰ |
| Brzina vatre u minuti | 5-6 projektila |
| Parametri projektila | |
| Oznaka HE projektila | M-79 ili OF-482M ili OF-43 |
| Masa projektila | 33.4 kg |
| Masa eksploziva TNT | 3,640 kg |
| Početna brzina projektila | 930 m/s |
| Maksimalan domet | 27.4 km |
| Upaljač | Prednji detonacioni (više tipova) ili blizinski |
| Mobilnost | |
| Maksimalna brzina vučenja na putu | 50 km/h |
| Maksimalna brzina preko zemljišta | 10-20 km/h |

⁶ Tablice gadanja za top 130 mm M46, Savezni sekretarijat za narodnu odbranu, Vojnoizdavački zavod, 1984.

Efekti djelovanja artiljerijskih HE (visoko eksplozivnih) projektila na cilju

U naoružanju artiljerijskih jedinica se nalaze HE projektili namijenjeni za uništavanje protivničkih vojnika i materijalnih sredstava kinetičkom energijom fragmenata tijela projektila nastalih prilikom njihove detonacije pri susretu sa ciljem. Pored HE projektila postoje i DPICM projektili ili projektili dvostruke namjene za djelovanje protiv pješadije i oklopnih ciljeva. Kao dopuna ukupnom djelovanju artiljerijskih jedinica koriste se osvijetljavajući i dimni projektili i rijetko u savremenim Armijama i oklopno probojni i HEAT projektili. Međutim, najveći broj projektili su projektili opšte namjene, odnosno HE projektili i njihovi primarni efekti djelovanja su efekat kinetičke energije fragmenata tijela projektila i efekat udarnog talasa produkata detonacije. Savremeni HE projektili u sebi sadrže 10-20% mase eksploziva od ukupne mase projektila.

Savremeni upaljači HE projektila mogu da imaju tri moda djelovanja, čime se može značajno naglasiti pojedini efekat na cilju. U slučaju primjene blizinskog ili vremenskog moda (djelovanje u vazduhu) postaje dominantan fragmentacioni efekt avionske projektila. Pri primjeni udarnog moda upaljača pri susretu sa ciljem, dominantan je efekat kinetičke energije fragmenata tijela projektila, a sporedan efekat udarnog talasa. Kod primjene moda upaljača sa kašnjenjem, HE projektil ima određene karakteristike probojnog projektila i osnovni efekat je rušeci efekat uzrokovan djelovanjem udarnog talasa produkata detonacije na sredinu u koju je prodro.

Upaljač u projektilu pokreće proces eksplozije koji se karakterizira veoma brzom egzotermičkom hemijskom reakcijom čvrstog eksploziva. Kako ta reakcija napreduje velikom brzinom, dolazi do pretvorbe čvrstog eksploziva u veoma vrele produkte detonacije koji imaju veliku gustinu i veoma visoke vrijednosti pritiska. Stvoreni produkti detonacije izazivaju širenje tijela projektila do nekoliko prvobitnih vrijednosti početnog volumena, prije nego što nastupi proces fragmentacije tijela. Produkti detonacije nastavljaju da se šire velikom brzinom stvarajući udarni talas.

Uopšte, pri djelovanju bojnih glava ili projektila postoje sljedeći mehanizmi ranjavanja:

- Ranjavanje zbog termičkih efekata,
- Ranjavanje zbog dejstva udarnog talasa (blast efekat),
- Ranjavanje zbog dejstva kinetičke energije fragmenata.

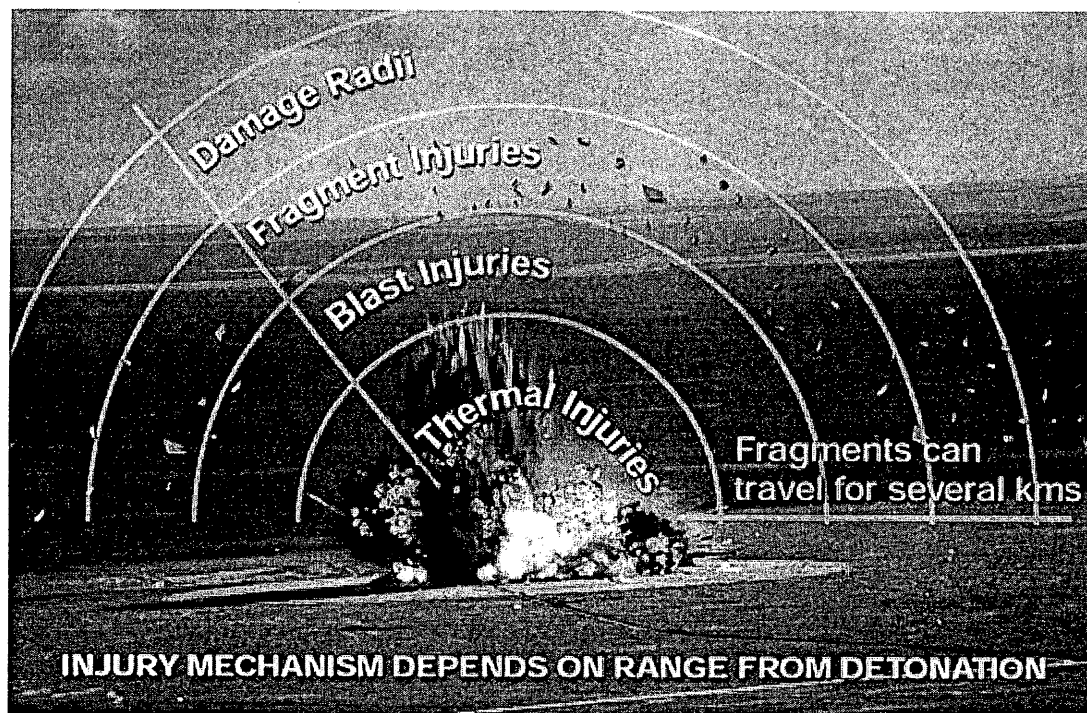
Termički efekat na ranjavanje bitno zavisi od veličine vatrene sfere i ovaj mehanizam ranjavanja nije dominantan kod artiljerijskih projektila.

Udarni talas se radialno širi u svim pravcima podjednako od centra eksplozije supersoničnom brzinom. Kako se udarni talas širi, tako pritisak opada naglo sa kubnim stepenom rastojanja od centra eksplozije i dolazi do rasipanja energije udarnog talasa u okolnu atmosferu. Promjena pritiska na određenim rastojanjima od centra eksplozije se mijenja u funkciji vremena veoma brzo (mjereno u hiljaditim dijelovima sekunde-milisekunde).

Blast efekat koji se javlja tokom procesa detonacije HE projektila se manifestuje u pojavi nadpritiska produkata detonacije i koji se kreće velikom brzinom od centra eksplozije. U trenutku eksplozije, pritisak produkata detonacije za eksploziv TNT je oko 200.000 bara i temperature od više od 3000 °C. Uslijed dejstva produkata detonacije, dolazi do naglog širenja metalnog tijela bojeve glave ili projektila. Novostvoreni volumen projektila ili bojeve glave može biti do nekoliko puta veći od prvobitnog volumena prije procesa detonacije i tada dolazi do pojave pukotina u tijelu bojeve glave i do pojave fragmentacije bojeve glave. Produkti detonacije

se šire od centra eksplozije i pri tome intenzitet tog udarnog talasa slabi sa udaljavanjem od centra eksplozije.

Međutim, nadpritisak tog talasa u zoni oko centra eksplozije može izazvati značajna oštećenja ljudskog tkiva ili rušenje fortifikacionih objekata.



Sl. 16. Mehanizam ranjavanja zavisi od rastojanja od centra eksplozije projektila

Smrtonosna zona uzrokovana djelovanjem udarnog talasa je značajno veća od zone uzrokovane termičkim utjecajima produkata detonacije. Ova zona značajno zavisi od udaljenosti od centra eksplozije i od tipa i mase eksploziva, odnosno moda na koji je podešen upaljač. Međutim, kod artiljerijskih HE projektila ova zona je relativno mala u odnosu na zonu dejstva kinetičke energije fragmenata tijela projektila.

Kada nastupi fragmentacija tijela projektila, broj fragmenta, njihov oblik i brzina bitno zavise od odnosa mase eksploziva i mase tijela projektila, karakteristika eksplozivnog punjenja (tip eksploziva, gustina) i karakteristika materijala tijela projektila i dizajna projektila. Zbog visokog pritiska unutar tijela projektila nastupa širenja bojeve glave (do nekoliko prvobitnih volumena) i dolazi do ubrzavanja metalnih dijelova, tako da parčad u trenutku fragmentacije mogu da imaju brzinu od preko 1500 m/s.

Predviđanje efekta udarnog talasa

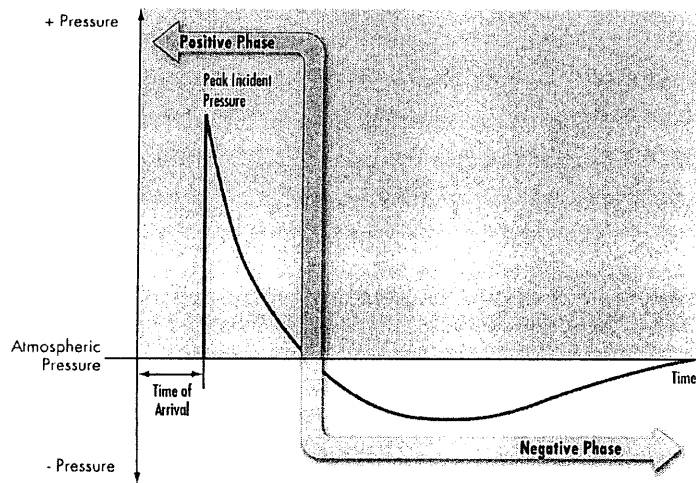
Obično su visoko eksplozivne bojeve glave ili HE projektili izotropski sistemi i njih karakterizira ravnomjerno prostiranje udarnog talasa u svim pravcima od centra eksplozije. Udarni talas je uniforman, pravolinijski i kreće se nadzvučnom brzinom.

Pri eksploziji se formira razarajući udarni talas (incident blast wave), kojeg karakterizira značajno povećanje atmosferskog pritiska na relativno maloj debljini udarnog talasa. Kada udarni talas prođe neku tačku na određenom rastojanju od centra eksplozije, pritisak se vraća na nivo ambijentalnog pritiska, ali u jednom kratkom vremenu se javlja i negativni pritisak (pritisak manji od atmosferskog pritiska). Faza trajanja negativnog pritiska u određenoj tački prostora je

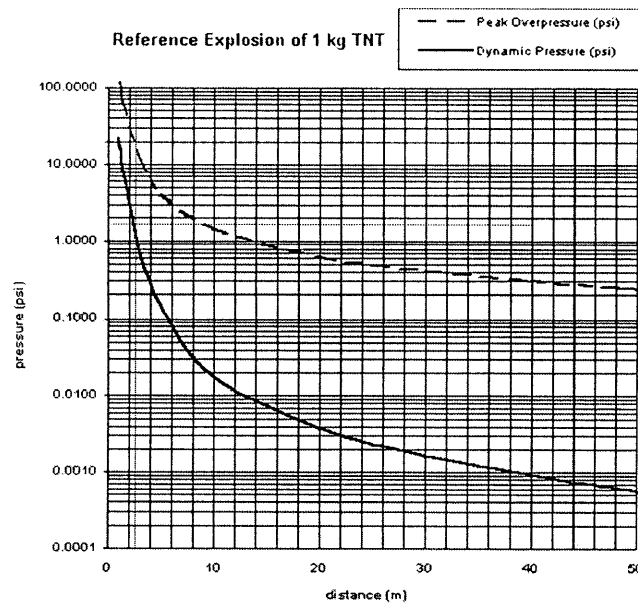
značajno veća od trajanja pozitivne faze (faze djelovanja udarnog talasa). Faza djelovanja pozitivnog talasa je značajno važnija za efekte razaranja cilja od faze negativnog pritiska.

Kada se pritisak udarnog talasa odbije od strukturu koja nije paralelna sa pravcem udarnog talasa, javlja se efekt refleksije udarnog talasa koji izaziva značajno povećanje pritiska. Taj novi pritisak se naziva reflektovani pritisak.

Udarni talas ima sinusoidalnu formu, pri čemu destrukcija prvenstveno nastupa uslijed djelovanja pika nadpritiska i on je proporcionalan sa $1/R^3$ pri izotropnom prostiranju (R-udaljenost od centra eksplozije)



Sl. 17. Promjena pritiska sa vremenom uzrokovana djelovanjem udarnog talasa u nekoj tački od centra eksplozije



Sl. 18. Dijagram procjene statičkog i dinamičkog pritiska pri eksploziji određene mase TNT¹ (Konverzija: 10 psi ekvivalentno 0,689474 bar)

¹ Principles of Naval Weapons Systems, Edited by CDR Joseph Hall, USN.

Predviđanje se bazira na procjeni efekta udarnog talasa a koji je baziran na eksperimentalnim podacima dobijenim za 1 kg eksploziva TNT.

Koristi se zakon

$$R = R_0 \cdot m_e^{\frac{1}{3}}$$

A koji pokazuje na kojem rastojanju od centra eksplozije će biti identični efekti eksplozije za novu masu eksploziva m_e .

U slučaju korištenja drugog tipa eksploziva, vrši se procjena ekvivalentne mase eksploziva istog energetskog nivoa, pomoću izraza:

$$m_{e\text{ TNT}} = m_{\text{exp}} \cdot RS$$

Gdje su:

R_0 - udaljenost od centra eksplozije mase eksploziva od 1 kg za koju je poznat parametar udarnog talasa, npr. nadpritisak.

R - udaljenost od centra eksplozije mase eksploziva m_e pri kojoj će biti identičan parametar udarnog talasa, npr. nadpritisak.

m_e -nova masa eksploziva TNT pri kojoj će biti isti efekti udarnog talasa na udaljenost R .

RS (relative strength)- relativna snaga eksploziva u odnosu na standardni vojni eksploziv TNT (broj veći ili manji od jedan).

Primjer:

Pri eksploziji 1 kg eksploziva TNT na udaljenosti od 0,9 m od centra eksplozije javi se pik nadpritisaka od 11 bar (izaziva smrt uslijed blast efekta kod ljudi). Odrediti na kojoj razdaljini od centra eksplozije će biti isti pik nadpritisaka pri eksploziji 3,6 kg TNT (slučaj kod projektila 130 mm M79 ili OF-482).

Procijenjeno rastojanje pri eksploziji 10 kg PTN i pri kome će pik nadpritisaka biti 0,28 bar je:

$$R = R_0 \cdot m_e^{1/3} = 0,9 \cdot 3,6^{1/3} = 1,39 \text{ m}$$

Kod projektila 130 mm M79 se na rastojanju 1,39 m od centra eksplozije nalazi ose pasna zona djelovanja uslijed udarnog talasa i nadpritisaka.

Određivanje skaliranog rastojanja Z

Teoretski i eksperimentalno je potvrđeno da udarni talas pri eksploziji se podvrgava zakonu trećeg korijena snage eksploziva, koji se naziva i Hopkins-Krantz skalirani zakon. Taj zakon se predstavlja preko skaliranog rastojanja Z , a koje podrazumijeva da svi eksplozivi koji imaju identične karakteristike udarnog talasa su funkcija tog rastojanja.

Pojednostavljeno rečeno, ako se znaju karakteristike jednog eksploziva mase m_1 na rastojanju R_1 , sa nadpritisakom p_1 , tada je moguće pri promjeni mase eksploziva sa m_1 na m_2 , odrediti npr.

udaljenost od centra eksplozije R_2 pri kome će pik nadpritiska udarnog talasa biti nepromijenjen. Na sličan način se mogu odrediti i ostali parametri udarnog talasa novog eksploziva.

Skaliranja vrijednost Z se može izraziti u obliku:

$$Z = \frac{R}{m^{1/3}} \left[\frac{m}{kg^{1/3}} \right] \text{ ili } Z = \frac{R_1}{m_1^{1/3}} = \frac{R_2}{m_2^{1/3}}$$

Gdje je R -rastojanje od centra eksplozije, a m -ekvivalentna masa eksploziva TNT. Za eksploziv TNT izvršen je proračun skaliranog rastojanja Z za ostale parametre udarnog talasa.²

Tabela. 1. Skalirane vrijednosti Z i parametri udarnog talasa
(Reference Chemical Explosion of one kilogram of TNT in air at 15 degrees C and 1.01325 bars)³

| Scaled Distance (meters) Z | Shock Mach Number M_s | Over-Pressure (atm) $\Delta p/P_a$ | Arrival Time (msec) t_a | Average Speed (m/s) σ | Shock Duration (msec) t_s | Impulse per Area (bar-msec) I/A | Waveform Parameter α |
|------------------------------|-------------------------|------------------------------------|---------------------------|------------------------------|-----------------------------|-----------------------------------|-----------------------------|
| 0.053 | 21.16 | 528.3 | 0 | — | — | — | — |
| 0.10 | 16.7 | 328.6 | 0.007 | 13500 | 7.777 | 5.72 | — |
| 0.15 | 13.65 | 219 | 0.017 | 8730 | 2.317 | 2.71 | — |
| 0.20 | 11.55 | 156.4 | 0.029 | 6920 | 0.978 | 1.76 | — |
| 0.25 | 9.99 | 116.9 | 0.043 | 5870 | 0.501 | 1.39 | — |
| 0.30 | 8.79 | 90.1 | 0.058 | 5150 | 0.29 | 1.23 | — |
| 0.35 | 7.82 | 71.2 | 0.076 | 4610 | 0.183 | 1.15 | — |
| 0.40 | 7.04 | 57.4 | 0.096 | 4180 | 0.125 | 1.11 | — |
| 0.45 | 6.38 | 47 | 0.118 | 3830 | 0.095 | 1.09 | — |
| 0.50 | 5.83 | 39 | 0.142 | 3530 | 0.084 | 1.07 | — |
| 0.55 | 5.36 | 32.8 | 0.168 | 3280 | 0.088 | 1.06 | — |
| 0.60 | 4.95 | 27.8 | 0.196 | 3060 | 0.109 | 1.05 | — |
| 0.65 | 4.6 | 23.9 | 0.227 | 2870 | 0.144 | 1.05 | — |
| 0.70 | 4.29 | 20.6 | 0.26 | 2700 | 0.191 | 1.04 | — |
| 0.75 | 4.02 | 18 | 0.295 | 2540 | 0.246 | 1.03 | — |
| 0.80 | 3.78 | 15.7 | 0.332 | 2410 | 0.304 | 1.02 | — |
| 0.85 | 3.57 | 13.9 | 0.372 | 2280 | 0.363 | 1.01 | — |
| 0.90 | 3.38 | 12.3 | 0.414 | 2170 | 0.419 | 1 | — |
| 0.95 | 3.21 | 11 | 0.459 | 2070 | 0.471 | 0.99 | — |
| 0.952 | 3.200 | 10.924 | 0.461 | 2067 | 0.473 | 0.993 | 4.000 |
| 1.00 | 3.05 | 9.83 | 0.506 | 1980 | 0.52 | 1.015 | 3.71 |
| 1.05 | 2.91 | 8.84 | 0.555 | 1890 | 0.565 | 1.039 | 3.46 |
| 1.10 | 2.78 | 7.98 | 0.606 | 1820 | 0.608 | 1.053 | 3.24 |
| 1.15 | 2.67 | 7.23 | 0.66 | 1740 | 0.647 | 1.058 | 3.03 |
| 1.20 | 2.56 | 6.57 | 0.716 | 1680 | 0.685 | 1.057 | 2.85 |
| 1.25 | 2.46 | 6 | 0.774 | 1620 | 0.72 | 1.051 | 2.68 |
| 1.30 | 2.38 | 5.49 | 0.834 | 1560 | 0.755 | 1.041 | 2.53 |
| 1.35 | 2.29 | 5.04 | 0.897 | 1510 | 0.788 | 1.028 | 2.4 |
| 1.40 | 2.22 | 4.64 | 0.962 | 1460 | 0.82 | 1.013 | 2.27 |
| 1.50 | 2.08 | 3.96 | 1.098 | 1370 | 0.862 | 0.98 | 2.05 |
| 1.60 | 1.97 | 3.41 | 1.242 | 1290 | 0.943 | 0.943 | 1.86 |
| 1.70 | 1.87 | 2.96 | 1.395 | 1220 | 1.001 | 0.905 | 1.7 |
| 1.75 | 1.83 | 2.77 | 1.474 | 1190 | 1.03 | 0.886 | 1.63 |
| 1.80 | 1.786 | 2.59 | 1.555 | 1157 | 1.058 | 0.867 | 1.56 |
| 1.85 | 1.748 | 2.429 | 1.638 | 1129 | 1.087 | 0.849 | 1.5 |
| 1.90 | 1.712 | 2.283 | 1.723 | 1103 | 1.115 | 0.83 | 1.44 |
| 1.95 | 1.679 | 2.148 | 1.809 | 1078 | 1.142 | 0.812 | 1.39 |
| 2.00 | 1.647 | 2.025 | 1.897 | 1054 | 1.17 | 0.794 | 1.34 |
| 2.05 | 1.618 | 1.912 | 1.987 | 1032 | 1.197 | 0.777 | 1.29 |
| 2.10 | 1.59 | 1.808 | 2.078 | 1011 | 1.224 | 0.76 | 1.25 |
| 2.15 | 1.565 | 1.711 | 2.171 | 990 | 1.251 | 0.743 | 1.21 |
| 2.20 | 1.54 | 1.622 | 2.265 | 971 | 1.278 | 0.727 | 1.17 |
| 2.25 | 1.518 | 1.54 | 2.361 | 953 | 1.305 | 0.712 | 1.14 |
| 2.30 | 1.496 | 1.464 | 2.458 | 936 | 1.331 | 0.696 | 1.1 |
| 2.35 | 1.476 | 1.393 | 2.557 | 919 | 1.357 | 0.682 | 1.07 |
| 2.40 | 1.457 | 1.327 | 2.656 | 903 | 1.383 | 0.667 | 1.04 |
| 2.50 | 1.422 | 1.209 | 2.86 | 874 | 1.434 | 0.64 | 0.99 |
| 2.60 | 1.391 | 1.105 | 3.069 | 847 | 1.485 | 0.614 | 0.94 |
| 2.70 | 1.363 | 1.015 | 3.281 | 823 | 1.535 | 0.59 | 0.9 |
| 2.80 | 1.338 | 0.93 | 3.498 | 800 | 1.584 | 0.567 | 0.86 |
| 2.90 | 1.316 | 0.865 | 3.72 | 780 | 1.63 | 0.546 | 0.82 |
| 3.00 | 1.296 | 0.802 | 3.94 | 761 | 1.68 | 0.526 | 0.79 |
| 3.10 | 1.277 | 0.746 | 4.17 | 743 | 1.73 | 0.517 | 0.76 |

² Morris N.: Lethality to Humans Due to Blast Effects from Buried Landmines, U. S. Army, Project Manager Instrumentation, Targets and Threat Simulators (PM ITTS), 2002 Mines, Demolition and Non-Lethal Conference

³ Harney R.: COMBAT SYSTEMS, Volume 3. Engagement Elements - Parts I & II, Electromagnetic Weapons & Projectile Weapons, Monterey, California, 2004.

Impuls pritiska

Sila izazvana dejstvom udarnog talasa je proporcionalna nadpritisku koji dejstvuje na određenu površinu. Impuls sile po jedinici površine izazvane nadpritiskom može se izraziti sljedećom aproksimacijom:

$$\frac{I}{A} = \frac{0,067 \cdot \left[1 + \left(\frac{Z}{0,23} \right)^4 \right]^{\frac{1}{2}}}{Z^2 \cdot \left[1 + \left(\frac{Z}{1,55} \right)^3 \right]^{\frac{1}{3}}}$$

Promjena pritiska udarnog talasa u funkciji vremena se može izraziti približno funkcionalnom zavisnošću:

$$p(t) - p_a = \Delta p \cdot \left(1 - \frac{t}{t_d} \right) \cdot e^{-\frac{\alpha \cdot t}{t_d}}$$

Gdje je $p(t)$ trenutni nadpritisk u vremenu t , a Δp je maksimalni pik pritiska u trenutku $t=0$, t_d je vrijeme trajanja pozitivne faze nadpritiska i α parametar oblika promjene udarnog talasa.

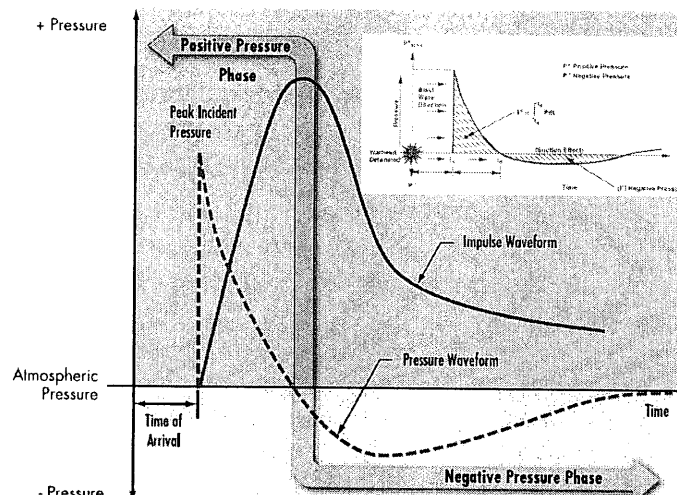
Impuls po jedinici vremena je integral po vremenu promjene nadpritiska:

$$\frac{I}{A} = \int_0^{t_d} [p(t) - p_a] \cdot dt = \Delta p \cdot t_d \left[\frac{1}{\alpha} - \frac{1}{\alpha^2} \cdot (1 - e^{-\alpha}) \right]$$

Impuls je mjera energije detonacije eksploziva koja se preda strukturalnim objektima

Pozitivne i negativne faze dijagrama pritisak vs vrijeme utječu na impuls. Intenzitet i raspored opterećenja uzrokovan udarnim talasom na strukturu zavisi od više faktora kao što su:

- Parametri eksploziva (tip, masa i energija eksploziva),
- Mjesto eksplozije u odnosu na strukturu (eksplozija u vazduhu, eksplozija na površini zemlje, eksplozija u tlu, položaj strukture u odnosu na pravac udarnog talasa),
- Interakcija između udarnog talasa i strukture, odnosno tla, a što može značajno utjecati na pojačan efekt impulsa pritiska (pritisak refleksije).



Sl. 19. Oblik promjene pritiska i impulsa udarnog talasa u funkciji vremena

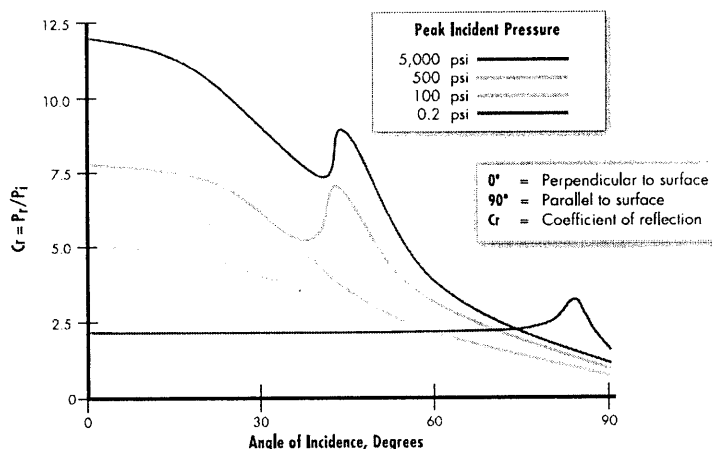
Efekti razaranja pri djelovanju udarnog talasa bitno zavise od intenziteta pika nadpritiska i trajanja djelovanja pozitivnog pritiska, odnosno od impulsa pritiska na površinu strukture koja je izložena razaranja.

Procjena oštećenja izazvanih nadpritiskom udarnog talasa

Reflektovani pritisak je uvijek veći od pritiska izazvanog samo udarnim talasom na istoj udaljenosti od centra eksplozije. Intenzitet reflektovanog pritiska značajno zavisi od položaja strukture u odnosu na pravca kretanja udarnog talasa. Najveća vrijednost reflektovanog pritisak se postiže kada je površina strukture normalna na pravac kretanja udarnog talasa, dok minimalna vrijednost reflektovanog pritiska je u slučaju kada je reflektirajuća površina strukture paralelna kretanju udarnog talasa. Odnos pika reflektovanog pritiska i pika pritiska udarnog talasa se naziva koeficijent reflektovanog pritiska:

$$C_r = \frac{P_r}{P_i}$$

Koeficijent reflektovanog pritiska je uvijek veći od jedan i može postići i vrijednost $C_r=13$.



Sl. 20. Koeficijent reflektovanog pritiska u zavisnosti od ugla djelovanja udarnog talasa na površinu strukture⁴

Vrijednost reflektovanog nadpritiska može u nekim slučajevima da postigne vrijednost veću za trinaest puta u odnosu na sam udarni talas, a što posebno ima značaja pri djelovanju udarnog talasa unutar zatvorenih prostora (zgrade, tuneli itd.).

Pri djelovanju artiljerijskog projektila 130 mm M79 koji ima oko 3,6 kg eksploziva TNT nastupit će ranjavanje osoba uslijed nadpritiska na otvorenom ili u zgradi ako se nalaze na udaljenosti par metara od centra eksplozije, a smrtonosni ishod će nastupiti ako je osoba izložena nadpritisku od 7-15 bar. Taj pritisak se javlja na udaljenosti nešto većoj od metra od centar eksplozije na otvorenom prostoru, dok u zatvorenom prostoru zbog djelovanja efekta refleksije, dolazi do pojačanog efekta udarnog talasa i sigurne smrti na većim udaljenostima od centra eksplozije. Tako u slučaju efekata djelovanja nadpritiska na trgu Kapija, kritični prostor je bio između automobila i vertikalnog zida zgrade. osobe koje su se zatekli u tom prostoru su bile izložene reflektovanom nadpritisku koji može biti do deset puta veći do osnovnog nadpritiska i ljudska tijela su bila izložena blast efektu i na većim odstojanjima od 1,4 m od centra eksplozije.

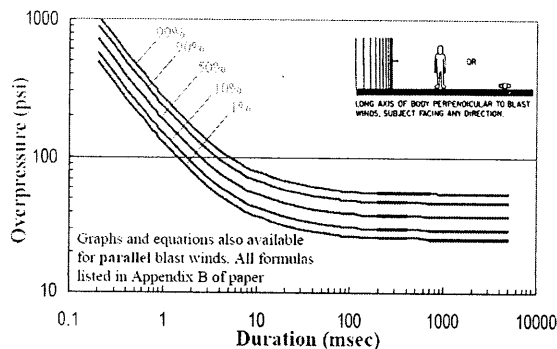
⁴ Anon: Explosive Blast, Unit VI, FEMA, www.fema.gov/library/file

Ranjivost čovječjeg tijela djelovanjem nadpritisaka udarnog talasa je značajna i iz sljedeće tabele se mogu procijeniti posljedice s obzirom na intenzitet nadpritisaka, tako i na vrijeme izloženosti čovječjeg organizma.⁵

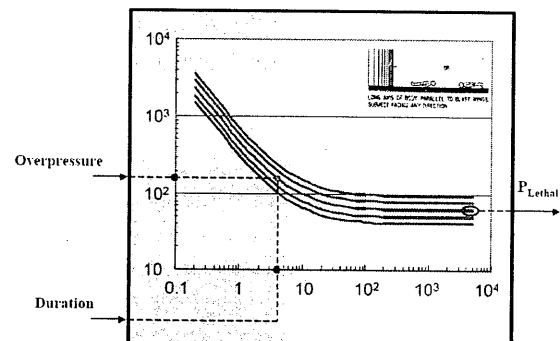
| Nadpritisak, kPa | Posljedice |
|--|--------------------------|
| 20-30 | 1 % prskanje bubne opne |
| 110 | 50 % prskanje bubne opne |
| 70 (trajanje 50 ms) 140-200 (trajanje 3ms) | Granica prskanja pluća |
| 190 (trajanje 50 ms) 400-500 (trajanje 3ms) | 1 % smrtnost |

Tabela br. 2. jasno pokazuje osjetljivost dijelova čovjekovog organizma na djelovanje kako pika pritiska udarnog talasa, tako i utjecaj impulsa pritiska na tijelo. Što je duži efekt djelovanja nadpritisaka, to same vrijednosti nadpritisaka mogu biti i niže (ali je veći integral pritiska vs vrijeme). Potrebno je ponovo naglasiti da su bitno različiti uvjeti djelovanja udarnog talasa na otvorenom prostoru u odnosu na djelovanje udarnog talasa u zatvorenim prostorima ili u urbanim sredinama koje imaju mnogo reflektirajućih površina (u slučaju trga Kapija, kritičan prostor je bio uz zid zgrade i posebno prostor između automobila i zida zgrade).

SPC Scientific Research Corporation Lethality Due to Shock Waves (Lovelace)



SPC Scientific Research Corporation Use of Lovelace Foundation Analyses



Sl. 21. Utjecaj nadpritisaka i vremena trajanja na smrtnost ljudi pri raznim položajima osoba⁶

Veoma je važno uočiti da položaj čovjeka u odnosu na pravac djelovanja udarnog talasa značajno utječe na vjerovatnoću smrtonosnih efekata uzrokovanih djelovanjem udarnog talasa (sl. 21.).

⁵ TB 700-2, NAVSEAINST 8020.8 B, DoD Ammunition and Explosives Hazard Classification Procedures, Washington, 1999.

⁶ Morris N.: Lethality to Humans Due to Blast Effects from Buried Landmines, U. S. Army, Project Manager Instrumentation, Targets and Threat Simulators (PM ITTS), 2002 Mines, Demolition and Non-Lethal Conference

Prirodna fragmentacija HE projektila

Kod projektili sa prirodnom fragmentacijom, kao posljedica početnog detonirajućeg impulsa upaljača, dolazi do pretvaranja hemijske energije eksplozivnog punjenja, smještenog u tijelu projektili, u toplotnu energiju produkata detonacije visoke temperature i pritiska u veoma kratkom vremenskom intervalu. Prilikom detonacije projektili generira se veoma visok pritisak (20-40 GPa) koji djeluje na njeno tijelo u svega nekoliko mikrosekundi. Ovaj pritisak, nastao detonacijom jakog eksploziva, mnogo je veći od čvrstoće materijala tijela projektili. U trajanju od nekoliko desetina mikrosekundi jedan kilogram mase eksploziva proizvede oko 1.000 litara ekstremno komprimiranih produkata detonacije. Kao posljedica takve transformacije energije, dolazi do širenja tijela projektili i njegove fragmentacije. Prema eksperimentalnim istraživanjima, prvobitni prečnik projektili povećava se i do nekoliko puta, prije nego što nastupi prirodna fragmentacija tijela projektili. Dio energije produkata detonacije apsorbira tijelo projektili, dio se gubi dekompresijom produkata detonacije, a samo oko 30% ukupne energije produkata detonacije transformira se u kinetičku energiju fragmenata.

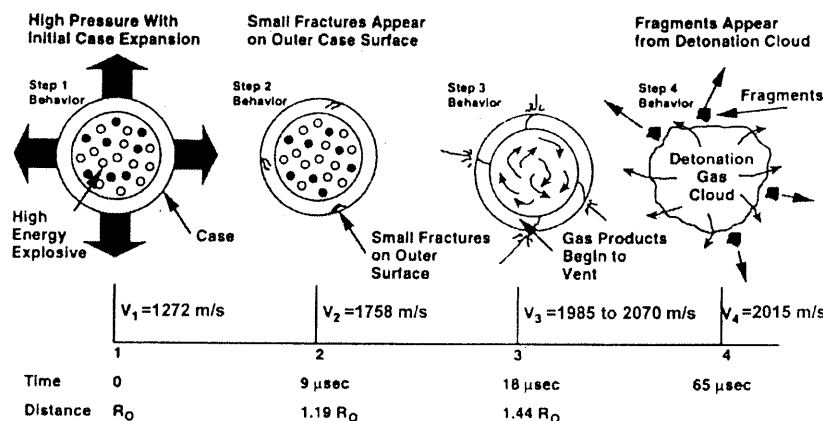
Pored kinetičke energije fragmenata, u zoni neposredno oko mjesta eksplozije javlja se udarni talas produkata detonacije projektili. Destruktivna sposobnost udarnog talasa projektili opada značajno sa udaljenošću od detonacijske tačke. S druge strane, fragmenti posjeduju značajnu kinetičku energiju, koja ih nosi do velikih udaljenosti.

Performanse projektili opšte namjene zavise od njezinog geometrijskog oblika i dimenzija, mase i tipa punjenja eksploziva, vrste materijala strukture tijela, načina i mjesta iniciranja eksploziva, tipa upaljača, varijacija od jedne projektili do druge i tehnološkog nivoa opreme. Brzina parčadi tijela projektili direktno zavisi od odnosa masa metala tijela projektili i mase eksploziva, detonacione brzine i gustine eksploziva. Podaci o brzini parčadi se prikupljaju primjenom elektronske ili optičke metode. Geometrija prirodnih fragmenata, njihova masena i prostorna distribucija je funkcija geometrije unutrašnjeg i spoljašnjeg plašta projektili, mehaničkih karakteristika tijela (čvrstoće na kidanje i žilavosti) i karakteristika eksploziva (fizikalnih i energetske).

Tokom prirodne fragmentacije projektili formiraju se fragmenti čije su veličine (mase i geometrija) u širokom rasponu u skladu sa slučajnom distribucijom. Ekspanzija tijela projektili nastaje uslijed dejstva produkata detonacije sve dok tijelo ne počne da se raspada u niz fragmenata različitih veličina. Prostorna distribucija fragmenata tijela projektili nije uniformna, tako da pri ispitivanju više projektili su moguća značajna odstupanja u broju parčadi i njihovoj veličini i obliku.

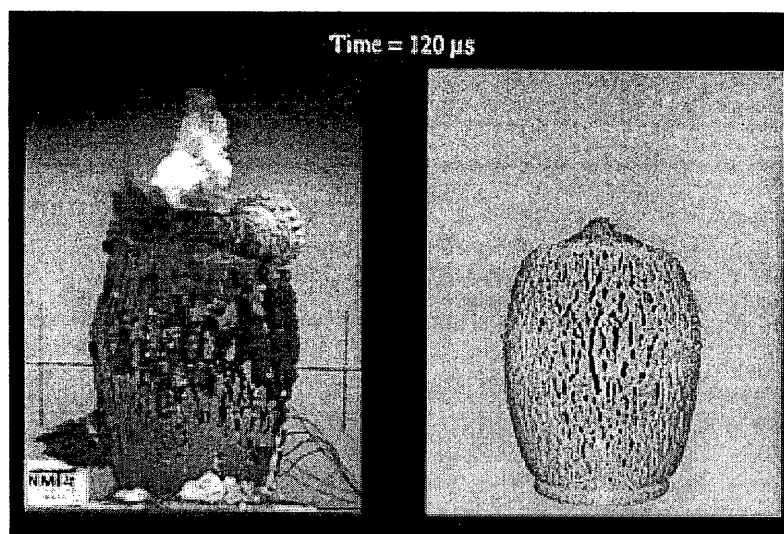
Produkti detonacije eksploziva izazivaju širenje tijela projektili do radijusa koji je čak dva puta veći od prvobitnog radijusa projektili. Maksimalna brzina parčadi (95 to 100% Gurney brzine) se postiže na kraju procesa ubrzanja metalnog tijela projektili (radijus oko 1.6 to 1.8 puta veći od početnog radijusa projektili).

Proces prirodne fragmentacije standardne projektili je proces od četiri faze koji počinju radijalnom ekspanzijom (širenjem) tijela projektili. Nakon iniciranja eksplozivnog punjenja i tokom kretanja fronta detonacije unutar projektili, dolazi do ekstremnog povećanja pritiska u veoma kratkom vremenskom periodu.



Sl. 22. Proces ekspanzije tijela projektili pri prirodnoj fragmentaciji⁷

Tijelo projektili počinje se širiti u zoni koja je zahvaćena detonacionim procesom i za otprilike $10 \mu\text{s}$ počinju se pojavljivati mikro-pukotine u metalnoj strukturi bojeve glave. Pritisak produkata detonacije nastavlja da raste, tijelo projektili se i dalje širiti, pri čemu su radijalna pomjeranja tijela dominantna u odnosu na aksijalna i, nakon približno $20 \mu\text{s}$, gasoviti produkti detonacije počinju izlaziti kroz pukotine na tijelu. Dolazi do formiranja novih pukotina i razvoja postojećih pukotina u tijelu projektili. Materijal tijela projektili izložen je dinamičkom opterećenju, sa brzinom deformacije do 10^4 s^{-1} . Tijelo projektili se nastavlja širiti sve dok unutrašnji pritisak, nastao ekspanzijom gasovitih produkata eksploziva, ne premaši strukturalnu otpornost projektili. Poslije otprilike $60 \mu\text{s}$ slijedi dezintegracija cjelokupnog tijela projektili i nastupa proces prirodne fragmentacije.

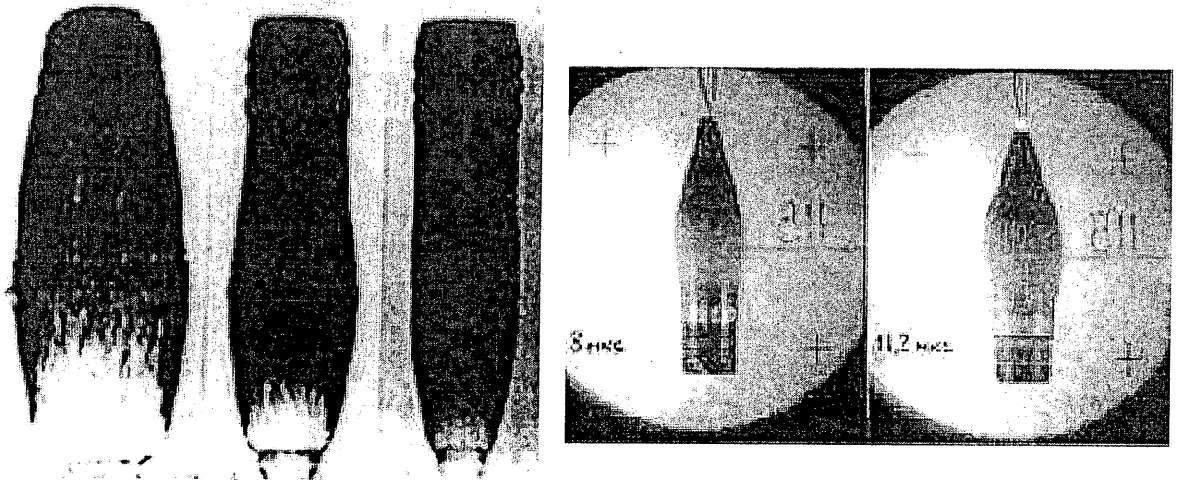


Sl. 23. Fragmentacija avio projektili Mk82 od 250 kg (vidljivo je značajno povećanje prvobitnog volumena bombe prije nego je nastupila fragmentacija tijela)⁸

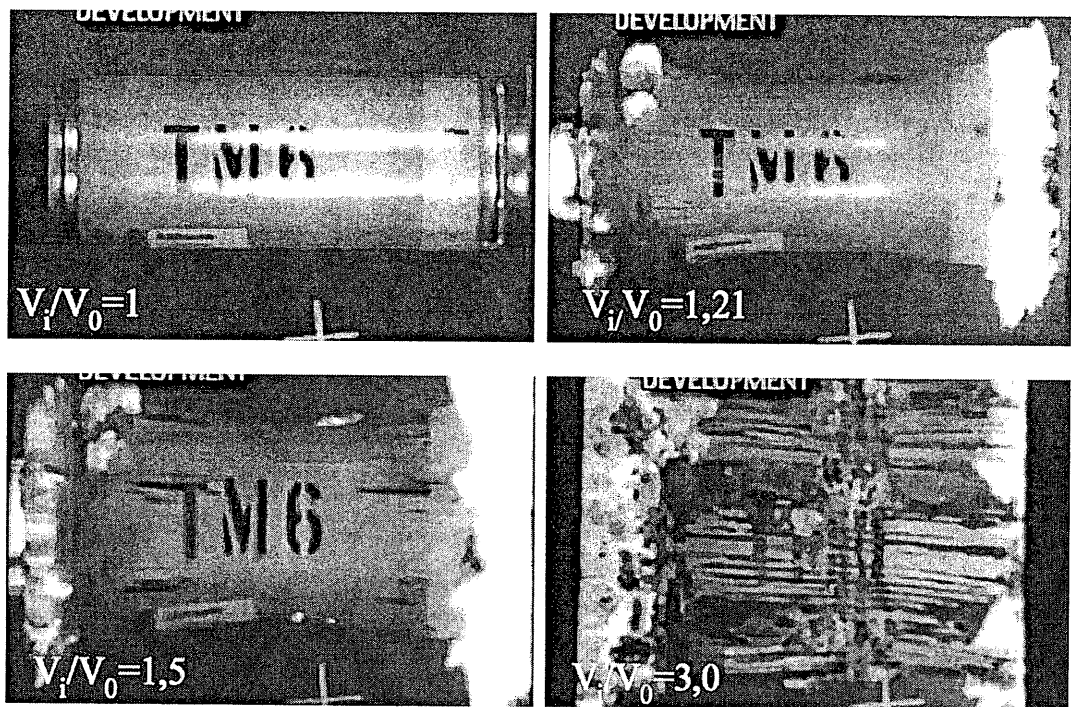
⁷ Lloyd R.: *Conventional Warhead System Physics and Engineering design, Progress in Astronautics and Aeronautics, Volume 179, AIAA, 1999*

⁸ EMRTC, *Computer Analysis, Fragment Calculation of a MK 82 Warhead*, <http://www.emrtc.nmt.edu/facilities/computer.html>

Zona smrtonosnog djelovanja fragmenata je značajno veća od zone djelovanja udarnim talasom. Brzina fragmenata kod uobičajenih projektili je oko 1500 m/s i domet pojedinih parčadi može biti više stotina metara pa do nekoliko kilometara.



Sl. 24. Faze širenja pri procesu detonacije artiljerijskog HE projektila snimljene Roentgen-pulse metodom⁹



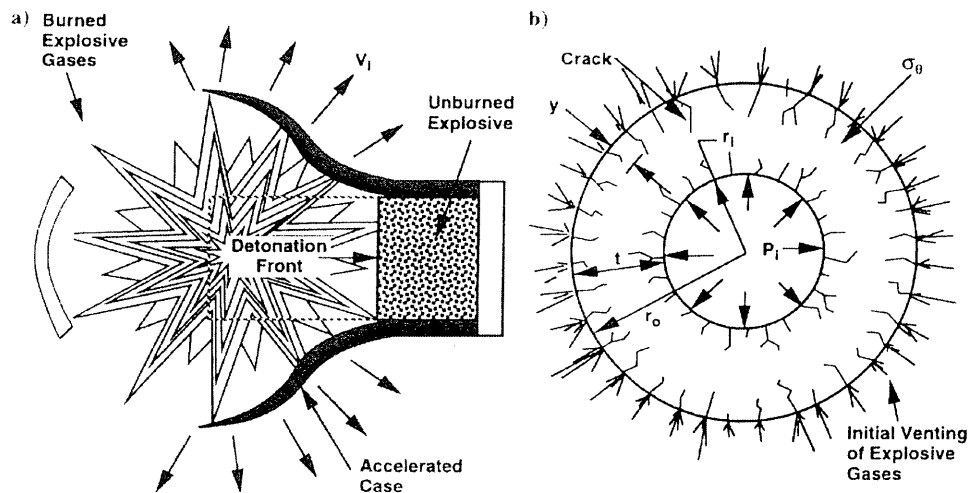
Sl. 25. Faze širenja bojeve glave pri detonaciji pri čemu se jasno vidi povećanje zapremine prije nego nastupe proces fragmentacije tijela¹⁰

⁹ Odintsov V.: Updating of high.explosive projectiles, Bauman Moscow State Technology University, <http://milparade.udm.ru/24/contents.htm>

¹⁰ Navy

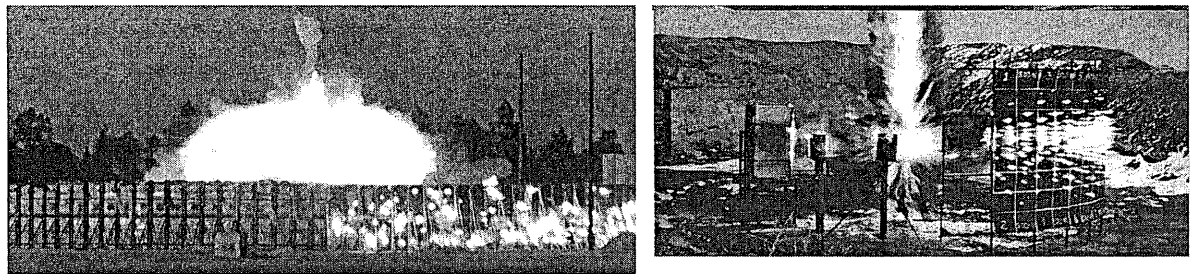
Za analizu bojnih glava sa prirodnom fragmentacijom u cilju procjene zone smrtonosnog djelovanja potrebno je poznavati:

- Geometrijske i masene karakteristike bojeve glave,
- Mehaničke karakteristike materijala tijela bojeve glave,
- Detonacione parametre eksplozivnog punjenja,
- Brzine fragmenata u trenutku fragmentacije,
- Udarne brzine i domet fragmenata,
- Masenu distribuciju fragmenata, i
- Prostornu distribuciju fragmenata.



Sl. 26. Širenju tijela bojeve glave praćeno je pojavama pukotina nakon kojih nastupa fragmentacija

Eksperimentalna istraživanja projektili, odnosno bojnih glava vršena u arena testu pokazuju da je značajan broj parčadi grupiran u centralnom snopu koji odgovara polarnom sektoru od 80° do 105° , mjereno od vrha projektili.^{11,12} Gustina fragmenata po steradianu mjeri se tokom eksplozije bojeve glave u areni, gdje je bojeva glava postavljena horizontalno na određenoj visini od tla.



Sl. 27. Ispitivanja u arena testu u cilju mjerenja prostorne distribucije fragmenata¹³

¹¹ Gold, V.; Baker E., Ng K. & Hirlinger J. (2001). *A Method for Prediction Fragmentation Characteristics of Natural and Preformed Explosive Fragmentation Munitions*, ARWEC-TR-01007,

¹² Anon (1983). *US Army Test and Evaluation Command Test Operations Procedure «Fragment Penetration Test of Armor»*, Report number TOP 2-2-722, ADA 125824.

¹³ <http://www.nawcwpns.navy.mil/r2/fs/SkyProp.htm>

Kada je potrebno samo procijeniti efikasnosti projektili ili bojnih glava sličnih karakteristika, tada se koristi arena kod koje se projektil postavlja vertikalno sa vrhom prema tlu. Poslije eksplozije projektili mjeri se broj pogodaka i broj prodora za svaki sektor posebno i zatim se određuje gustina pogodaka i prodora po m² za svaki sektor. Potom se određuje zakon promjene gustine parčadi po m² u funkciji udaljenosti i traži se ona udaljenost pri kojoj je gustina prodora jednaka 1 parče po m² površine. Ta udaljenost se naziva radijus efikasnosti te projektili i ona projektil koja ima veći radijus efikasnosti bi trebala da ima i veću zonu smrtnosti.

Istraživanja vršena 1985 god. u tvornici „PRETIS“, Vogošća sa zadatkom verifikacije tehnološkog procesa punjenja tijela HE projektila 122 mm, 125 mm i 130 mm metodom šnekovanja omogućavaju da se veoma precizno odrede parametri smrtonosnog djelovanja artiljerijskog projektila 130 mm M79.¹⁴

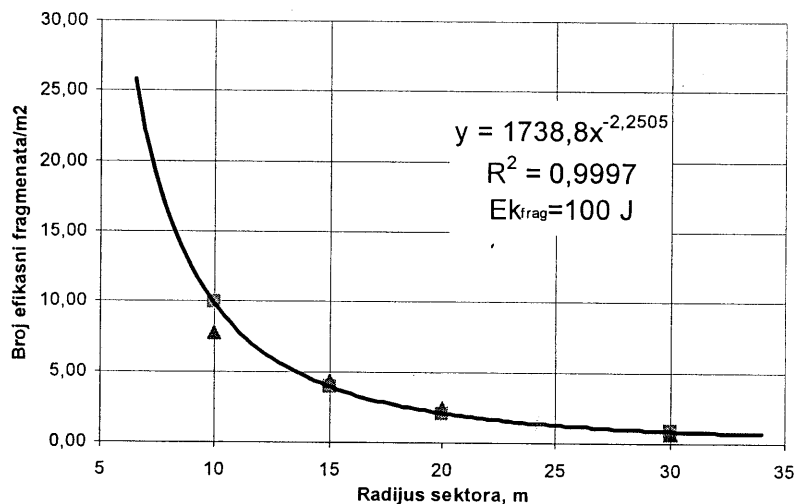
Izvršena su ispitivanja dva projektila u četvrtkružnoj areni, četiri projektila u Pit uređaju (jama), trideset projektila je ispitano na sigurnost u letu i trideset projektila na utjecaj vanjskih uvjeta na funkcioniranje projektila na poligonu u Nikincima.

Ispitivanja u četvrtkružnoj areni su izvršena dana 04.09.1985 god. na poligonu tvornice „PRETIS“ sa HE projektilima 130 mm M79, snabdjevenim upaljačima UTIU M72, a eksplozivno punjenje je bilo od TNT.

Ispitivanja u Pit uređaju su izvršena dana 11.09.1985 god. na poligonu „Plave vode“ sa HE projektilima 130 mm M79, snabdjevenim upaljačima UTIU M72, a eksplozivno punjenje je bilo od TNT.

Tokom ispitivanja projektila 130 mm M79 u četvrtkružnoj areni mjereno je broj fragmenata koji su pogodili i broj fragmenata koji su probili drvene sektore (jelova daska, debljine 25 mm) postavljene na 10 m, 15 m, 20 m i 30 m od centra eksplozije. Projektil je bio postavljen vertikalno u centru arene, sa vrhom usmjerene prema zemlji i aktivirao se električnim putem. Visina drvenih sektora je bila dva metra.

Obrada rezultata ispitivanja i sam tok ispitivanja je vršen po vojnom standardu JNA, SNO 5021. Fragmenti koji su probili drvene panele, debljine 25 mm su imali dovoljno kinetičke energije da ubiju ili nanesu teška oštećenja ljudskom tijelu, dok fragmenti koji su se zadržali u drvenoj dasci su imali manju kinetičku energiju i mogli su izazivati ranjavanje tijela i eventualno smrt u zavisnosti od mjesta pogotka.

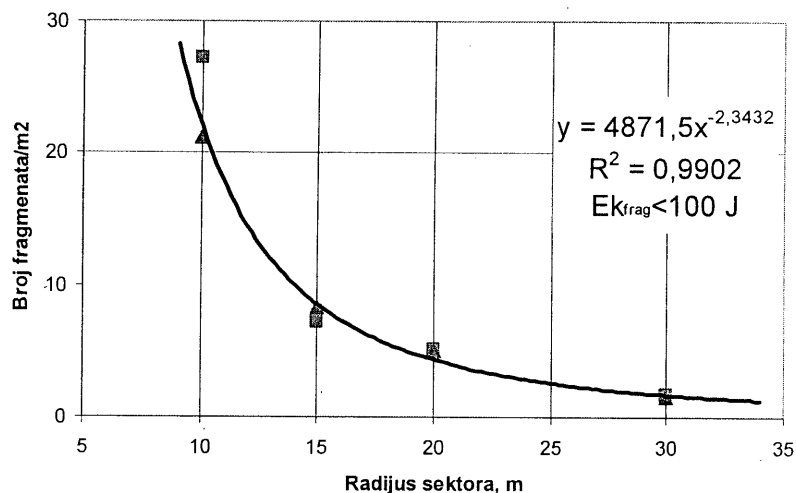


Sl. 28. Funkcija promjene broja efikasnih fragmenata od udaljenosti od centra eksplozije.

¹⁴ Tehnička dokumentacija za verifikaciju šnek uređaja ŠA-5, FTV, Vogošća, 1985.

Sa gornjeg dijagrama je jasno vidljivo da na udaljenosti od 27 m od centra eksplozije, svaka osoba koja je bila licem ili leđima okrenuta prema centru eksplozije je bila pogođena sa jednim smrtonosnim fragmentom (usvaja se da je tada površina projekcije čovječje figure jednaka 1 m²).

Brzina fragmenata u trenutku eksplozije je bila prosječno veća od 850 m/s, logično je da bi veći broj fragmenata jednostavno prošao kroz ljudsko tijelo i pogodio ljude koji bi se eventualno nalazili iza osobe koja je prva pogođena sa fragmentima. Time bi se broj osoba koje su pogođene smrtonosnim fragmentima višestruko uvećao jer čovječja figura nije homogen cilj.



Sl. 29. Funkcija promjene ukupnog broja fragmenata koji imaju kinetički energiju da izazovu smrt ili ranjavanje ljudi u zavisnosti od udaljenosti od centra eksplozije.

Iz gornjeg dijagrama je jasno vidljivo da pri prirodnoj fragmentaciji HE projektila 130 mm M79 gustina fragmenata (smrtonosnih i onesposobljavajućih) po površini je značajno veća nego na prethodnom dijagramu.

Fragmenti koji nemaju dovoljno kinetičke energije mogu također izazvati značajna ranjavanja ljudi.

Ekperimentalne metode ispitivanja prirodne fragmentacije HE projektila

Broj fragmenata, njihova masena i prostorna distribucija određuju se eksperimentalnim metodama, kao što su Pit test (fragmentacija bojeve glave u jami) i Arena test.

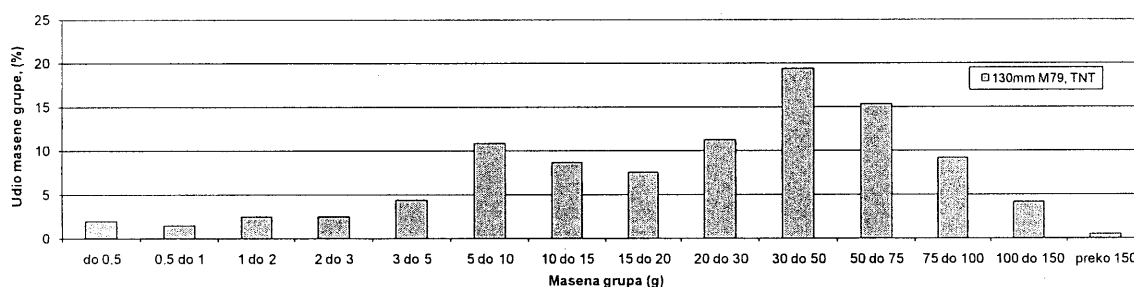
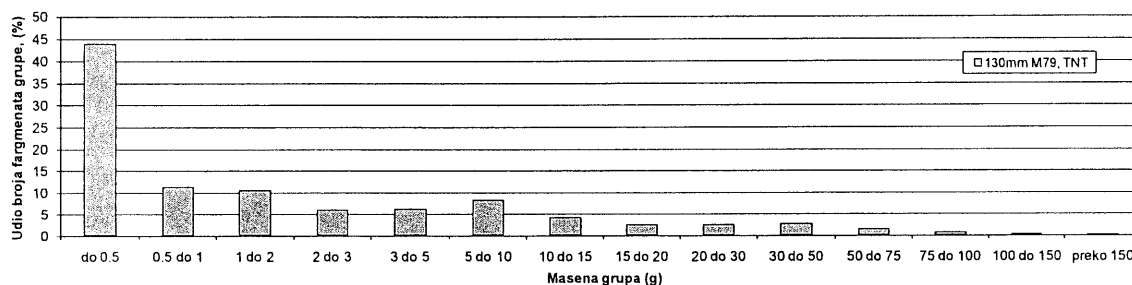
Parametri procesa prirodne fragmentacije određuju se analitičkim metodama, eksperimentalnim istraživanjima, i metodama numeričkog modeliranja. Težište istraživanja koja se vrše u USA je usmjereno ka razvijanju metode za predviđanje performansi procesa prirodne fragmentacije projektili, odnosno bojnih glava.¹⁵ Vrhunac istraživanja je razvoj CALE kompjuterskog programa koji može metodom numeričke simulacije da predvidi performanse dvo-dimenzionalne i tro-dimenzionalne osno simetrične bojeve glave.

Izvršena su ispitivanja četiri HE projektila 130 mm M79 u PIT uređaju. Masa projektila sa upaljačem je 33.400 g, masa upaljača UTIU M72 je 470 g, a masa eksploziva TNT je 3.640 g.

¹⁵ Gold V., Baker E., Ng K. And Hirlinger J.: *A Method for Prediction Fragmentation Characteristics of Natural and Preformed Explosive Fragmentation Munitions*, Technical Report ARWEC-TR-01007, US Army Armament Research, Development and Engineering Center, 2001.

Posle detoniranja projektila u PIT uređaju izvršena je masena analiza fragmenata i oni su grupirani prema standardu.

Jasno se uočava da je najveći broj fragmenata imaju masene grupe do 2 g i da pri prirodnoj fragmentaciji tijela HE projektila 130 mm M79 se formira od 4.000 do 6.800 fragmenata.



Sl. 30. Udio pojedinih masenih grupa u ukupnoj masi i broju parčadi kod HE projektila 130 mm M79

Kod HE projektila 130 mm M79 fragmenti mase do 10 g imaju 87% udjela u ukupnom broju fragmenata, dok u masenom udjelu čine samo do 28% ukupne mase metala projektila.

Vidljivo je da čak 56% broja fragmenata su mase manje od jednog grama.

Predviđanje zakona distribucije mase parčadi na osnovu podataka dobijenih eksperimentalnim ispitivanjima se uobičajeno vrši primjenom formule Mott-a ili njene modifikacije, odnosno formule za Held distribuciju mase parčadi. Svaka od navedenih formula ima određena manja ograničenja i moguće je kombinacijom navedenih formula ostvariti kompleksniji pristup predviđanju distribucije mase parčadi za razmatranu bojevu glavu. Sve ove formule su bazirane na eksperimentalnim istraživanjima prirodne fragmentacije bojnih glava u jami (pit facility) i pri arena testovima.^{16, 17, 18}

U SAD-u Mott-ova formula koristi se već duži niz godina za predviđanje masene distribucije fragmenata nastalih rasprskavanjem bojnih glava sa prirodnom fragmentacijom. Tamo gdje eksperimentalni podaci o fragmentaciji nisu dostupni Mott-ova formula daje dobra predviđanja

¹⁶ Garland O.: *The use of physics-Based Models to prediction fragmentation of ordnance*, Naval Air Warfare Center Aircraft Division, OMB NO. 0704-0188.

¹⁷ Anon: *Fundamentals of Protective Design for Convencional Weapons*, Deapartment of the Army Technical manual, TM 5-855-1, 1986.

¹⁸ Held M.: *Fragment Mass Distribution of HE Projectiles, Propellant, Explosives, Pyrotechnics*, 15, 1990.

masene distribucije fragmenata. Formula Mott-a daje zavisnost kumulativnog broja fragmenata od srednje mase fragmenata:

$$N(m) = \left[\frac{M_0}{(2 \cdot M_k^2)} \right] \cdot e^{-\sqrt{\frac{m}{M_k}}}$$

Gdje su:

$N(m)$ - kumulativni broj fragmenata,

M_0 - ukupna masa svih pronađenih fragmenata, i

M_k - parametar koji karakterizira masenu distribuciju fragmenata

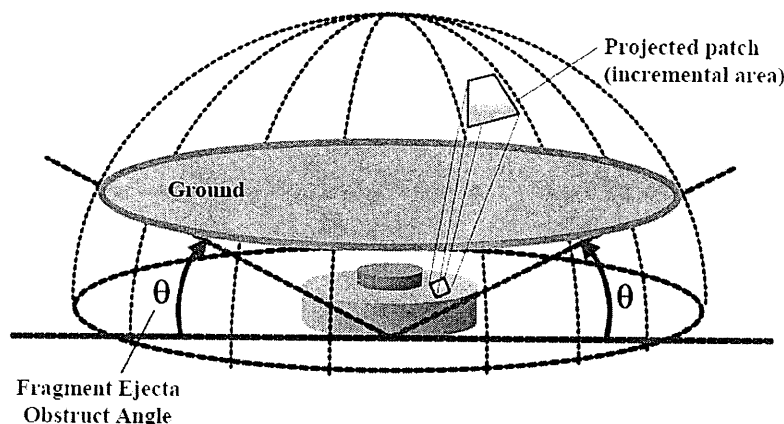
Parametar M_k funkcija je debljine košuljice t_i , unutrašnjeg prečnika bojeve glave d_i i eksplozivnog punjenja.

$$M_k = B \cdot t_i^{\frac{5}{6}} \cdot d_i^{\frac{1}{3}} \cdot \left(1 + \frac{t_i}{d_i} \right)$$

SPC Scientific Research Corporation **Ejected Fragment Flight Angles and Densities**

Assume:

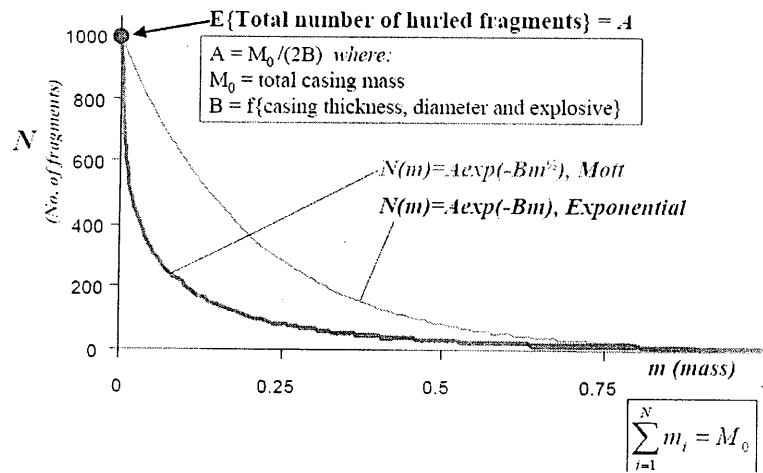
- Fragments eject at right angles to the surface.
- Fragment density is uniform on casing.



sl. 31. Prostorna distribucija fragmenata u trenutku eksplozije projektila (Morris, 2002¹⁹)

Konstanta u parametru M_k zavisi od vrste eksploziva. Vrijednost konstante B za eksploziv TNT je $115,98[(\text{gr})^{1/2}/(\text{m})^{7/6}]$. Za tijela projektili od čelika sa srednjim vrijednostima mehaničkih performansi vrijednost B se smanjuje sa povećanjem detonacionog pritiska i sa povećanjem tvrdoće tijela. Konstante t_i i d_i su ekvivalentna debljina stjenke košuljice i ekvivalentni unutrašnji prečnik košuljice bojeve glave, respektivno.

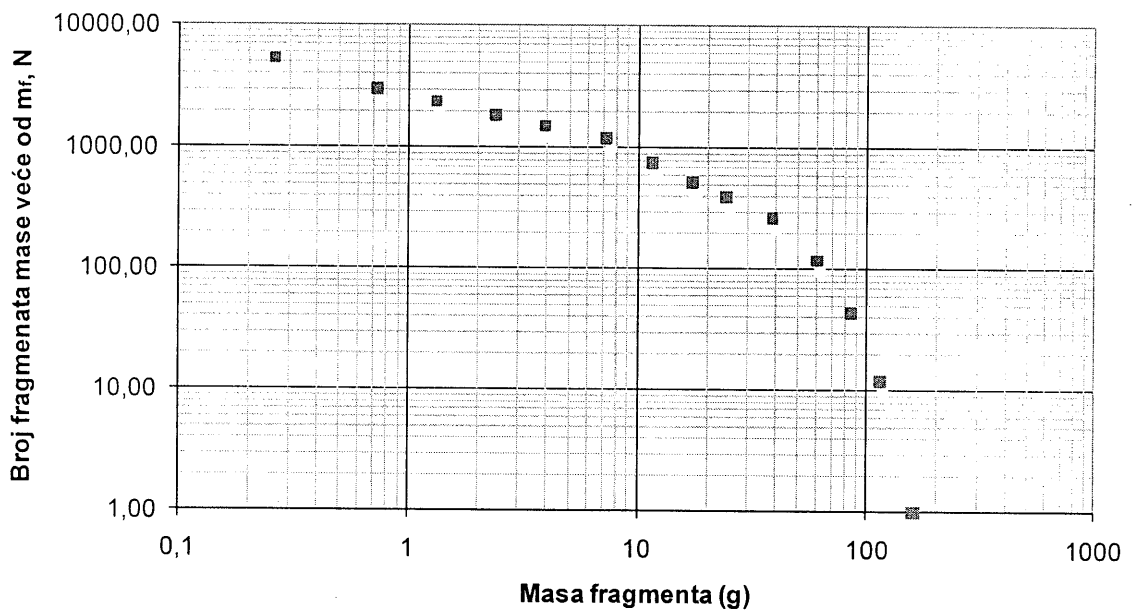
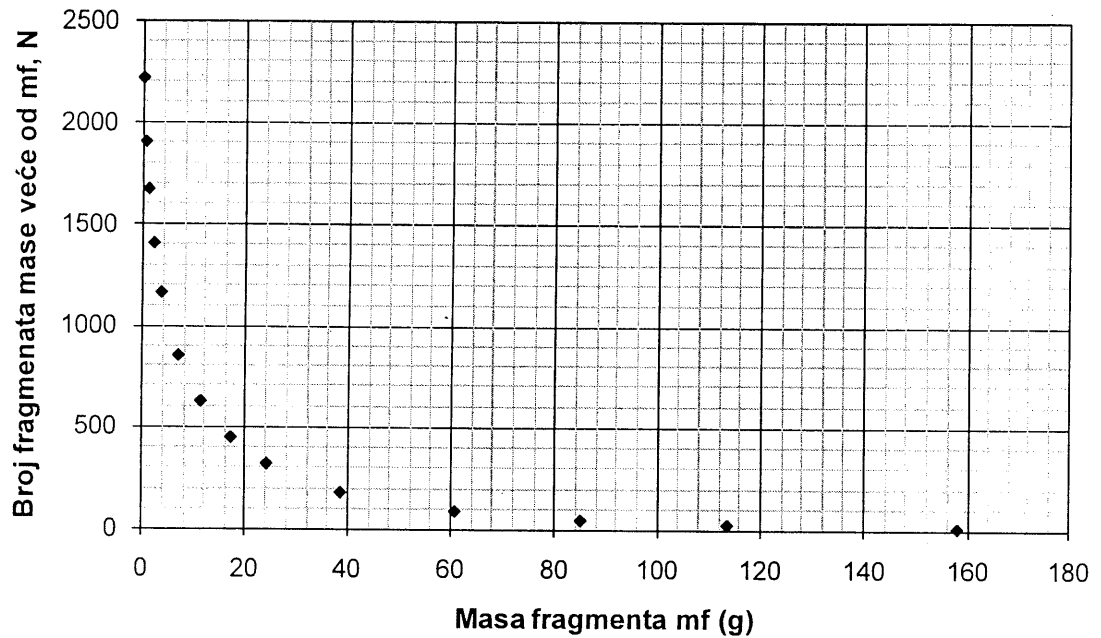
¹⁹ Morris N.: *Lethality to Humans Due to Blast Effects from Buried Landmines, U. S. Army, Project Manager Instrumentation, Targets and Threat Simulators (PM ITTS), 2002 Mines, Demolition and Non-Lethal Conference.*



Sl. 32. Mott-ova distribucija fragmenata tijela projektila pri eksploziji (Morris, 2002)

Sl. 33. Fragmenata HE projektila 155 mm M101 posle rasprskavanja u PIT uređaju

Analizom rasprskavanja više HE projektila moguće je uspostaviti zavisnost kumulativnog broja fragmenata od srednje mase fragmenata po metodi Mott. Na osnovu navedenih podataka za poznate projekte se može procijeniti ukupan broj fragmenata, koji je nužan za procjenu zone efikasnog djelovanja.



Sl. 34. Zavisnost kumulativnog broja fragmenata od srednje mase fragmenata po metodi Mott za HE projektil 130 mm M79

Na osnovu flash radiografije Held je razvio eksperimentalni pristup u kojem je masena distribucija fragmenata predstavljena kao funkcija broja fragmenata. Held-ova formula, ako se korektno primjeni, daje odličan opis masene distribucije prirodnih fragmenata, čak i kod različitih vrsta eksplozivnih punjenja.

Held je uspostavio relaciju

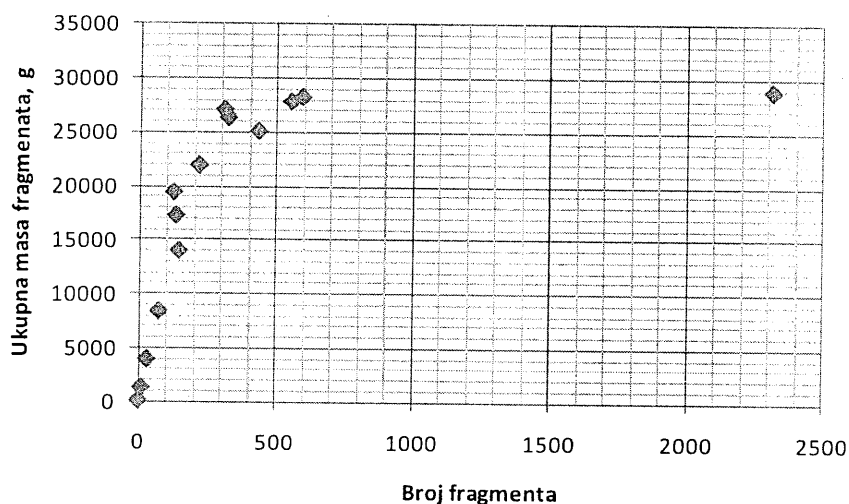
$$M(n) = M_0 \left(1 - e^{-Bn^2} \right)$$

Gdje su:

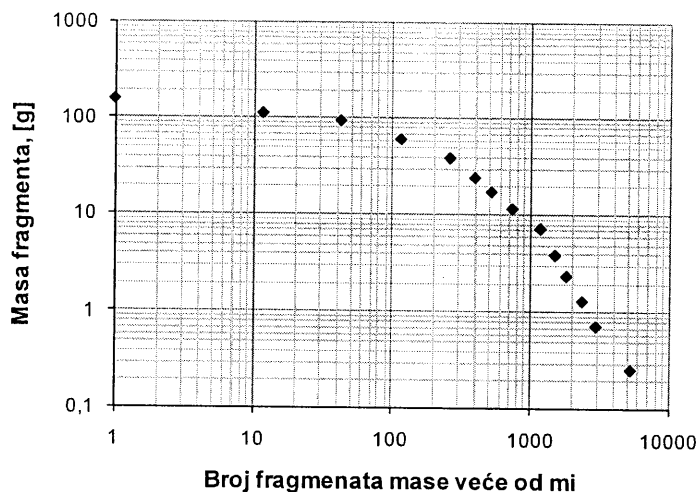
$M(n)$ - kumulativna masa fragmenata
 M_0 - ukupna masa svih pronađenih fragmenata
 n - kumulativni broj fragmenata
 B, λ - empirijski određene konstante

Metod koji je razvio Held daje drugačiju interpretaciju rezultata fragmentacije u odnosu na metod Mott.

Broj, masa i oblik parčadi pri prirodnoj fragmentaciji bojnih glava je definiran eksperimentalnim ispitivanjem kroz Pit test, a relativna procjena prostorne efikasnosti u osnovnim ispitivanjima u arena testu (upoređivanje radijusa efikasno djelovanja).

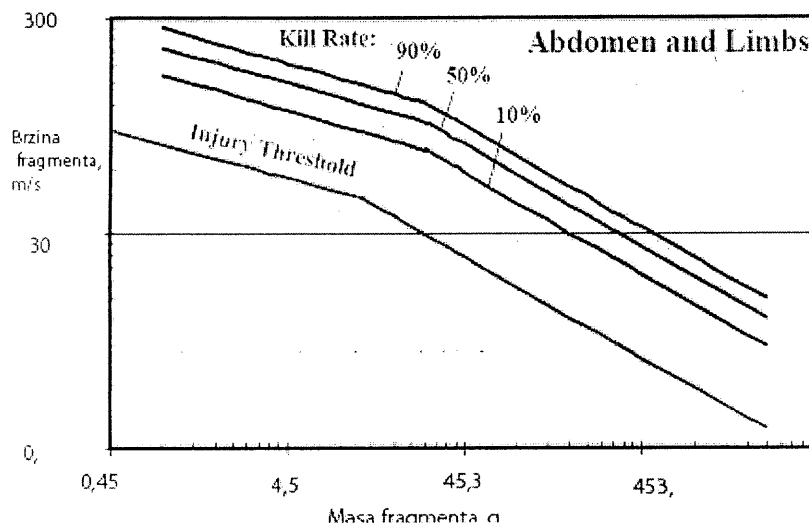


Sl. 35. Zavisnost ukupne mase fragmenata i broja fragmenata kod HE projektila 130 mm M79



Sl. 36. Distribucija fragmenata po metodi Held-a za HE projektil 130 mm M79

Na osnovu istraživanja koja su vršena u Science Research Corporation u definiranju kriterijuma ranjavanja napravljen je model koji jasno oslikava vezu između mase fragmenata, njegove brzine u trenutku udara u ljudsko tijelo i dijela tijela. Grafički se ta istraživanja mogu veoma jasno prikazati u narednom dijagramu.



Sl. 37. Kriteriji ranjavanja fragmentima projektili (Morris, 2002)

Jasno se vidi da pri pogotku fragmenta mase oko 0,5 g i brzine preko 300 m/s da je vjerovatnoća od teških povreda pri udaru u stomak ili udove tijela je 90%. Porastom brzine fragmenta, vjerovatnoća nanošenja smrtonosnih povreda se značajno povećava. Sa porastom brzine za 10 %, kinetička energija fragmenta se povećava za 21% itd. Pri brzini fragmenta od 500 m/s, kinetička energija fragmenta mase od 0,5 g je povećana za 277%. Nije potrebno naglašavati što to znači u slučaju trga Kapija, gdje na malom prostoru je bilo koncentrirano veoma mnogo mladih i od koji su većina stajala jedna do drugog (udari fragmenata u region stomaka i donjih udova).

Brzina fragmenata

Početna brzina fragmenata. Teoretska i eksperimentalna istraživanja pokazala su da početna brzina fragmenata nastalih fragmentacijom HE bojevih glava zavisi od odnosa mase eksplozivnog punjenja i mase metala tijela (košuljice) bojeve glave, kao i od mehaničkih karakteristika materijala košuljice bojeve glave, te vrste i gustine eksplozivnog punjenja. Podaci o brzini parčadi se prikupljaju primjenom elektronske, optičke ili x-ray metode.

Američki istraživač R. W. Gurney, još 1943. godine razvio je analitičke izraze koji se, uz manje modifikacije, i danas koriste za izračunavanje početne brzina fragmenata. Jednačina Gurney-a opisuje početnu brzinu fragmenata kao funkciju odnosa mase punjenja i mase metala košuljice i empirijski određene konstante (Gurney-eva konstanta).²⁰ Promjena početne brzine parčadi za pojedine segmente projektili određuje se prema metodologiji koja je izložena u radu Crulla.²¹

Jednostavan izraz za određivanje početne brzine fragmenata ili Gurney formula ima oblik:

²⁰ Karpp R.: and Predebon W.: *Calculation of fragment velocity from natural fragmenting munition*, BRL Memorandum Eport N0. 2509, USA Ballistic research Laboratoryies, Aberdeen Proving Ground, Maryland, 1975.

²¹ Crull, M. M.: *Prediction of Primary Fragmentation Characteristics of Cased Munitionns*, UXO/Countermine Forum 1998, The Joint UXO Coordination Office.

$$v_{Gurney} = \sqrt{2 \cdot E} \cdot \sqrt{1 / (0,5 + M / C)}$$

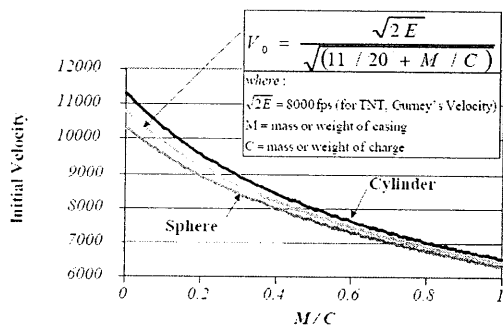
Gdje su:

$\sqrt{2 \cdot E}$ - Gurney konstanta,

M-masa metalnog tijela projektili,

C-masa eksplozivnog punjenja.

SDC Scientific Research Corporation Initial Fragment Velocity Formula (Gurney)



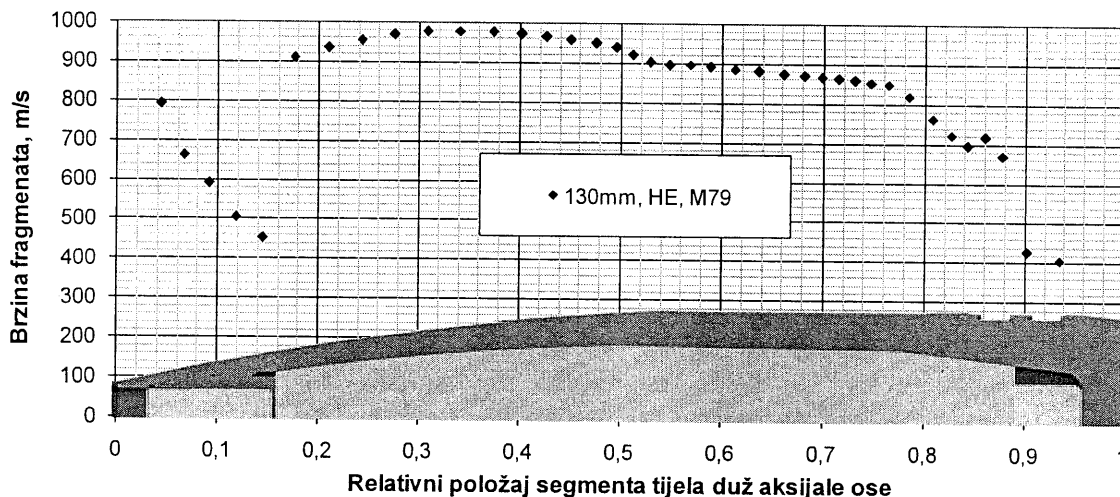
| EXPLOSIVE | COMPOSITION | $\sqrt{2E}$ (km/s) |
|---|--------------------|--------------------|
| Amalot | 80% AN + 20% TNT | 2.908 |
| Ammonium Nitrate (AN) | | 1.761 |
| AN/Fuel Oil (ANFO) | 94% AN + 6% Oil | 2.769 |
| Ammonium Picrate (Explosive D) | | 2.137 |
| Comp B-3 | 64% RDX + 36% TNT | 2.843 |
| Comp C-4 | | 2.801 |
| Cyclotol | 77% RDX + 23% TNT | 2.979 |
| Cyclotetramethylenetetraamin (HMX) | | 3.198 |
| Diaminodinitrobenzene (DATS) | | 2.182 |
| Dipentaerythritolhexanitrate (DPEHN) | | 3.268 |
| Ethylene Glycol Dinitrate (EGDN) | | 3.692 |
| Hydrazinium Nitrate | | 2.796 |
| Methylolnitroaniline (Tetryl) | | 2.710 |
| Nitrocellulose (NC) | 13.35% Nitrogen | 2.473 |
| Nitroglycerine (NG) | | 3.575 |
| Nitroguanidine (NQ) | | 2.308 |
| Nitromethane (NM) | | 2.978 |
| Octol | 76% HMX + 24% TNT | 2.965 |
| Pentolite | 50% TNT + 50% PETN | 2.970 |
| Pentaerythritol tetranitrate (PETN) | | 3.425 |
| Tetranitrodibenzoletrazocyclooctatetraene (TACOT) | | 2.655 |
| Tetranitromethane (TNM) | | 2.173 |
| Trinitrophenol (Picric Acid) | | 2.430 |
| Cyclotrimethylenetrinitramine (RDX) | | 3.205 |
| Trianitrotrinitrobenzene (TATB) | | 2.028 |
| Trinitrotoluene (TNT) | | 2.315 |

Sl. 38. Početna brzina fragmenata tijela projektili (Morris, 2002)

Sl. 39. Gurney konstanta za glavne eksplozive i njihove smješe

Koristeći gornje izraze za procjenu brzine fragmenata HE projektila 130 mm M79 na osnovu poznatih podataka o masama tijela projektili, masama eksploziva TNT, izvršena je procjena brzina fragmenata tijela projektili.

Iz sl. 40. vidljivo je da prosječna brzina parčadi tijela HE projektili 130 mm M79 je između 850 m/s i 950 m/s u prednjem oživalnom i centralnom cilindričnom dijelu tijela projektila (taj dio tijela generira najveći broj smrtonosnih fragmenata), dok je brzina fragmenata zadnjeg dijela projektila između 400 m/s i 700 m/s (ovaj dio fragmenata pripada zadnjem snopu fragmenata, koji je obično usmjeren uvis u trenutku eksplozije).



Sl. 40. Promjena brzine fragmenata duž ose HE projektila 130 mm M79

Dizajn projektili značajno utječe na smrtonosnu efikasnost. Taj utjecaj je veoma kompleksan, veoma važnu ulogu imaju geometrijski izgled vanjske i unutrašnje konfiguracije tijela projektili,

relativan odnos debljine stjenke tijela, odnos mase eksploziva i mase metala tijela, odnosno tip eksplozivnog punjenja.

Dinamika leta fragmenata

Posle detonacije projektili, nastali fragmenti tijela se prostiru kroz prostor sa početnom brzinom koja zavisi pozicije fragmenta na tijelu projektili (Gurney formula). Kretanju fragmenata kroz prostor suprotstavlja se otpor vazduha i sila kočenja zavisi od oblika i dimenzija fragmenta. Obzirom da fragmenti imaju nadzvučnu brzinu, na udaljenosti od više desetina metara od centra eksplozije, njihova trajektorija ima približno pravolinijski karakter. Sila koja djeluje na fragment koji se kreće kroz vazduh može se izraziti kao

$$F_w = \frac{1}{2} \cdot C_x \cdot S \cdot \rho_w \cdot v^2$$

Gdje su:

F_w - sila otpora zraka,

C_x - aerodinamički koeficijent otpora zraka za fragment mase m ,

S - maksimalni poprečni presjek fragmenta okomit na vektor brzine fragmenta,

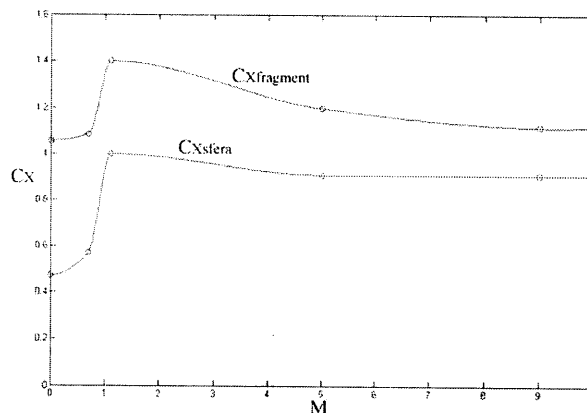
ρ_w - gustina vazduha,

v - brzina fragmenta na udaljenosti x .

a određenom rastojanju od centra eksplozije brzina fragmenta se može odrediti iz izraza:

$$v = v_0 \cdot e^{-\frac{1}{2} \cdot C_x \cdot \frac{S}{m_f} \cdot \rho_w \cdot x}$$

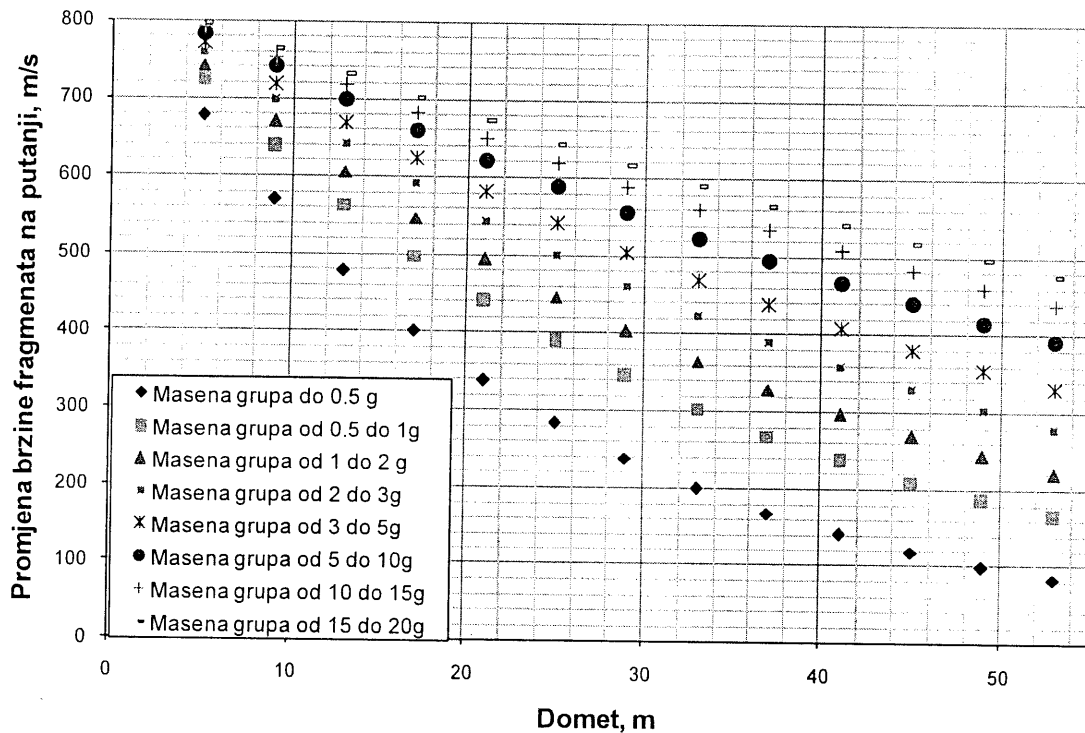
U opštem slučaju, tijelo projektili sa prirodnom fragmentacijom formira veliki broj fragmenata različitog oblika, dimenzija i mase jer je proces fragmentacije stohastičan proces. Oblik fragmenata je veoma složen i u proračunima se često pojednostavljuje promatraju kao jednostavna geometrijska tijela (kocka, pravougli paralelopiped, cilindar, sfera, itd.).



Sl. 41. Otpor realnog fragmenta u zavisnosti od Mach-ovog broja (TNO Report)

U opštem slučaju koeficijent otpora fragmenta je funkcija Mach-ovog broja, ali u supersoničnoj zoni se može smatrati da je promjena koeficijenta otpora približno linearna sa brzinom fragmenta ili da je sa malom greškom konstantna.

Na sl. 74. predstavljena je komparacija otpora realnog fragmenta i otpora sfernog fragmenta u zavisnosti od Mach-ovog broja. Podaci su dobijeni eksperimentalnim istraživanjima.²²



Sl. 42. Promjena brzine fragmenata različitih masa sa udaljenošću od centra eksplozije za HE projektil 130 mm M79

Izraz za domet pojedinog fragmenta u nekom trenutku u kome je poznata njegova brzina v je:

$$x = \frac{2 \cdot m_f}{C_x \cdot S \cdot \rho_w} \ln \frac{v_0}{v}$$

Gdje su:

m_f - masa fragmenta,

S - maksimalna projekcija površine fragmenta,

C_x - koeficijent otpora fragmenta

v_0 - početna brzina fragmenta,

v - brzina fragmenta u tački x ,

ρ_w - gustina vazduha (kg/m^3).

Iskustva iz dosadašnjih ratnih sukoba pokazuju da minimalna vrijednosti kinetičke energije fragmenta E_K potrebna za onesposobljava vojnika na terenu iznosi 80 J.

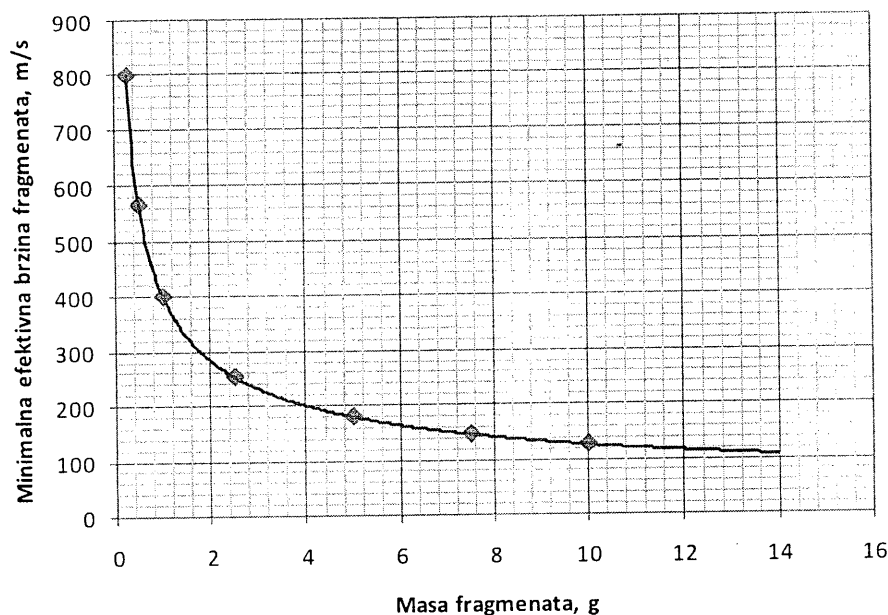
Na osnovu ovoga zahtijeva je moguće procijeniti koliku minimalnu brzinu v_{min} treba da ima fragment mase m_f u trenutku udara u ljudsko tijelo, tj.:

²² TNO Report: General description of the missile systems damage assessment code (MISDAC), Prins Maurits Laboratorium TNO, septembar 1994.

$$E_k = 80 J = \frac{m_f \cdot v_{\min}^2}{2}$$

Odnosno, minimalna onesposobljavajuća brzina fragmenta v_{\min} je:

$$v_{\min} = \sqrt{\frac{2 \cdot E_k}{m_f}}$$



Sl. 43. Minimalna brzina fragmenta koji imaju dovoljnu kinetičku energiju (80 J) za teška ranjavanja ljudi u funkciji mase fragmenata

Iz prethodnog dijagrama je veoma jasno da fragmenti mase veće od 2 g treba da imaju brzinu 300 m/s i manju da bi izazvali teška ranjavanja ili smrt ljudi.

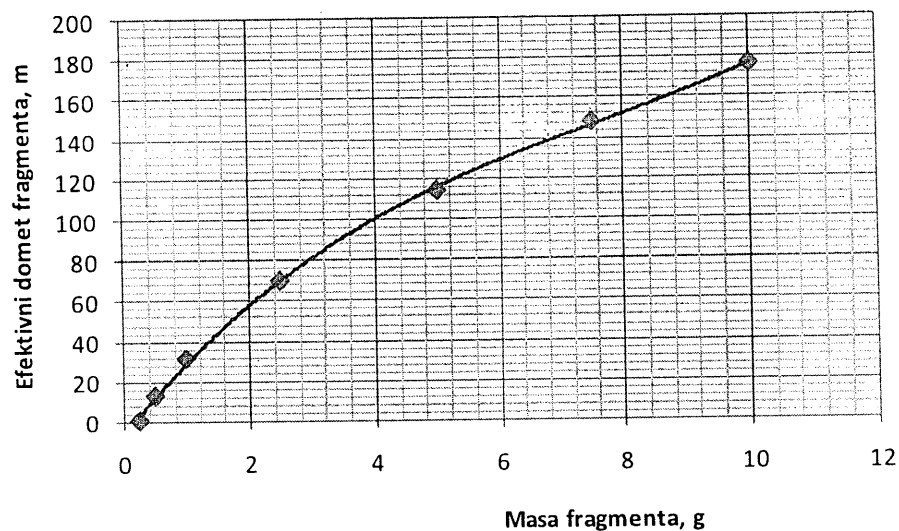
Iz dijagrama promjene brzine za različite mase fragmenata sa udaljenošću od centra eksplozije se jasno vidi da ti fragmenti imaju veću energiju teškog ranjavanja i na udaljenostima većim od 45 m od centra eksplozije.

Sada je moguće poznavajući mase pojedinih fragmenata procijeniti i zonu onesposobljavanja, tj.:

$$x_f = \frac{2 \cdot m}{C_x \cdot S \cdot \rho_w} \ln \frac{v_0}{\sqrt{\frac{2 \cdot E_k}{m_f}}}$$

Dometa onesposobljavanja vojnika sa fragmentom mase m_f naziva se smrtonosni dometa. Unutar ovog dometa (udaljenosti od centra eksplozije) vojnik koji je pogođen fragmentom mase m_f onesposobljen je za dalju borbu. Ako je pogođen datim fragmentom izvan ovog dometa, borac je ranjen, ali može nastaviti borbu.

Uz pretpostavku da je otpor fragmenta $C_D=1,2$ i da je složen oblik fragmenta zamijenjen sferom ekvivalentne mase, izvršen je proračun efikasnih dometa fragmenata za HE projektil 130 mm M79.



Sl. 44. Efikasan doomet ekvivalentnih fragmenata kod HE projektila 130 mm M79

Iz slike br. 44 vidljivo je da je efikasan doomet fragmenata mase veće od 5 g za projektili 130 mm M79 je 115m i više od centra eksplozije, a takvih fragmenata kod projektila 130 mm M79 ima više od 2.200.

Istraživanja vojnih stručnjaka pokazuju da su efikasni fragmenti i mase manje od jednog grama, ali njihova efikasna udaljenost od centra eksplozije se mjeri metrima. Uobičajeno se smatra da je postignut optimum između broja fragmenata (gustina fragmenata u prostoru), njihove mase i kinetičke energije za fragmente mase od 1 g do 10 g.

Nivoi oštećenja

Opšte pravilo je da stepen oštećenja ciljeva nastalih fragmentacijom projektili glave zavisi od kinetičke energije fragmenata. Početna energija fragmenta zavisi od njegove kinetičke energije (brzine fragmenta određene Gurney analizom i mase) i geometrijskog oblika fragmenta (koeficijenta otpora).

Za neutralizaciju osoba (vojnika) se pretpostavlja minimalna kinetička energija od 100 J (prema balističkom kernelu NATO-a usvojena je minimalna kinetička energija od 80 J).

U prvom približenju to je energija sa kojom raspolaže projektil kalibra 5,56 mm, ispaljen iz puške brzinom od 300 m/s.

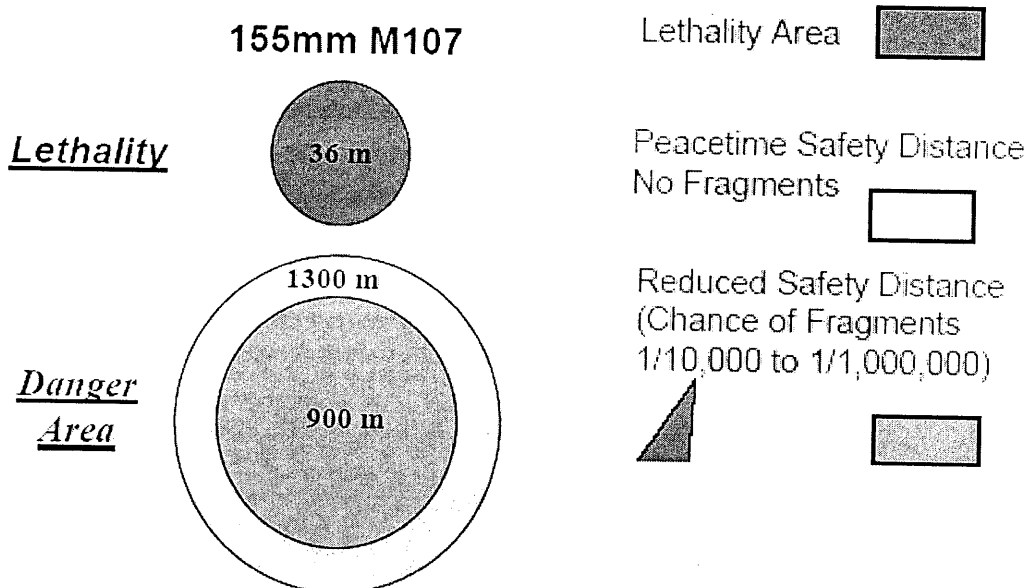
Sljedeći nivo oštećenja je 1.000 J, koji korespondira sa energijom sa kojom raspolaže projektil sa mekim omotačem, kalibra 9 mm ispaljen sa brzinom 425 m/s. Ovi projektili su prilično smrtonosni za nezaštićene osobe (zavisno od udaljenosti sa koje su ispaljeni).

Projektili sa kinetičkom energijom od 4.000 J imaju višak energije za probijanje zaštitnih prsluka za tijelo osoba. Ova energija je ekvivalentna energiji koju imaju projektili 7,62 mm sa metalnim omotačem ili oklopno probojni projektili 7,62 mm sa brzinom ispaljena od 900 m/s.

U skladu sa takvim pristupom, izvršena je podjela ciljeva na lako otporne ciljeve za čije oštećenje je potrebna kinetička energija od 100 J, srednje otporne ciljeve sa potrebnom energijom oštećenja od 1.000 J i veoma otporne ciljeve sa potrebnom energijom oštećenja od 4.000 J. Efikasnost fragmenata projektili ima slične performanse.

| Tabela br. 3 Kriteriji onesposobljavanja ciljeva kinetičkom energijom fragmenata | | | |
|--|---|--|--------------------------------------|
| Ciljevi | Energija fragmenata, J | | |
| | Laka oštećenja ($P_{k hit} = 0,1$) | Srednja oštećenja $P_{k hit} = 0,5$ | Teška oštećenja $P_{k hit} = 0,9$ |
| Osobe | 100 | 1.000 | 4.000 |
| Avioni | 4.000 | 10.000 | 20.000 |
| Oklopna vozila | 10.000 | 500.000 | 1.000.000 |

Faktori koji utječu na stepen oštećenja su konstrukcija cilja, položaj cilja u odnosu na tačku detonacije projektili, parametara smrtnosti projektili ili bojeve glave (zona smrtonosnog djelovanja) i željenog tipa i nivoa oštećenja. Ispitivanja koja su izvršile firme GENERAL DYNAMICS, Land Systems and DENEL tokom razvoja poboljšane municije 105 mm pokazala su da projektil 155 mm M107 (veoma zastario dizajn i sličan po performansama projektilu 130 mm M79) pored zone smrtonosnog djelovanja od 36 m u prečniku, ima i veoma veliku opasnu zonu prečnika od 900 m u kojoj fragmenti mogu izazvati ranjavanja.



Sl. 45. Uspoređenje veličine smrtonosne zone (prečnik 36 m) sa opasnom zonom (prečnik 900 m) za ljude koji nisu u zoni borbenih djelovanja²³

Znači, svaka eksplozija u urbanim (gradskim) dijelovima neizbježno nosi sa sobom opasnost ne samo od smrtonosnog djelovanja, nego i opasnost za osobe na velikom odstojanju od ranjavanja.

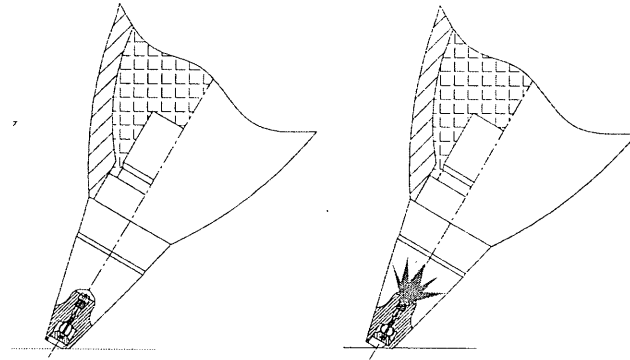
²³ Peck N.: Not Your Father's 105, GENERAL DYNAMICS, Land Systems and DENEL, 2006.

Uticaj upaljača na efekat djelovanja projektila na cilju

Savremeni artiljerijski projektili koriste upaljače koji imaju više modova upotrebe. Međutim kod HE projektila 130 mm M79 obično su korišteni su prednji udarni upaljači tipa UTIU M72, RGM-2 (ruski upaljač) i V-429 (ruski upaljač) i svi su oni međusobno zamjenljivi.

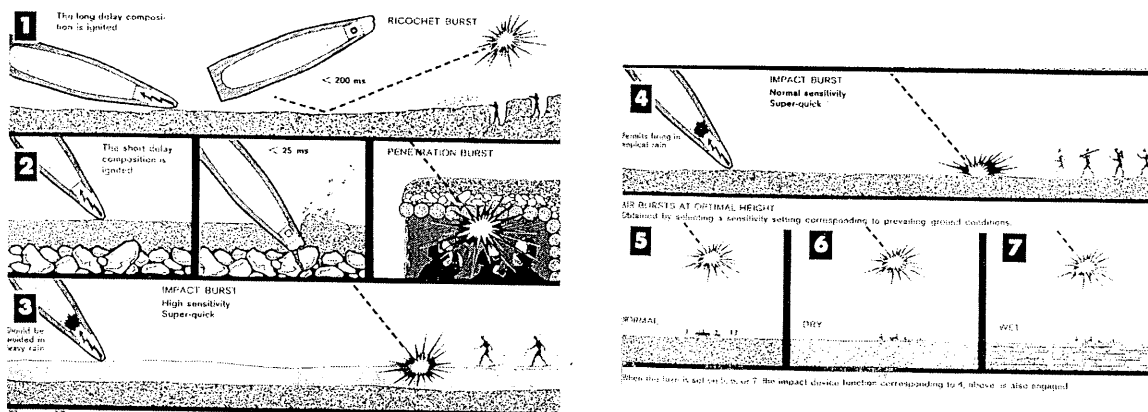
Kod prednjih udarnih upaljača postoji dva moda dejstva; trenutno i sa usporenjem od 0,02 s do 0,05 s. Mod usporenja se koristi kada se želi da efekat eksplozije nastupi tek kada projektil prodre unutar cilja.

U slučaju trga „Kapija“ mod upaljača je bio podešen na trenutno dejstvo i vrijeme od trenutka kontakta upaljača sa ciljem se mjeri desethiljaditim dijelovima sekunde, obično je to vrijeme 0.0003 s ili manje. Ako projektil ima brzinu u trenutku udara od oko 300 m/s, do trenutka pokretanja procesa eksplozije projektil je prodro unutar cilja više od 50 mm (upaljač je obično veće dužine), tako da se detonacija projektila odvija na površini cilja.



Sl. 46. U trenutku kontakta prednjeg udarnog upaljača sa ciljem, vrijeme njegovog aktiviranja i otpočinjanja procesa detonacije se mjeri u desethiljaditim dijelovima sekunde.

Fragmentacija tijela projektila kod kojeg je upaljač podešen na superquick mod djelovanja se odvija na površini cilja i veoma značajan faktor efikasnosti je padni ugao projektila. Što je veći padni ugao, to su efekti fragmenata na cilju intenzivniji.



S. 47. Različiti modusi djelovanja prednjih upaljača artiljerijskih HE projektila

Analiza kratera HE projektila

Pravac doleta projektila može biti određen sa prihvatljivom tačnošću na osnovu analize kratera i rikošet brazde. Na osnovu tačnog lociranja kratera iz određenog pravca doleta, moguće je odrediti azimut zrake koja će proći kroz ili pored neprijateljskih pozicija.

Na osnovu analize kratera, razlika u upadnom uglu, otisaka fragmenata na površini od eksplozije projektila, pravca leta i vremena podešavanja upaljača, moguće je odrediti položaje neprijateljskih baterija na danoj lokaciji.¹

Za analizu kratera potrebno je uraditi sljedeće korake:

- Locirati krater
- Izabrati najbolju metodu za analizu i provesti analizu, određujući azimut vatre, prečnik kalibra (prema teksturi oštećenja tla i veličini kratera) i udaljenost do oružja (ako je ikako moguće).
- Analizirati fragmente i ostatke projektila pronađenih na mjestu eksplozije radi što preciznije u cilju potpunijeg definiranja prečnika i tipa projektila.

Analiza kratera nam omogućava:

1. Da verificiramo granične lokacije, odnosno sumnjive lokacije koje mogu biti buduća prijetnja,
2. Da potvrdimo postojanje neprijateljske artiljerije i odredimo približan pravac do nje,
3. Da detektujemo postojanje novih tipova oružja, novih kalibara i novi metoda za proizvodnju municije.

Istraživanje lokacije kratera

Oblast kratera mora biti određena tačno što se postiže izradom crteža, mapa ili fotografiranjem iz vazduha. Za definiranje parametara karatera potrebno je koristiti vojni kompas, nemetalne kočiće, uže, kanap ili komunikaciona žica za određivanje pravca od kratera do oružja iz kojeg je ispaljen projektil, metrička tarka za mjerenje veličine i dubine kratera i veličine fragmenata, digitalna kamera za fotografiranje kratera i fragmenata, rukavice, papir, kutije i vrećice za kolekciju fragmenata. Potrebno je također koristiti mape, komercijalne sisteme za globalno pozicioniranje GPS. Bilo bi poželjno locirati krater sa velikom tačnošću.^{2,3}

Određivanje pravca

Izgled otiska na tlu. Čist otisak nastao na tlu izazvan detonacijom projektila omogućava određivanje pravca odakle je došao projektila.

Faktori od kojih zavisi izgled otiska. Zbog neravnosti terena i stanja zemlje, tipičan izgled kratera projektila su specifični, ali ne moraju biti jasno definirani. Bočni snop oštećenja tla do fragmenata su glavni dio otiska na tlu. Postoje slabiji efekti oštećenja na prednjem snopu

¹ Anon: FM 6-50 Tactics, Techniques, and Procedures for The field artillery cannon battery, appendix j, Crater analysis and reporting, Headquarters Department of the Army and United States Marine corps, 1996, <http://www.globalsecurity.org/military/library/policy/army/fm/6-50/Appj.htm>

² Coleman, E. J. and Bussey R. R: A primer on indirect fire crater analysis in Iraq and Afghanistan, Fields Artillery Journal, July-August 2005.

³ Anon: Tactics, Techniques, and Procedures for FIELD ARTILLERY TARGET ACQUISITION, Field Manual Headquarters, No. 3-09.12 (FM 6-121) Department of the Army and Fleet Marine Force Reference Headquarters MCRP 3-16.1A, Washington, DC, 21 June 2002.

oštećenja. Zadnji snop je zanemariv kod topovskih i haubičkih projektila, ali je primjetan kod minobacačkih projektila. Širina, ugao i gustina bočnog snopa oštećenja varira od projektila do projektila, ugla upada, tipa upaljača, terminalne brzine projektila i sastava zemlje. U određivanju pravca, uzimaju se u obzir sljedeći

- Efekat kamenja, vegetacije, panjevi i korijenje na putu projektila
- Varijacije u gustini i tipu zemlje,
- Neravnost terena u tački udara projektila.

Ako postoji više kratera, biraju se krateri koji su jasno definirani.

Oznake na vegetaciji i drugim objektima. Pravac sa kojeg je ispaljen projektil se najčešće utvrđuje na osnovu tragova napravljenih kroz drveće, snijeg i zidove. Moguće skretanje projektila nakon udara na ove objekte se mora uzeti u obzir.

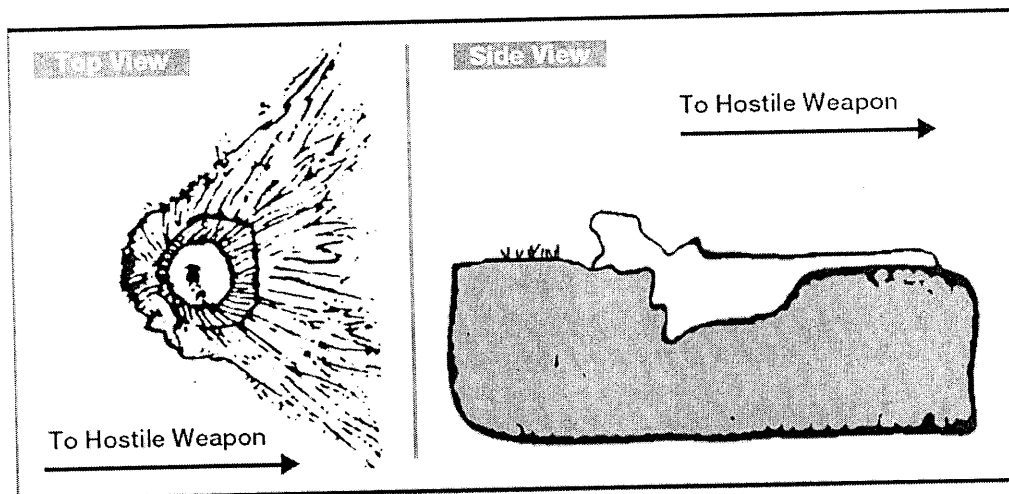
Skretanje i efekat vjetra. Skretanja i poprečni efekat vjetra ne mijenja pravac ose projektila tokom leta u ravnine gađanja. Treba voditi računa da projektil nije skrenuo prije ili tokom pravljenja brazde.

Analiza kratera

Prvi korak u analizi kratera je lociranje upotrebljivih kratera u cilju određivanja pravca neprijateljskih oružja. Krater bi trebao biti jasno definiran na površini tla i trebao bi biti svjež. Kako je krater početna tačka za određivanje neprijateljske vatre, potrebno je postaviti mrežne koordinate sa mrežom što preciznije u skladu sa vremenom i metodom koja se koristi. Pravac doleta projektila se određuje na osnovu metoda koje su standardizirane. Fragmenti projektila i upaljača moraju se sakupiti u cilju određivanja tipa, kalibra i zemlje proizvođača oružja i/ili projektila

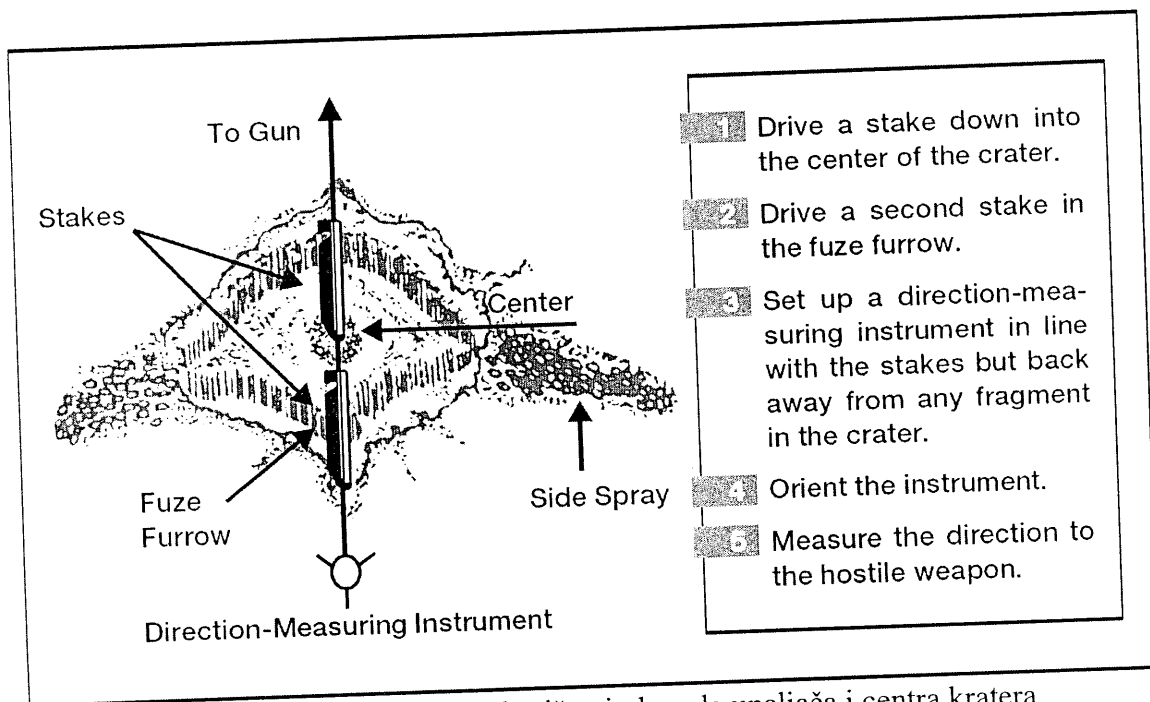
Krater od artiljerijskih (topovskih) HE projektila sa prednjim udarnim upaljačem

Detonacija projektila se dešava unutar kratera. U trenutku eksplozije fragmenti projektila izazivaju najveće efekte naprijed i bočno formirajući strelicu koja ukazuje na oružje iz kojeg je projektil ispaljen. Upaljač pri eksploziji nastavlja da se kreće naprijed duž linije leta, stvarajući brazdu upaljača. Postoje dvije metode za određivanje pravca do neprijateljskih oružja zavisno od tipa kratera. Najbolje rezultate se postižu kada se koriste obje metode.



Sl. 48. Izgled strelice koje formiraju bočni snopovi fragmenata na tlu i pomoću koje se jasno uočava osnovni pravac u kome se nalazi neprijateljsko oružje

Metoda bazirana na korištenju brazde upaljača i centra kratera. Kod ove metode, kočici se postavljaju u centre kratera i unutar brazde upaljača. Izmjereni pravac ukazuje na položaj neprijateljskog oružja. Postoji mogućnost varijacija metode u smislu određivanja mjesta za kočic gdje je projektil ušao u zemlju umjesto na brazdu upaljača i određivanje pravca. Ova metoda je moguća, ali je obično tačka ulaska uništena tokom eksplozije projektila. Postoji pet koraka na kojima se zasniva ova metoda.



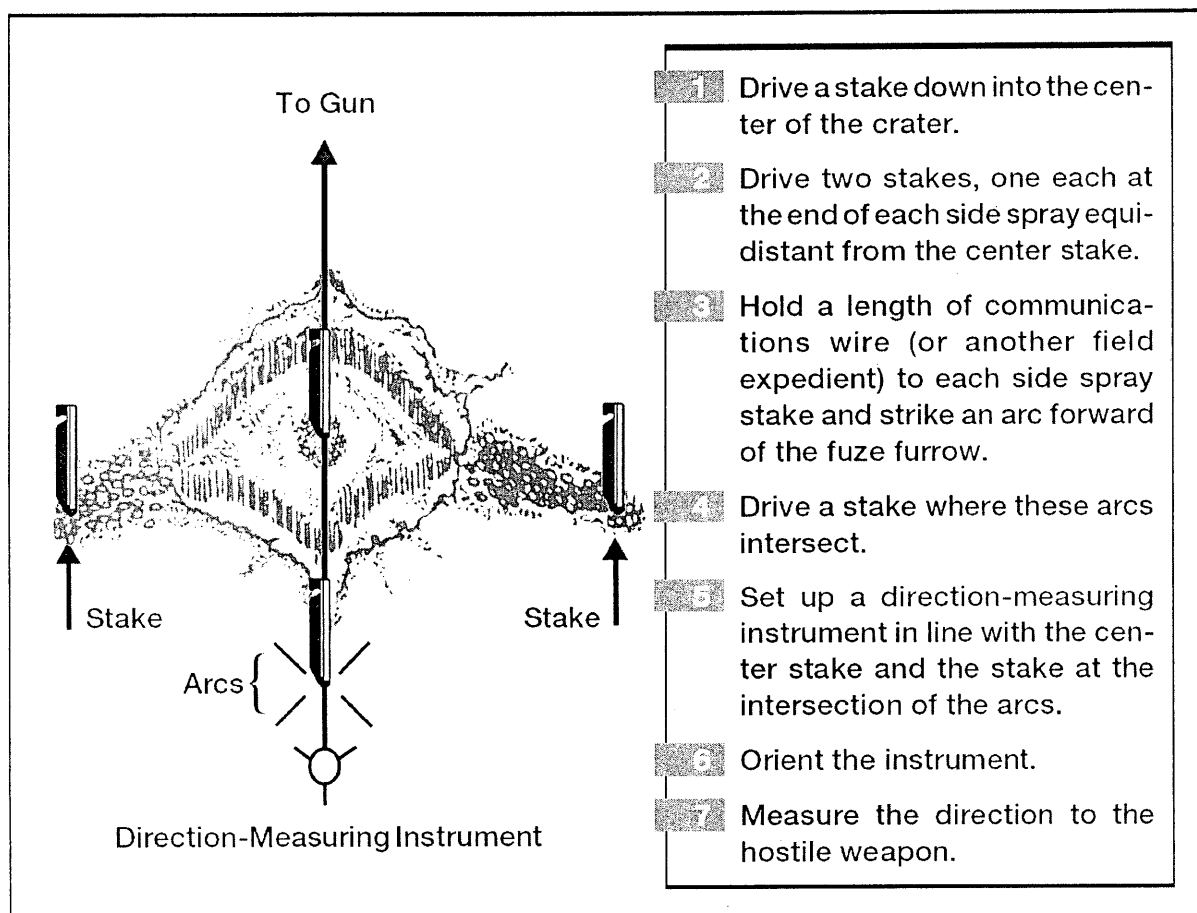
Sl. 49. Metoda bazirana na korištenju brazde upaljača i centra kratera

Procedura u slučaju da su jasno odvojene tačke pronalaska ostataka upaljača i centar kratera:

- Postavljanje kočića unutar centra kratera.
- Postavljanje drugog kočića unutar otvora gdje su pronađeni dijelovi upaljača ili gdje postoji brazda upaljača.
- Postavljanje pravca mjernog instrumenta u liniju koja povezuje kočice unutar kratera i izvan područja djelovanja fragmenata.
- Orijehtiranje instrumenta.
- Mjerenje pravca do neprijateljskog oružja.

Metoda bazirana na korištenju bočnih snopova fragmenata. Ova metoda mjeri pravac do neprijateljskog oružja koristeći bisktrise ugla kojeg formiraju linije bočnih snopova fragmenta projektila. Postoji sedam koraka koje treba preduzeti da bi se primjenila ova metoda:

1. Postavljanje kočića unutar centra kratera.
2. Postavljanje dva kočića, sa svake strane bočnih snopova na ekvidistanci od centralnog kočića.
3. Pomoću odgovarajućeg kabla (obično komunikacioni kabl ili slična žica) povezati svaki kočic bočnih snopova sa kočićem postavljenim naprijed u otvoru gdje su pronađeni ostaci upaljača.
4. Odrediti međusobne uglove koje zaklapaju pravci koji povezuju kočice (arcs).
5. Postavljanje mjernog instrumenta u liniju sa centralnim kočićem i kočićem u tački presjeka linija koje povezuje granične tačke bočnih snopova oštećenja od fragmenata.
6. Orijehtiranje instrumenta.
7. Mjerenje pravca do mjesta lansiranja.



Sl. 50. Metoda bazirana na korištenju bočnih snopova fragmenata

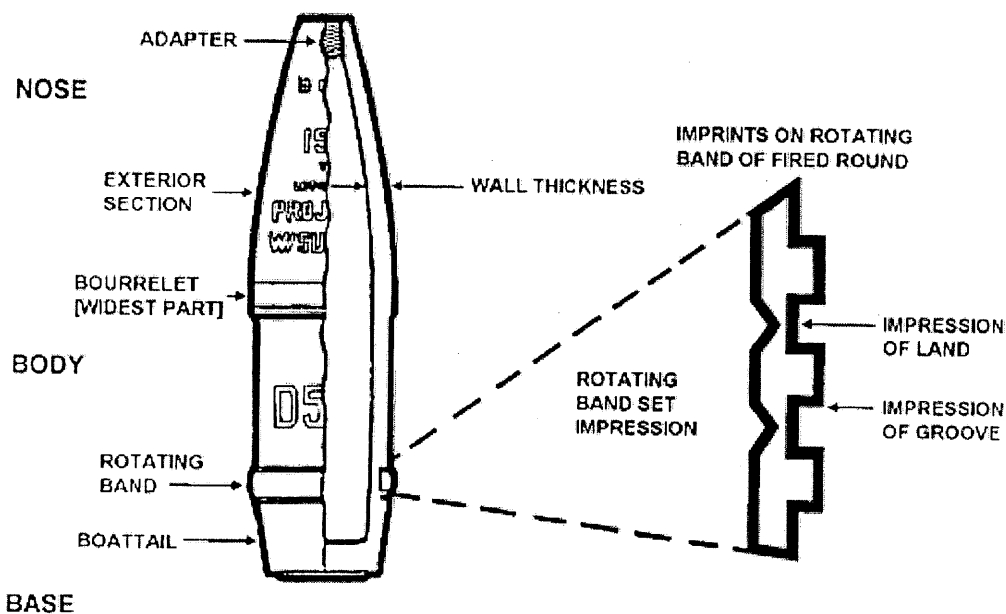
Analiza fragmenata projektila

Određivanje kalibra projektila. Određivanje kalibra projektila se može izvršiti koristeći predložak krivine kratera za odgovarajući tip projektila. Veličina kratera (dvodimenzionalna širina i dubina) je indikator kalibra projektila.

Pored toga, pri analizi mogu da se koriste ostaci dijelovi tijela ili upaljača i fragmenti sa naznakama boje, oznaka bojom ili žigovima, dijelovi otvora za upaljače, adapter itd. Dimenzije dijelova zida tijela projektila veoma zavise od kalibra i tipa projektila. Ponekad eksperti mogu identificirati kalibar projektila sa digitalne fotografije ili aktuelnih fragmenata iz segmenta oko vodećeg prstena, stabilizatora ili mlaznice raketa.

Za analizu se veoma važni ostaci projektila koji su pronađeni jer mogu da pruže dopunske informacije. Materijali fragmenta kao što su aluminij, bakar, mesing, plastika, željezo, čelik mogu da pomognu pri analizi posle izvršene hemijske analize i metalografskih ispitivanja strukture materijal fragmenata.

Oružje može biti identifikovano po tipu i kalibru na osnovu fragmenata projektila pronađenih unutar ili oko kratera.



Sl. 51. Tipičan izgled projektila sa karakterističnim sektorima

Pri analizi dijelova projektila ili fragmenata nađenih u i oko kratera mogu se pojaviti dva slučaja.

Slučaj nedjelovanja ili deflagracije (nepotpuna eksplozija) projektila. Taj slučaj je veoma povoljan za identifikaciju kalibra projektila, jer tada je moguće promatrati projektil u cjelini ili u dijelovima koji sadrže značajne informacije. Time su uvjeti za identifikaciju kalibra i tipa projektila veoma povoljni.

Iskustva pokazuju da jedan veći procent municije prilikom upotrebe ne eksplodira, tako da su izvršene analize koje su imale zadatak procjene dubine prodora projektila u različite tipove tla.⁴

| Weight of Bomb or Projectile (in pounds) | Depth of Penetration (in feet)* | | | | | | | | | |
|--|---------------------------------|------------|-----------------|------------|-------|------------|------|------------|----------|------------|
| | Sandstone | | Sand and Gravel | | Chalk | | Clay | | Offset** | |
| | Avg. | Prob. Max. | Avg. | Prob. Max. | Avg. | Prob. Max. | Avg. | Prob. Max. | Avg. | Prob. Max. |
| 0.25 (20 mm) | 0.2 | 0.5 | 0.3 | 0.6 | 0.3 | 0.6 | 0.5 | 1 | -- | -- |
| 2 (37 mm) | 0.3 | 0.6 | 0.4 | 0.8 | 0.5 | 0.9 | 0.8 | 1.5 | -- | -- |
| 16 (75 mm) | 1 | 2 | 1 | 3 | 2 | 4 | 4 | 6 | -- | -- |
| 30 (105 mm) | 2 | 3 | 4 | 6 | 6 | 9 | 10 | 13 | -- | -- |
| 90 (155 mm) | 4 | 9 | 8 | 11 | 10 | 13 | 12 | 17 | -- | -- |
| 100 | 8 | 17 | 9 | 19 | 11 | 19 | 14 | 25 | 3 | 18 |
| 500 | 11 | 23 | 13 | 28 | 16 | 29 | 20 | 35 | 4 | 20 |
| 1,000 | 14 | 29 | 17 | 33 | 20 | 34 | 24 | 43 | 5 | 20 |
| 2,000 | 17 | 34 | 20 | 40 | 24 | 41 | 29 | 52 | 7 | 26 |

*Depth below surface is based on tests designed to maximize the depth of penetration. The depth below surface is provided to show the difference in depths when the same weight bomb or projectile is sent into different soil types. Specific maximum depths of MEC items will be determined site-specifically based on a variety of factors.

**Offset is the distance laterally from the point of entry that a bomb may travel after penetrating the surface of the ground.

Avg. = average

Prob. Max. = probable maximum

-- = Not applicable

Source: Range Clearance Technology Assessment (Revision 1), March 1990, Final Report, prepared by Naval Explosive Ordnance Technology Center, Indian Head, MD, pp. 2-14.

Sl. 52. Probojnost projektila u tlo (pod uvjetom da upaljač nije djelovao)

Slučaj prirodne fragmentacije projektila pri njegovoj eksploziji. U tom slučaju tijelo projektila se fragmentira u veoma velik broj fragmenata različite mase i oblika.

Za identifikaciju su veoma važni fragmenti iz sekcije tijela projektila na kome se nalazi vodeći prsten ili samo mjesto vodećeg prstena.

⁴ Military Munitions and Explosives of Concern: A Handbook for Federal Land Managers, with Emphasis on Unexploded Ordnance, BLM Handbook [H-1703-2], FWS Handbook, February 2006.

Rotirajući prsten i ležište prstena. Da bi se projektil mogao identificirati po kalibru, tipu porijeklu potrebno je poznavati:

- Izgled ožljebljena vodećeg prstena,
- Širinu rotirajućeg prstena, zatim broj, širinu i dubinu žljebova na prstenu.
- Dimenzije i izgled ožljebljenja na ležištu prstena.
- Dimenzije i izgled utisnutih ožljebljenja na rotirajućem prstenu.

Pored toga, potrebno je posjedovati bazu podataka unutar koje su dati detaljne dimenzije projektila, tipovi upaljača, vrsta materijala koji se koristi za izradu projektila, tehnologije za izradu dijelova projektila, boje i površinska zaštita, tipovi oznaka (bojom i utiskivanjem) koje su nanosene na tijelo itd.

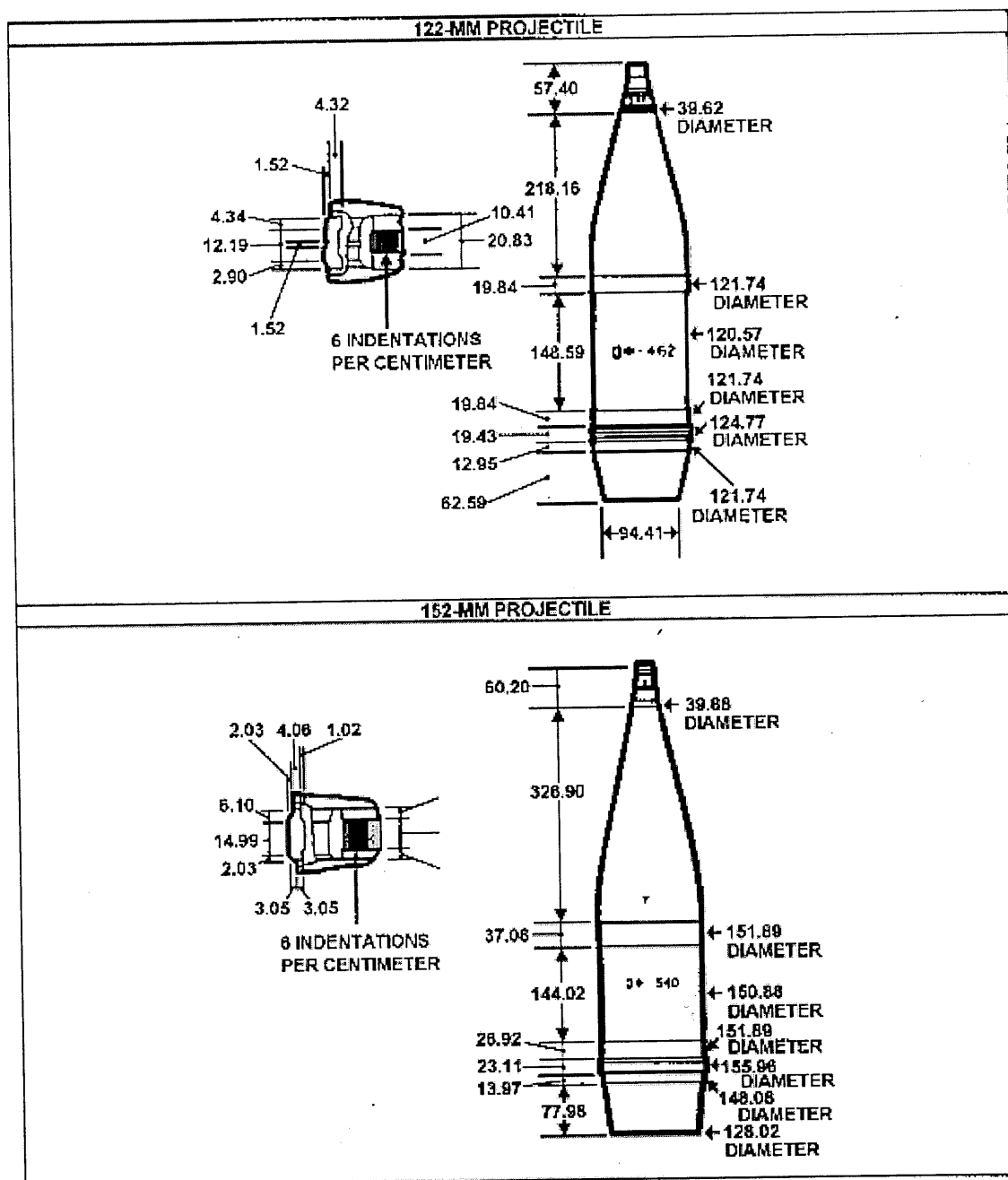


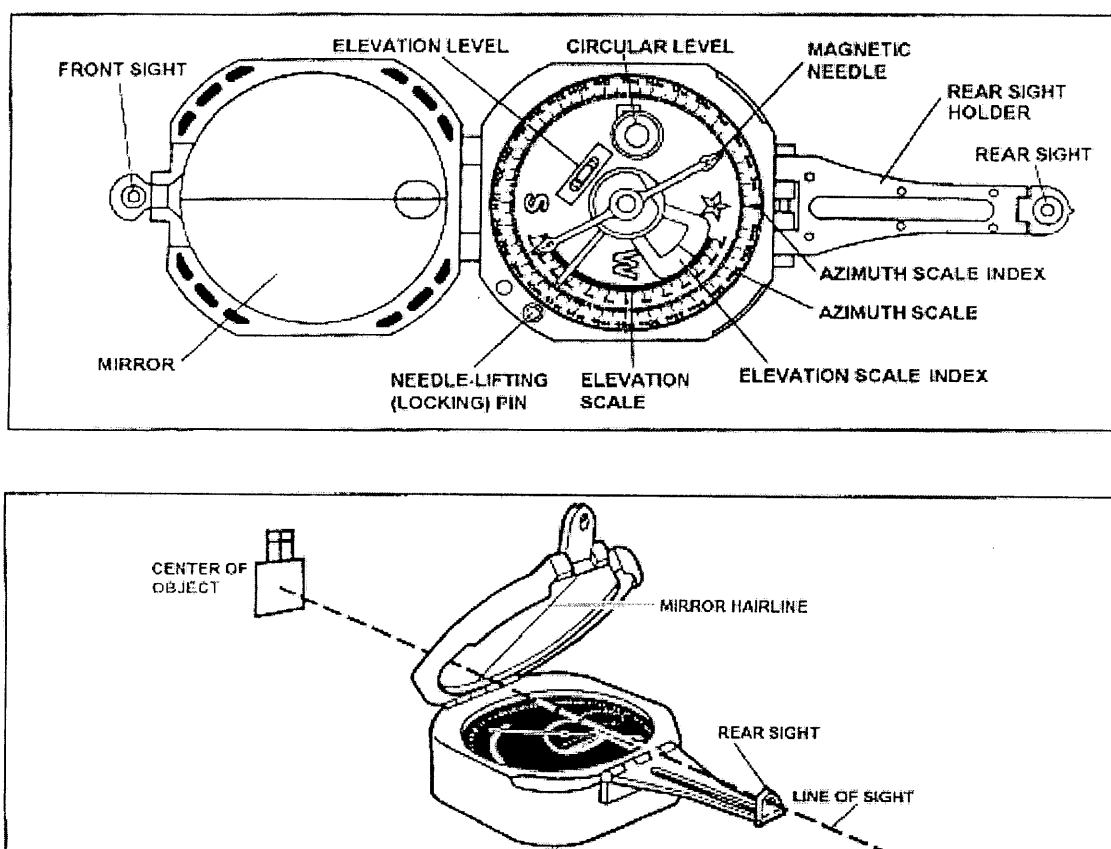
Figure J-10. Other nations' ammunition (continued)

Sl. 56. Osnovne dimenzije dva tipa projektila ruske proizvodnje potrebne za identifikaciju

Uređaj za određivanje pravca doleta projektila

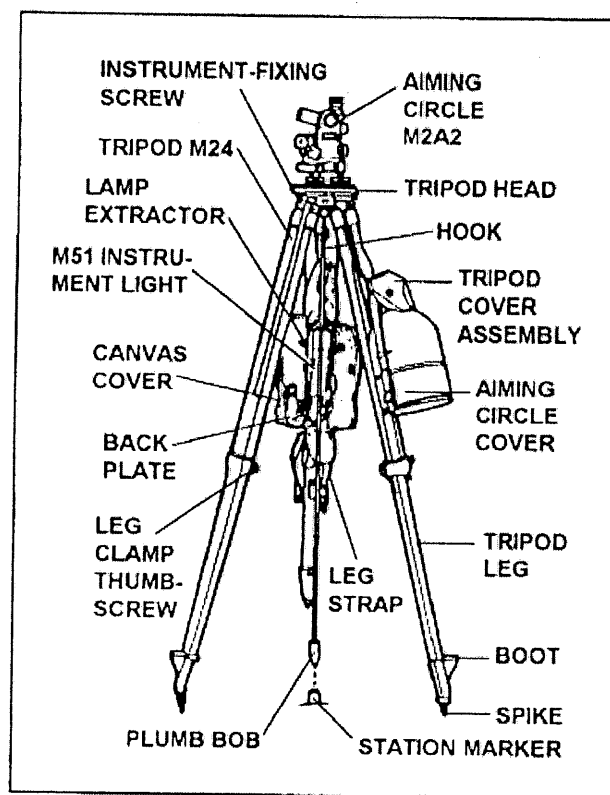
Kompas tipa M2 je alternativni uređaj za orijentaciju ili određivanje položaja. On treba da omogući određivanje ugla mjesta i azimuta.

Kompas ima numeriranu skalu na svakih 200 hiljaditih, od 0 do 6400 (puni krug je podijeljen na 6400 hiljaditih zbog preciznijeg mjerenja). Kompas ima prednji i zadnji nišan i ogledalo pomoću kojeg se mogu čitati uglovi. Pomoću kompasa možemo odrediti pravac magnetnog sjevera za orijentaciju u prostoru. Pored toga se može izvršiti pokretanje mehanizma pomoću kojeg određujemo ugao azimuta traženog pravca.



Sl. 57. Kompas tipa M2

Radi preciznijeg mjerenja potrebno je postavljanje kompasa na tripod.



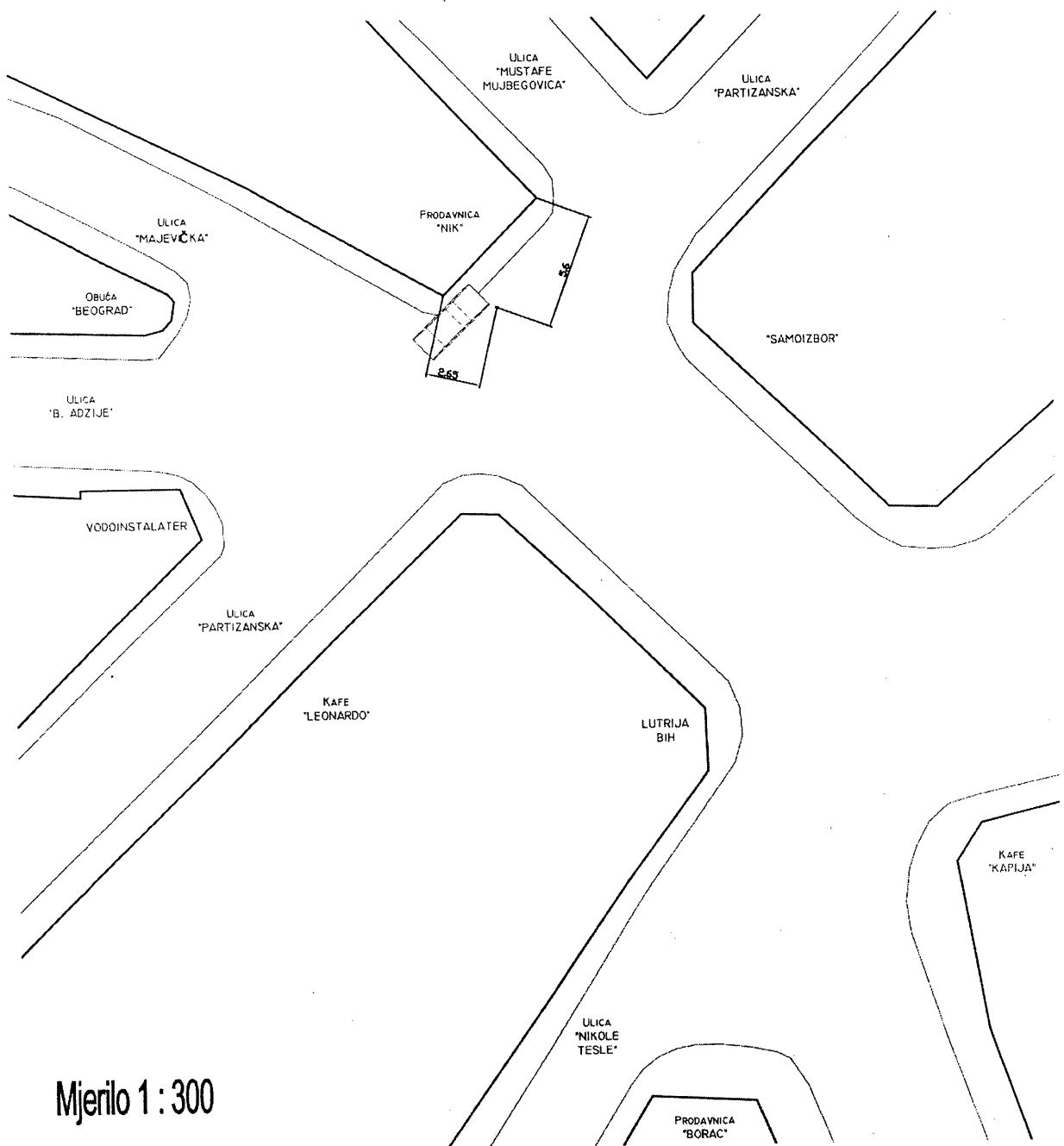
Sl. 58. Nišanska sprava sa tripodom

Analiza masakra mladih ljudi izazvanog djelovanjem artiljerijskog projektila dana 25.05.1995 u 20⁵⁵ sati na Tuzlanskoj kapiji

Identifikacija kratera i mjesta eksplozije

U sklopi Izvještaja koji je napravljen pod nadzorom istražnog sudije izvršeno je snimanje ključnih objekata u neposrednoj blizini mjesta eksplozije projektila i data međusobna rastojanja objekata u odnosu na centar eksplozije.

Crtež trga Kapija sa mjestom eksplozije je urađen na većem formatu i iz razloga praktičnosti napravljen je novi crtež na osnovu Urbanističkog plana grada Tuzle iz 64 god. i na njemu je samo naznačena pozicija mjesta eksplozije i u razmjeri nacrtan položaj automobila „Golf“.



Sl. 59. Crtež trga Kapija sa naznačenim objektima i mjestom eksplozije

Samo mjesto eksplozije je fotografirano sa više pozicija i te fotografije su prikazane niže:

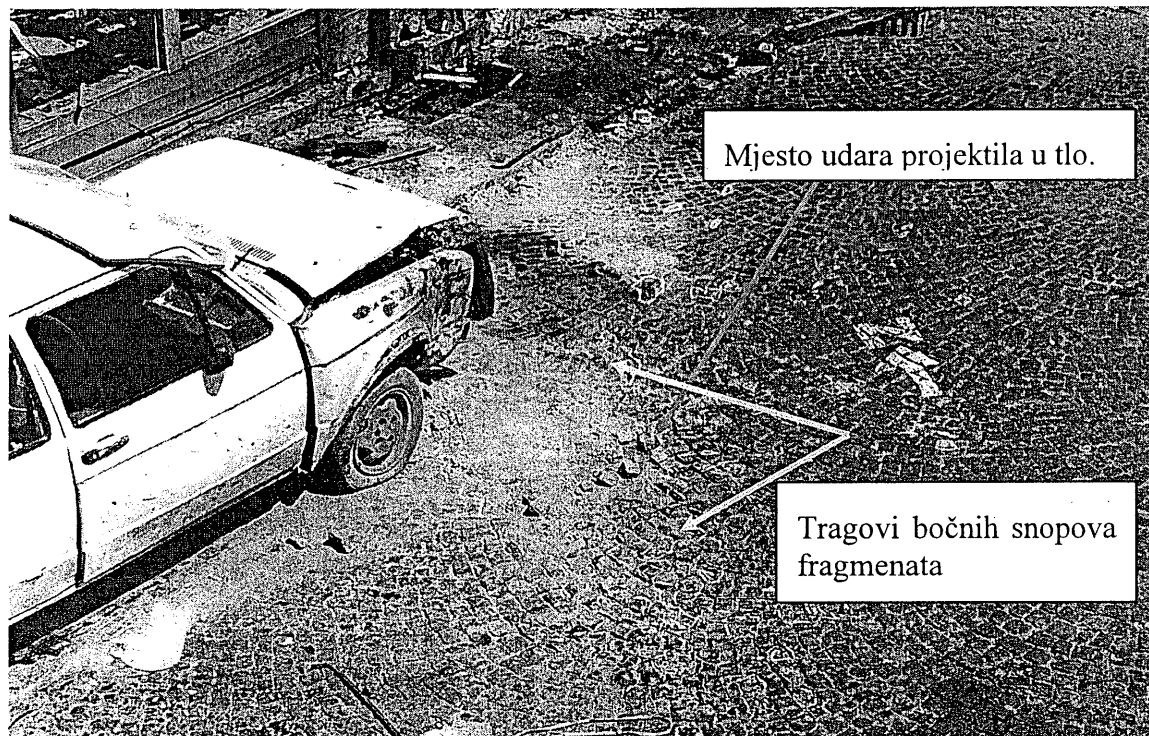


Sl. 60. Mjesto eksplozije (fotografija br. 9¹)

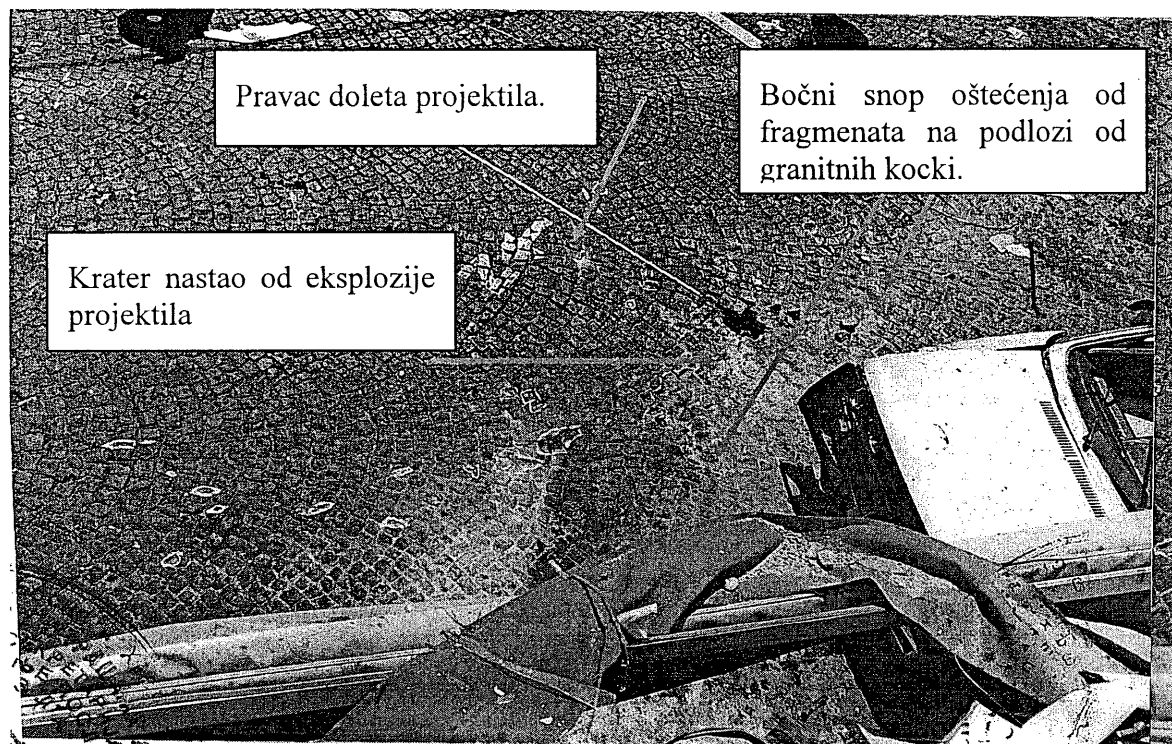


Sl. 61. Pozicija automobila u odnosu na zgradu i mjesto eksplozije (fotografija br. 12, bijelom oznakom „N“ je označen pravac sjever).

¹ Fotodokumentacija, granatiranje Tuzla-Kapinja broj 20-1/02-3-9-7-175/95 od 28.05.1995. godine, dokument pod nazivom „Granatiranje-Tuzla Kapinja2.pdf“

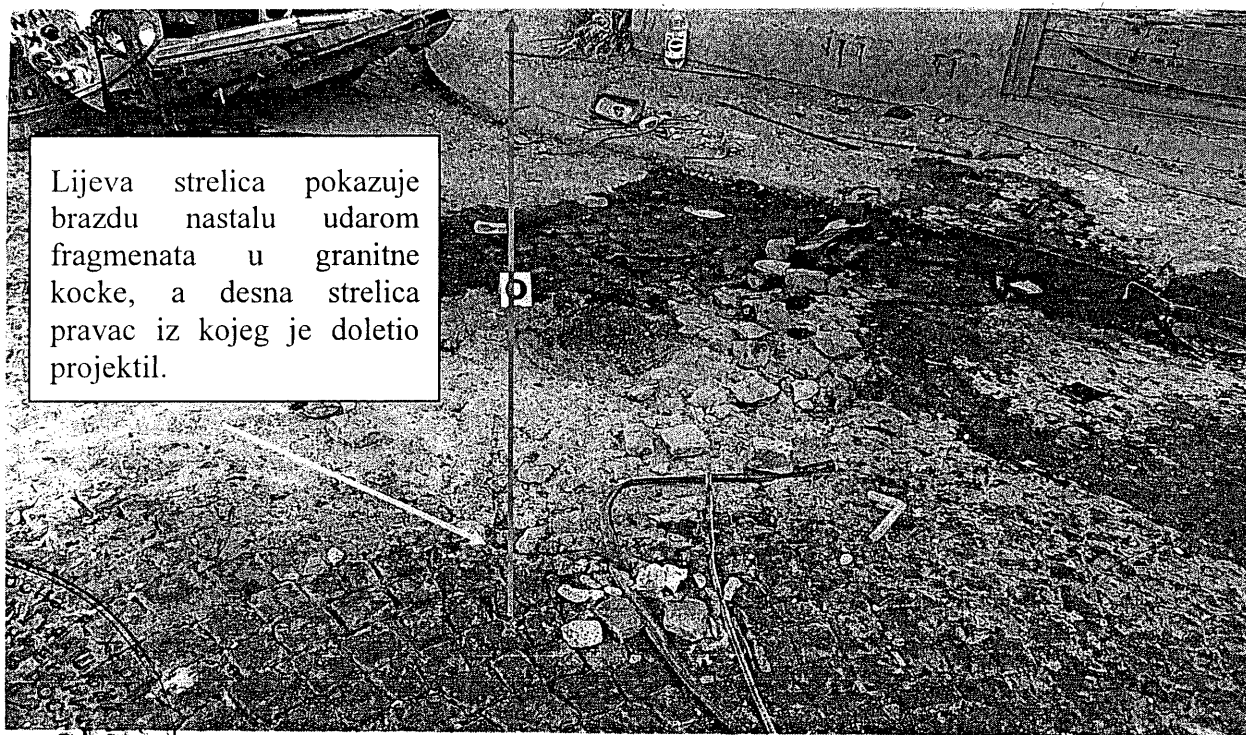


Sl. 62. Pozicija automobila u odnosu na zgradu i mjesto eksplozije (fotografija br. 3², bijelom oznakom „N“ je označen pravac sjever).



Sl. 63. Pogled na mjesto eksplozije sa prvog sprata zgrade (fotografija 13, jasno se vide bočni snopovi oštećenja od fragmenata na granitnim kockama, samo mjesto udara projektila i pravac doleta nakon analize kratera)

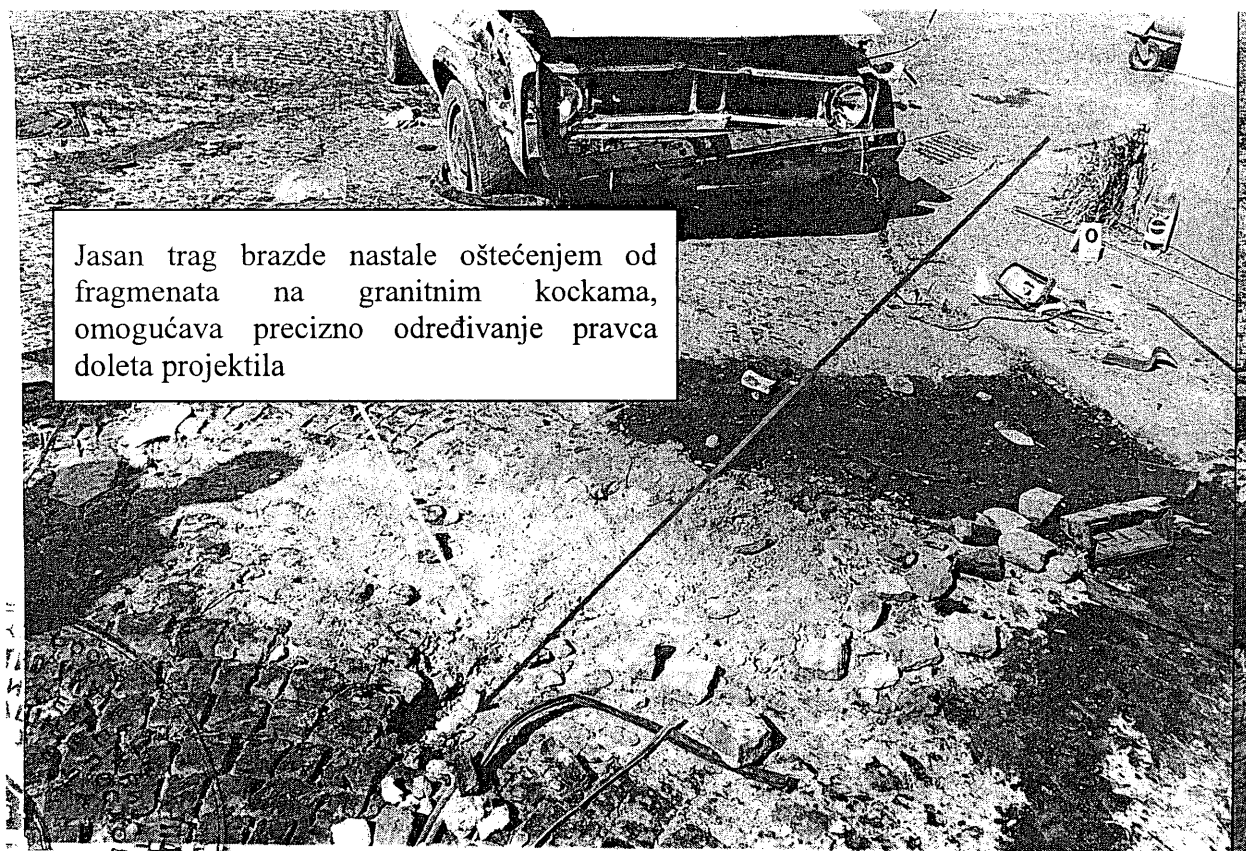
² Fotodokumentacija, granatiranje Tuzla-Kapija broj 20-1/02-3-9-7-175/95 od 28.05.1995. godine, dokument pod nazivom „Granatiranje-Tuzla Kapija.pdf“



Lijeva strelica pokazuje brazdu nastalu udarom fragmenata u granitne kocke, a desna strelica pravac iz kojeg je doletio projektil.

Sl.64. Jasan trag oštećenja, a posebno je ocrтана brazda od bočnog snopa fragmenata koja je oštetila granitne kocke i jasno pokazuje pravac iz kojeg je doletio projektil (Fotografija 13A)

U cilju potpunije analize kratera, automobil koji je stajao u blizini mjesta eksplozije je pomaknut. Time su stvorene mogućnosti da se izvrši analiza kratera i stvore pretpostavke za određivanje pravca doleta projektila.

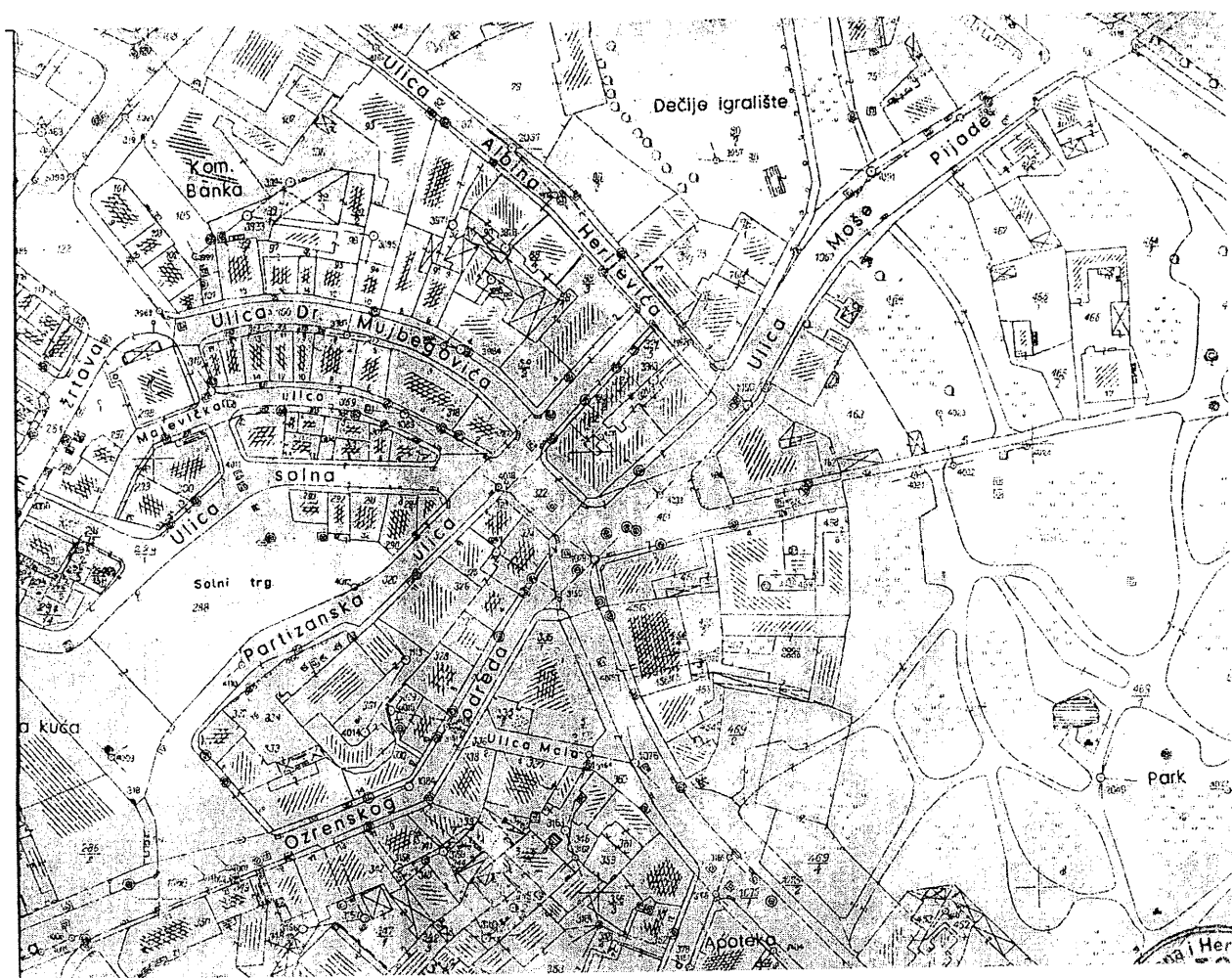


Jasan trag brazde nastale oštećenjem od fragmenata na granitnim kockama, omogućava precizno određivanje pravca doleta projektila

Sl. 65. Jasan trag brazde na kockama granita omogućava precizno određivanje pravca doleta projektila (Fotografija br. 10)

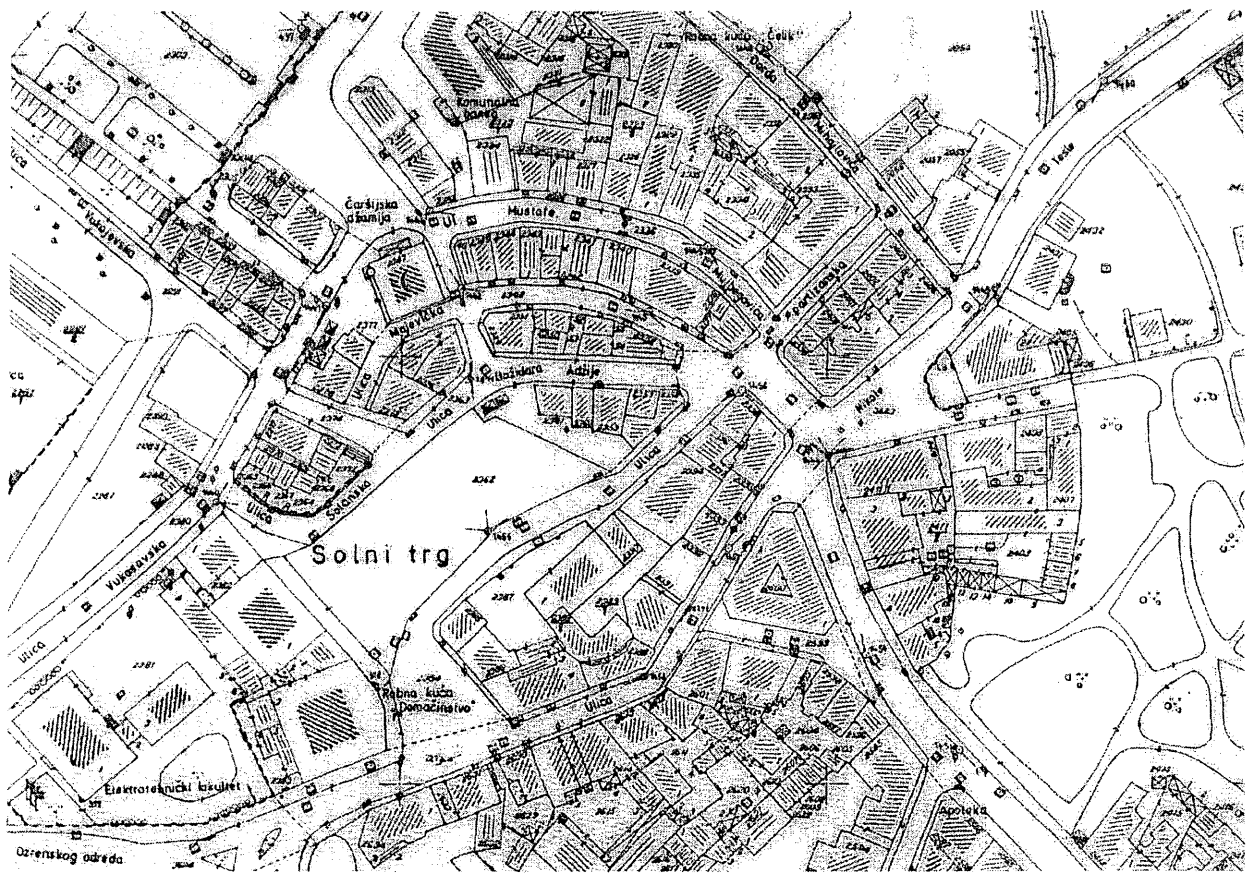
Centar eksplozije je utvrđen kao presjek lukova čija su ishodišta na krajevima čoška zgrade ispred koje se desila eksplozija, tj. $R_1=2,65$ m i $R_2=5,6$ m. Rastojanje između čoškova zgrade je 6,5 m.

Za dalju analizu makro i mikro mjesta eksplozije uzet su Izvod iz Urbanističkog plana općine Tuzla šireg prostora traga Kapija iz 1966 god. (važeći plan) i iz 1987 god. (stanje koje je najbliže stanju vremenu događaja). Razlike koje postoje su vjerovatno razlike nastale samo u primjeni modernih uređaja za geodetska snimanja (za snimak iz 1987 god.) i možda utjecaj slijeganja zemljišta (neprekidan proces).



Sl. 66. Širi plan trga Kapija³

³ Izvod iz Urbanističkog plana općine Tuzla, usvojen 1966 god., a dobijen od Službe za geodetske i imovinsko-pravne poslove, općine Tuzla Urbanističkog zavoda Tuzla.



Sl. 67. Širi plan trga Kapija

Identifikacija pravca doleta projektila

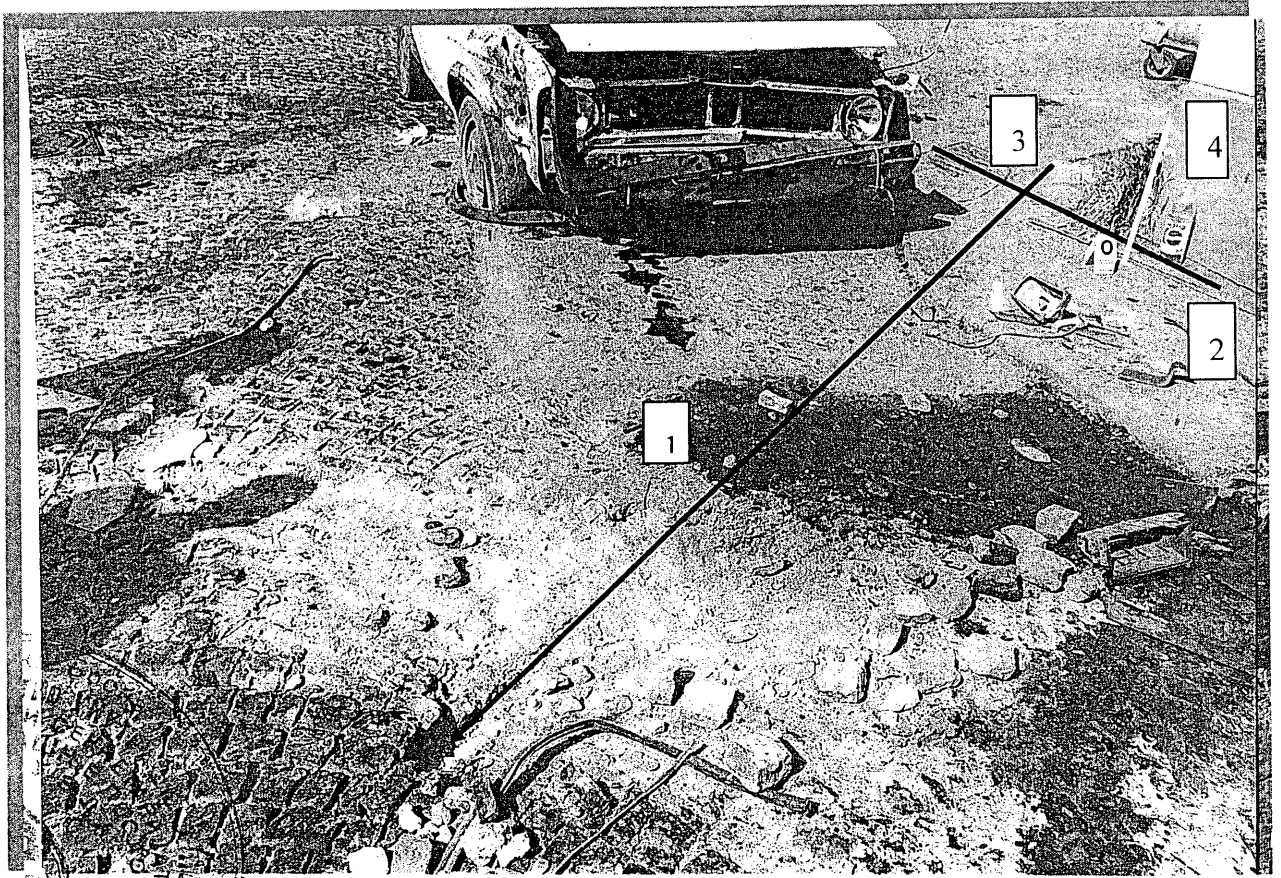
Da bi se odredio pravac doleta projektila do mjesta eksplozije, a koristeći raspoloživu foto dokumentaciju bilo je potrebno učiniti sljedeće korake:

Na fotografiji br. 10 se vidi jasno pravac brazde u kockama granita, tako da je provučen pravac duž brazde u granitnim kockama (oznaka 1).

Provučen je pravac u podnožju vertikalnog zida zgrade ispred koj se desila eksplozija projektila (oznaka 2) do presječišta sa prethodnim pravcem (oznaka 3).

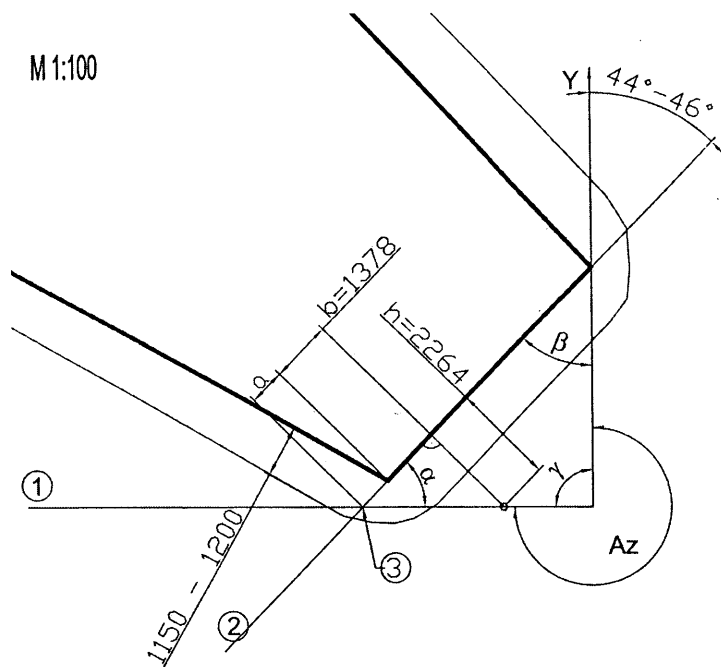
Potrebno je odrediti udaljenost presječne tačke (oznaka 3) do ivice vertikalnog zida (oznaka 4).

Da bi se odredila ta udaljenost korišten je podatak što se na fotografiji vidi dio pločnika sa ivičnjakom, a kojeg presjeca pravac označen sa „3“. Pošto je širina ivičnjaka 180 mm, može se izračunati metodom sličnosti da je tražena udaljenost oko 800 mm. Pri tome je u sistem proračuna ugrađena greška mjerenja i da bi se utvrdio utjecaj te greške, razmatrat će se da je presječna tačka na udaljenosti 800^{+100} mm od ćoška zgrade. Pored toga, radi dopunske provjere metode izvršen je proračun širine pješackog kolnika i dobijena je vrijednost od oko 1150 mm. Sa urbanističkog crteža šireg područja trga Kapija, dobijenog od Službe za geodetske i imovinsko-pravne poslove općine Tuzla može se odrediti da je širina pločnika na tom mjestu između 1150-1200 mm.



Sl. 68. Određivanje udaljenosti tačke presjeka od čiška zgrade i ugla kojeg zaklapaju dva pravca (pravac koji prolazi kroz brazdu i pravac koji prolazi duž dna vertikalnog zida zgrade)

Pošto sada poznajemo dvije tačke pravca doleta projektila, tačku mjesta eksplozije i tačku (oznaka „3“) i presječišta pravaca sa oznakama „1“ i „2“, moguće je definirati crtež iz kojeg će biti određen pravac u odnosu na geografski sjever.



Sl. 69. Skica za definiranje ugla pravca doleta projektila

Metod određivanja ugla kojeg zaklapa pravac doleta sa koordinatnom osom Y (koja se može smatrati pravcem geografskog sjevera). Ulazni podaci za proračun su:

Najkraća udaljenost tačke eksplozije od pravca „2“ (normala na vertikalni zid zgrade) iznosi 2264 mm (oznaka „h“).

Udaljenost presječne tačke „3“ od čoška zgrade je usvojena kao 800^{+100} mm (oznaka „a“).

Udaljenost čoška zgrade do tačke koju čine presjek pravca „2“ sa normalom na taj pravac iz tačke eksplozije je 1378 mm (oznaka „b“).

Ugao koji zaklapa vertikalni zid zgrade (ugao β), odnosno pravac „2“ sa koordinatnom osom Y (uslovno je možemo nazvati pravcem geografskog sjevera) je $45^{0 \pm 1}$ (tolerancija uzeta zbog slijeganja zemljišta i postojanja dva urbanistička plana nastala sa razlikom od 20 godina).

Tabela 4. Ugao doleta projektila, azimut ugla

| | Određivanje ugla (α) kojeg zaklapa pravac doleta projektila (oznaka „1“) sa pravcem podnožja zida zgrade (oznaka „2“), ugla γ i azimuta pravca doleta projektila | | |
|----------------------------------|--|---------------------|---------------------|
| | Udaljenost a=700 mm | Udaljenost a=800 mm | Udaljenost a=900 mm |
| $tg\alpha = \frac{a+b}{h}$ | 1,0895091 | 1,0394857 | 0,0038545 |
| Ugao α | $47,45^0$ | $46,11^0$ | $44,82^0$ |
| Ugao γ ($\beta = 44^0$) | $88,55^0$ | $89,89^0$ | $91,18^0$ |
| Ugao γ ($\beta = 46^0$) | $86,55^0$ | $87,89^0$ | $89,18^0$ |
| Azimut Az (stepeni) | $271,45^0-273,45^0$ | $270,11^0-272,11^0$ | $268,82^0-270,82^0$ |
| Raspon azimuta Az (stepeni) | $268,82^0-273,45^0$ | | |

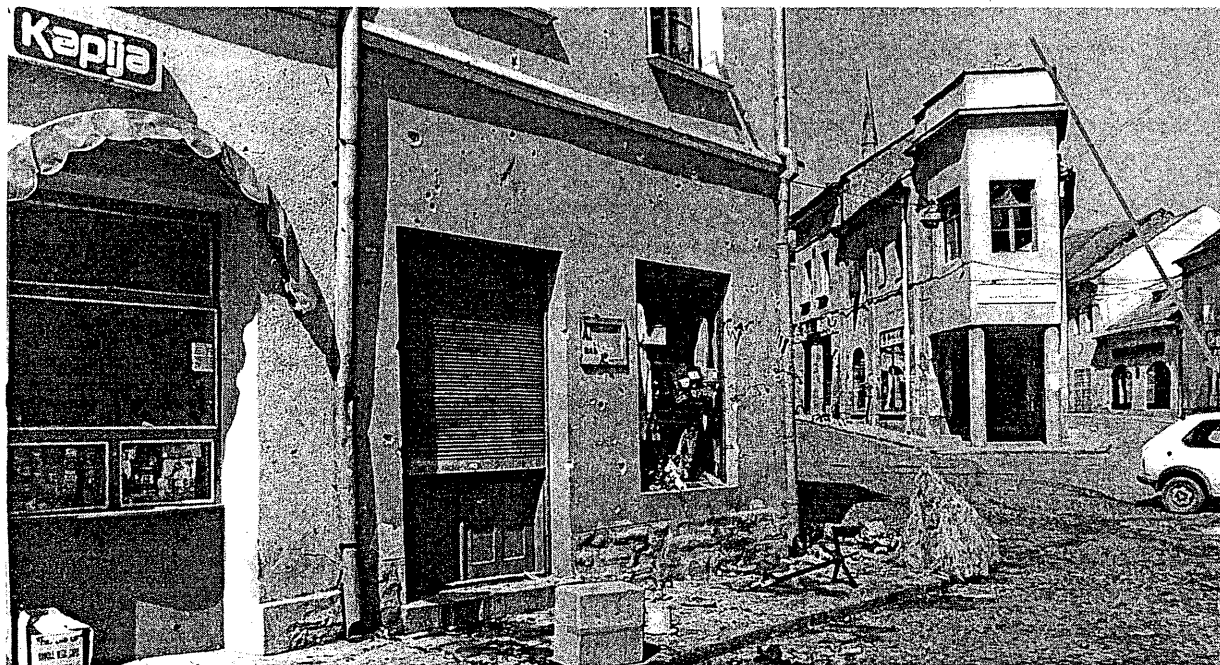
Na osnovu ove analize može se zaključiti da je vjerovatni pravac doleta projektila bio $Az = 271^{0 \pm 2,5}$.

Određeni ugao doleta projektila se potpuno uklapa u rezultate ($270^{0 \pm 10}$) koje je dobila Zajednička komisija MUP-a Tuzla i UNPROFOR-a, razlika se ogleda samo u značajnom smanjenju širine zone doleta projektila.

Identifikacija upadnog ugla projektila

Analizirajući fotografije sa mjesta eksplozije uočava se da je projektil prije eksplozije je preletio zgradu Obuće i zatim je pogodio tlo od granitnih kocki neposredno ispred bočno automobila tipa „Golf“, a koji je bio postavljen uz zid zgrade „NIK“.

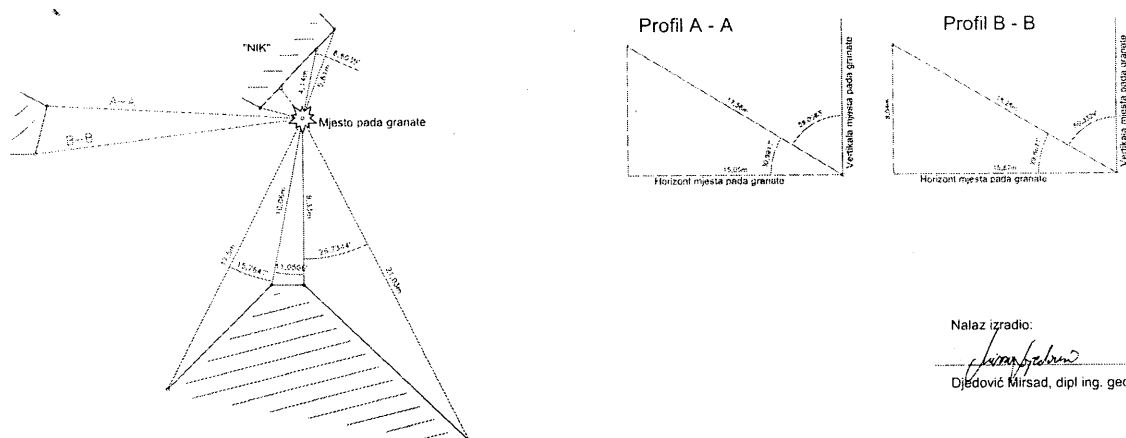
Prije nego je projektil pogodio tlo, preletio je zgradu u kojoj se nalazila prodavnica obuće.



Sl. 70. Snimak mjesta dijela trga u zonu silazne putanje projektila (fotografija br. 36)

Projektil je prošao navedeni zgradu i kada se pogledaju parametri visine zgrade, njena udaljenost do mjesta eksplozije, tada je moguće procijeniti minimalni ugao udara projektila u zoni između zgrade i automobila, odnosno mjesta eksplozije.

Angažovan je gosp. Mirsad Đedović, dipl. ing. geod. da izvrši snimanje makro lokacije mjesta događaja sa geodetskog stanovišta. Njegov crtež je dat na sljedećoj slici.



Sl. 71. Geodetski snimak mjesta pada projektila i zone u pravcu doleta projektila

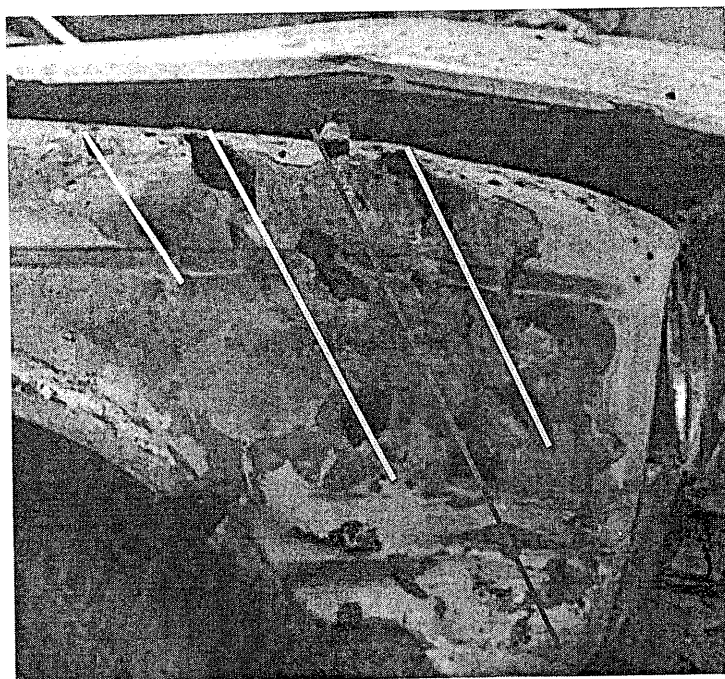
Vidljivo je da upadni ugao projektila u zoni iznad zgrade i do tačke udara u tlo (a također i iznad automobila „Golf“) je veći od 31° , jer je putanja projektila bila neposredno uz projekciju A-A.

Na fotografijama je vidljivo da je projektil eksplodirao neposredno iza automobila „Golf“, gledano iz pravca doleta, a jasni su tragovi oštećenja prednjeg desnog branika automobila.

To jasno ukazuje da je upadni ugao projektila bio značajno veći od ugla određenog pri prethodnim razmatranjima.



Sl. 72. Tragovi proboja prednjeg desnog blatobrana od fragmenata projektila (fotografija broj 31)



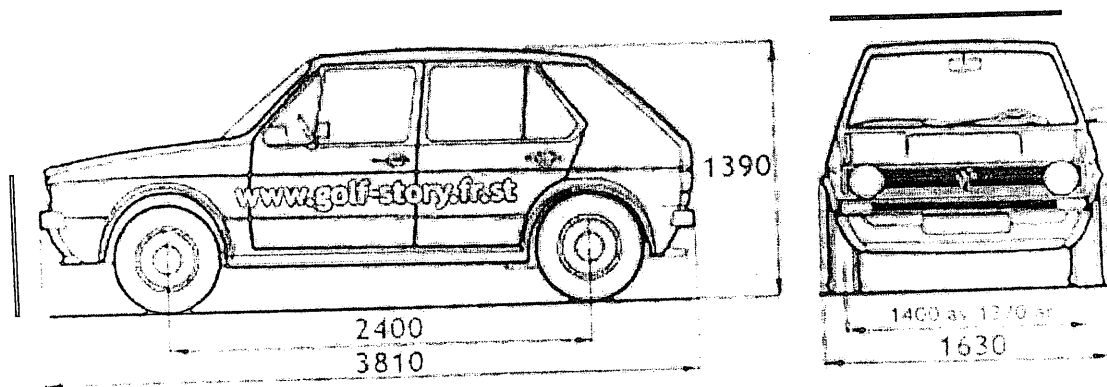
Sl. 73. Glavne linije fragmenata na prednjem desnom braniku automobila „Golf“ su relativno su relativno paralelne međusobno.

Uočljivo je da ugao nagiba fragmenata po jednoj liniji je veći od 60° .

U cilju što potpunijeg sagledavanja realnih uvjeta koje su izazvale masakr mladih ljudi na trgu „Kapija“ dana 25.05.1995 god. pristupilo se rekonstrukciji događaja.

Izabran je automobil tipa „Golf“, iste serije kao automobil koji je bio neposredno na mjestu eksplozije. Pored osnovnih dimenzija datih na narednoj slici, potrebno je naglasiti dimenzija kao što su visina i širina prednjeg dijela automobila (širina je 1420 mm, a visina 740 mm).

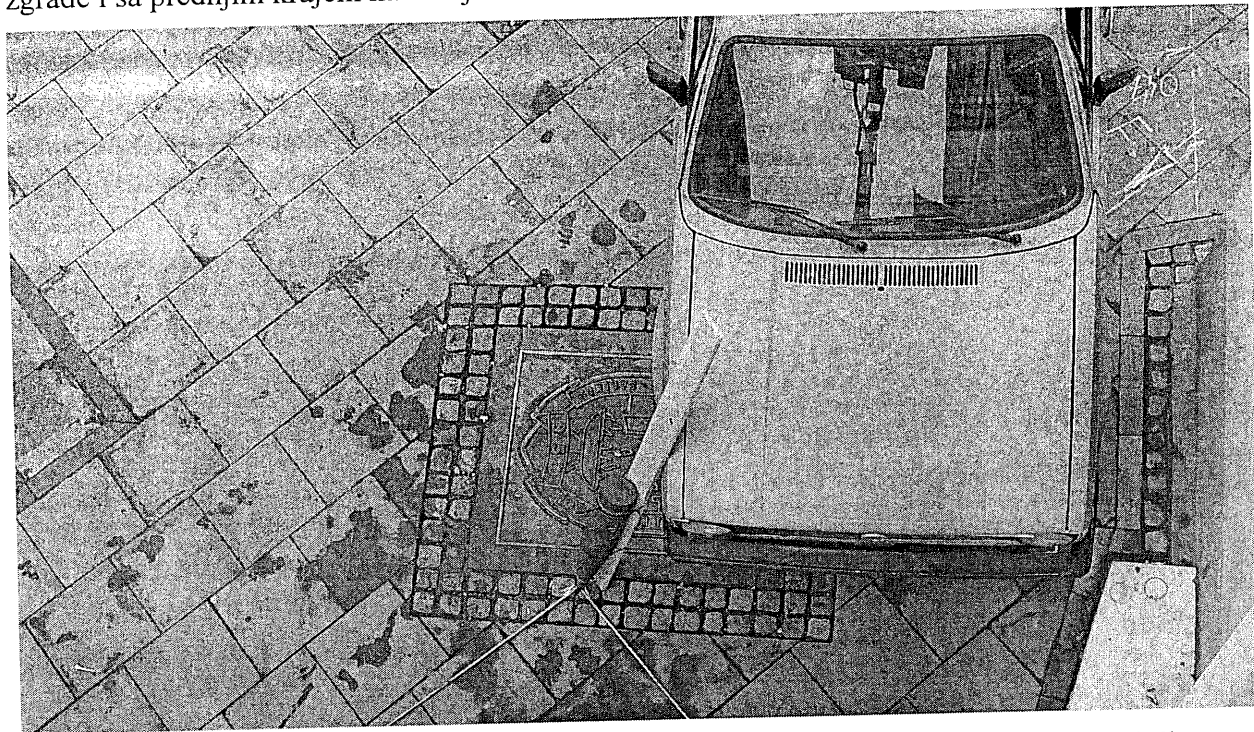
Volkswagen Golf Mark 1



Sl. 74. Osnovne dimenzije automobila „Golf“ varijanta 1

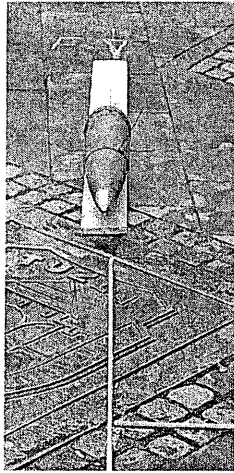
Definirana je tačka eksplozije projektila koristeći podatke o njenom položaju iz Izvještaja istražnog sudije.

Automobil tipa „Golf“ je postavljen uz zgradu, na udaljenosti 470 mm od vertikalnog zida zgrade i sa prednjim krajem na udaljenosti od 1300 mm od ivice zgrade



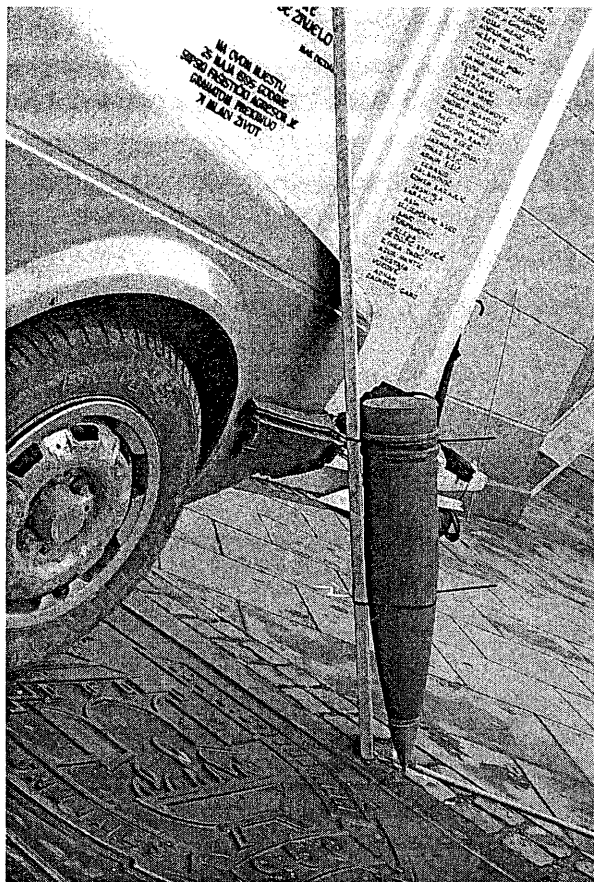
Sl. 75. Pogled odozgo na raspored automobila u odnosu na zgradu i položaj projektila

Projektil 130 mm M79 koji je korišten pri rekonstrukciji je postavljen na dasku dužine 1500 mm i širine 150 mm i vezan uzicama.



Sl. Pripreda projektila 130 mm M79 za rekonstrukciju upadnog ugla

Poznavajući mjesto eksplozije, pravac doleta i poziciju automobila stvorene su pretpostavke da se odredi i minimalni upadni ugao projektila u trenutku eksplozije. Projektil 130 mm M79 učvršćen za dasku je postavljen vrhom u tačku eksplozije i osa projektila je usmjerena ka određenom pravcu doleta $Az=271^{\circ}$. Zatim je daska sa učvršćenim projektilom 130 mm M79 lagano spuštена dok se daska nije oslonila na prednji desni branik automobila „Golf“ ver.1.



Sl. 76. Minimalni upadni ugao projektila pri kojem će projektil mimoići bočnu stranu automobila „Golf“ je 62°

Pomoću uređaja „Clinometer Field mark VI, N₀ AVL 24222“, firma „AVIMO“ pri rekonstrukciji je određen ugao upada projektila 62⁰.

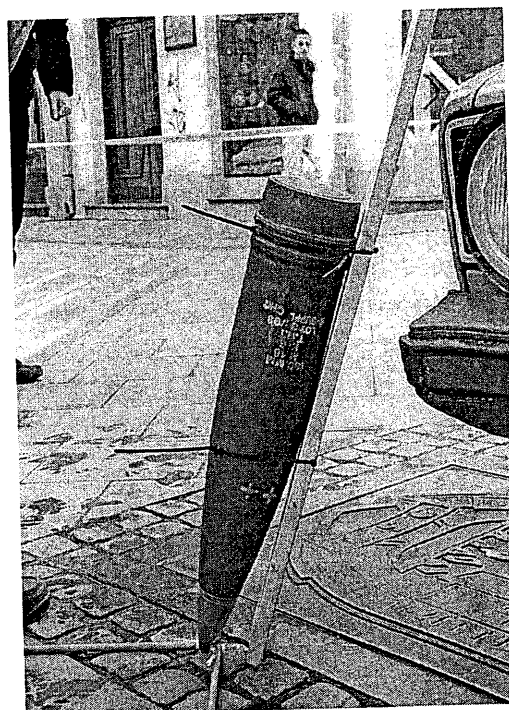
Taj ugao je minimalni upadni ugao pri kojem je projektil HE 130 mm mogao da pogodi tlo od granitnih kocki dana 25.05.1995 god.

Obzirom da je to granični ugao, a realno ovaj tip projektil je žiroskopski stabiliziran sistem i rotira jako velikom ugaonom brzinom oko svoje uzdužne ose i pri tome vrši precesiono i nutaciono kretanje, vjerovatnije je da je padni ugao bio veći za par stepeni.

Zbog toga su na sljedećim fotografijama prikazana dva položaja projektila pri kojima nije postojala vjerovatnoća da projektil dodirne strukturu automobila.

Na slici lijevo je izvršeno lagano odmicanje daske sa projektilom i izvršeno je očitavanje upadnog ugla oko 68⁰. Prema Tablicama gađanja za top 130 mm M46⁴, tablični upadni ugao pri maksimalnom dometu je 67⁰ i 41'.

Na fotografiji desno, daska sa projektilom je značajnije odmaknuta od prednjeg desnog blatobrana i očitani je upadni ugao od 73⁰.



Sl. 77. Dva položaja projektila bez kontakta sa automobilom, lijevo je upadni ugao 68⁰ (maksimalni domet), a desno upadni ugao od 73⁰

Na osnovu navedene rekonstrukcije i podataka iz Tablica gađanja za top 130 mm M46 upadni ugao HE projektila 130 mm se nalazi u intervalu:

$$62^{\circ} \leq \theta \leq 67^{\circ} \text{ i } 41'$$

Iz Tablica gađanja za top 130 mm M46 sada je moguće odrediti udaljenost vatrenog položaja za tablične uvjete i za navedene upadne uglove:

$$26.500 \text{ m} \leq X_{VP} \leq 27.480 \text{ m}$$

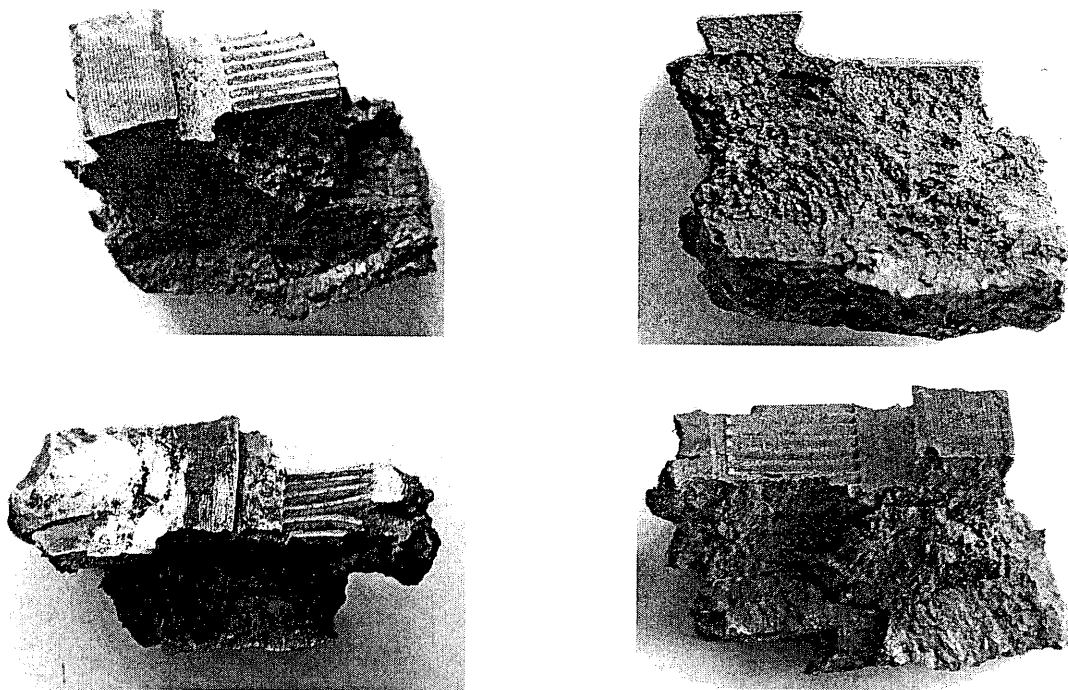
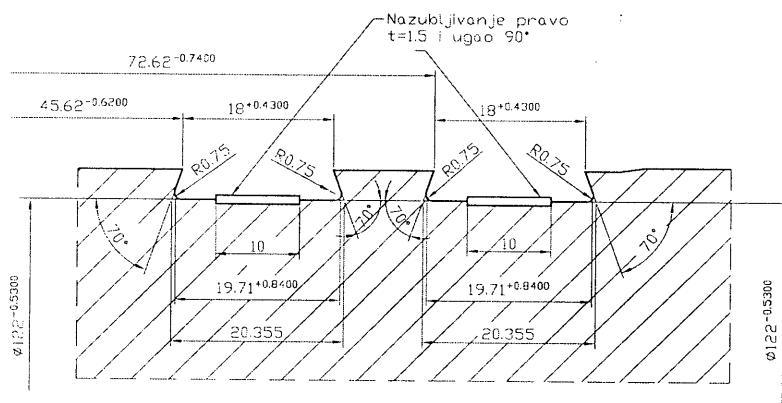
⁴ Tablice gađanja za top 130 mm M46, Savezni sekretarijat za narodnu odbranu, Vojnoizdavački zavod, 1984.

Identifikacija kalibra i tipa projektila

U ekspertizi u sklopu poglavlja „Metode i analize kratera“⁵ naglašeno je da se identifikacija kalibra i tipa projektila se prvenstveno oslanja na materijalnim elementima nađenim na mjestu eksplozije, kao što su fragmenti projektila. Veoma precizno se može identificirati kalibar i tip projektila na osnovu nađenih dijelova ležišta vodećeg prstena i samog vodećeg prstena ili većih dijelova tijela projektila.

Nakon pregleda mjesta eksplozije, Istražna komisija je pronašla 178 fragmenta različitog oblika i mase, a iz tijela poginulih su izvađene 25 grupa fragmenta.

Izvršena je analiza fragmenta po masi i obliku i svi ti fragmenti su snimljeni.

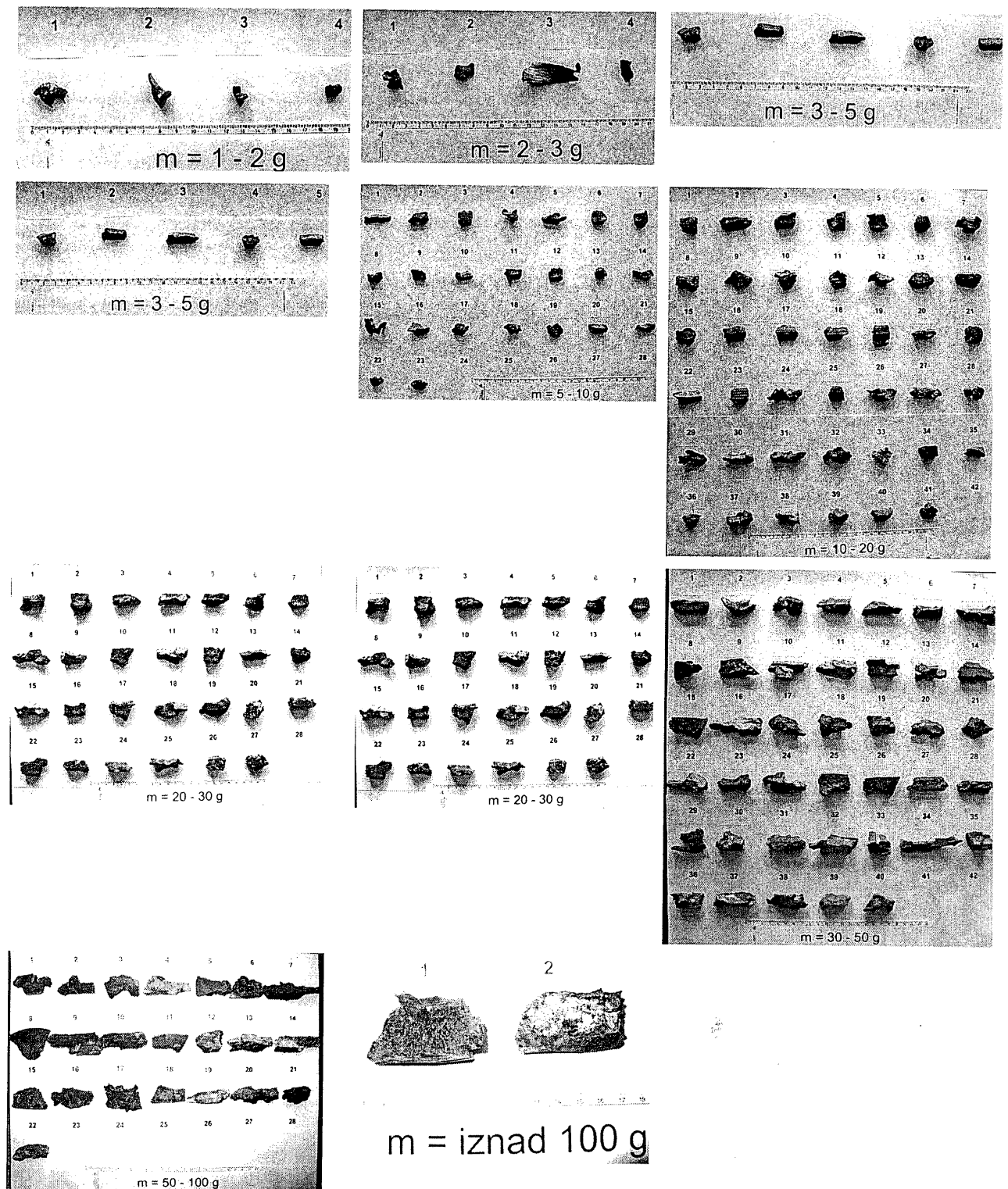


Sl. 78. Detalj ležišta za vodeće prstenove HE projektila 130 mm M79 i fotografije dijelova fragmenata iz zone ležišta vodećeg prstena

⁵ Anon: FM 6-50 Tactics, Techniques, and Procedures for The field artillery cannon battery, appendix j, Crater analysis and reporting, Headquarters Department of the Army and United States Marine corps, 1996, <http://www.globalsecurity.org/military/library/policy/army/fm/6-50/Appj.htm>

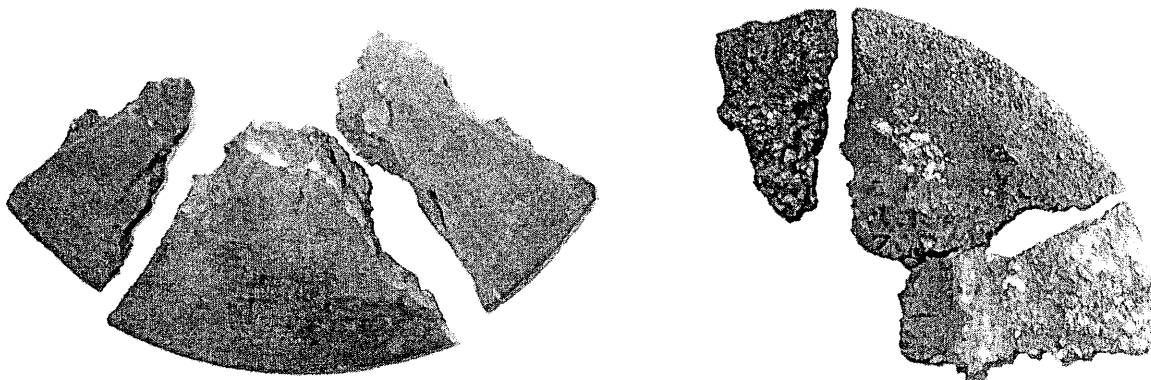
Izvršena je analiza prikupljenih fragmenata i izdvojeni su oni fragmenti koji mogu pomoći u identifikaciji kalibra i tipa projektila (fragmenti iz zone ležišta vodećih prstenova (postoje dva) i fragmenti iz upaljača).

Uspoređujući detalj ležišta vodećih prstenova i mjereći pronađene dijelove bez ikakve sumnje je potvrđeno da fragmenti sa prethodne fotografije potiču od HE projektila 130 M79 (po širini i dubini ležišta, obliku ožljebljenih površina, obliku lastinog repa).

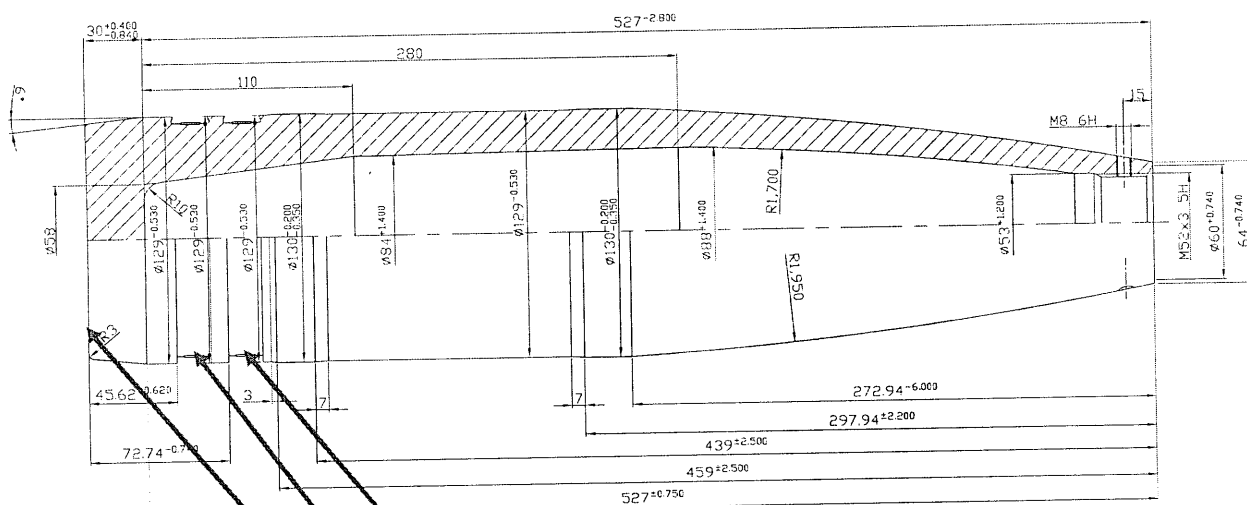


Sl. 79. Fragmenti projektila grupirani po masi (pronađeni na mjestu eksplozije)

Pored dijelova ležišta vodećih prstenova, pronađena su tri fragmenta sa dna HE projektila 130 mm. Izvršena je rekonstrukcija krivine vanjskog ruba tih dijelova dna i može se sa velikom sigurnošću procijeniti da je prečnik dna zadnjeg konusa projektila oko 120 mm, a što se u potpunosti poklapa sa crtežom HE projektila 130 mm M79.



Sl. 80. Dijelovi dna projektila 130 mm M79 (procijenjen je vanjski prečnik dna na cca. 120 mm)



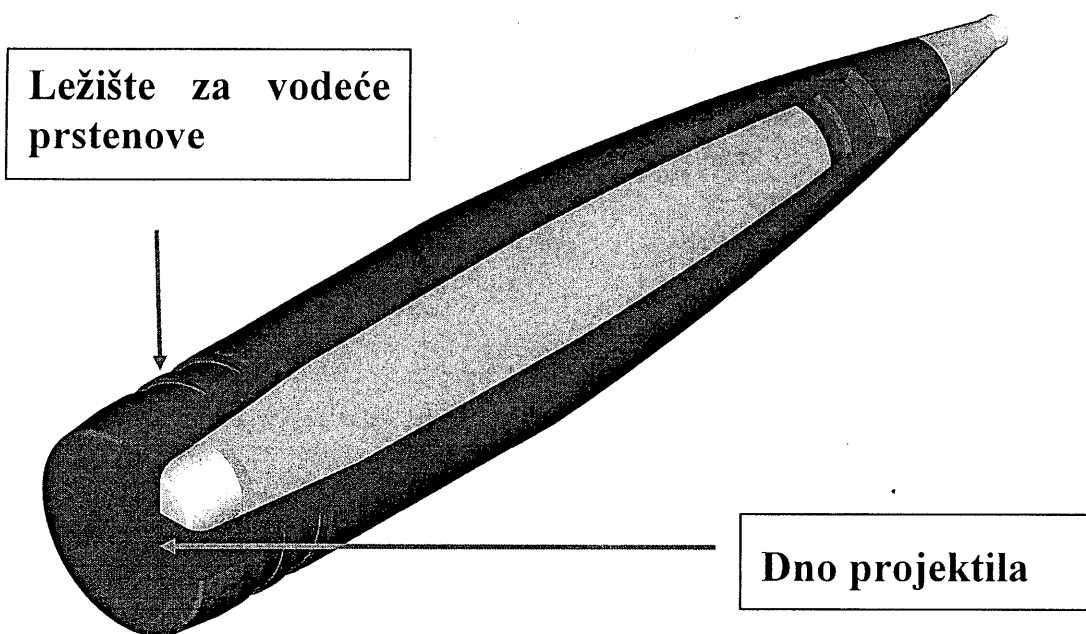
Ležišta vodećih prstenova.

Mjesto odakle potiču pronađeni fragmenti dna. Iz crteža je veoma lako ustanoviti da je prečnik dna oko 120 mm.

Sl. 81. Osnovne dimenzije tijela projektila 130 mm M79 sa jasno naznačenim mjestima odakle potiču razmatrani fragmenti.

Prečnik dna od oko 120 mm ne posjeduje ni jedan drugi projektil osim HE projektila 130 mm M79.

Također, HE projektil 130 mm M79 ima dva ležišta i dva vodeća prstena. Dimenzije (širina, dubina) ležišta, oblik i ugao lastinog repa u potpunosti odgovaraju HE projektilu 130 mm M79. HE projektili 122 mm OF-462 i M76 imaju jedna vodeći prsten i drugačije dimenzije ležišta i tip ožljebljenja, a to isto imaju i HE projektili 152 mm M84 i 152 mm OF-540, odnosno projektil 155 mm M107.



Sl. 82. 3-D izgled HE projektila 130 mm M79

Na osnovu analize fragmenata iz dva nezavisna regiona tijela projektila nedvojbeno je utvrđeno da fragmenti nađeni na mjestu eksplozije potječu od HE projektila 130 mm M79, a koji se lansira iz artiljerijskog topa 130 mm M46.

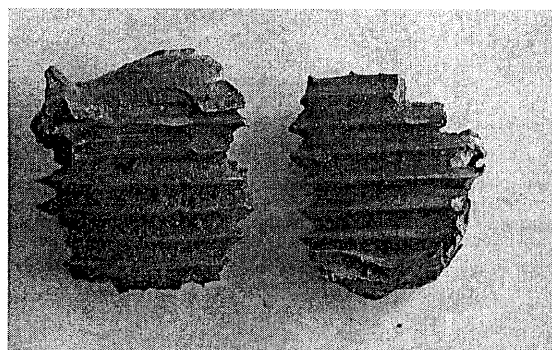
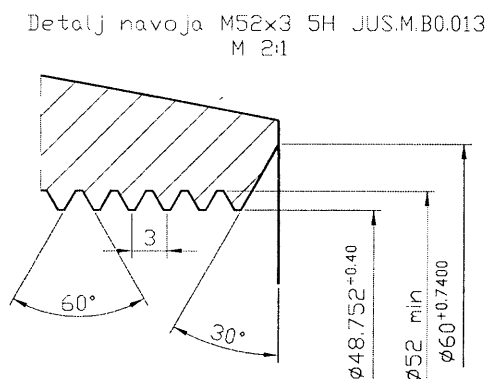
Na trgu „Kapija“ dana 25.05.1995 god. u 20⁵⁵ sati je eksplodirao artiljerijski HE projektila 130 mm M79 i izazvao smrt 71 osobe i ranjavanje 124 osobe.

Pronađeni su dijelovi projektila koji potječu od upaljača i adaptera (vezni dio koji omogućava korištenja dva standarda upaljača različitih prečnika i navoja). Razmatran je dio veze adaptera upaljača i dijela upaljača (fragment) i on je identifikovan. Taj fragment je prikazan na sljedećoj fotografiji zajedno sa presjekom upaljača UTIU M72.

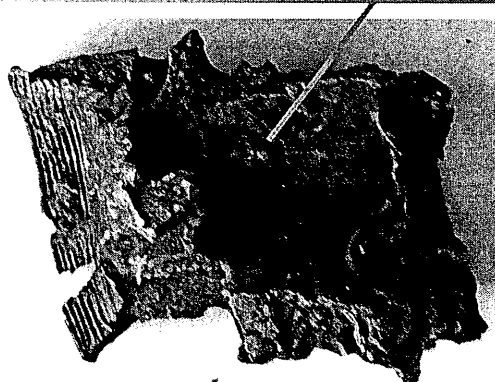
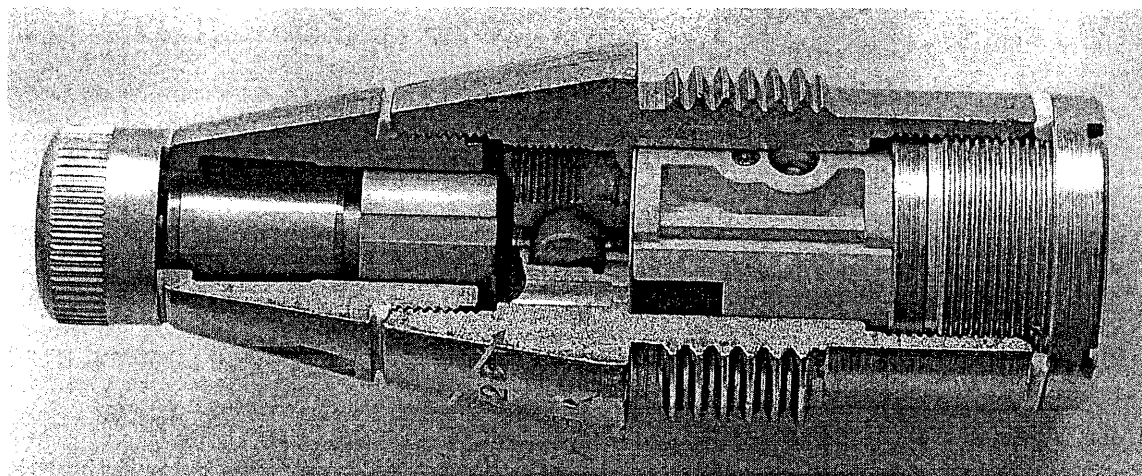
Logično, jedna tip upaljača može da se koristi kod projektila različitog kalibra, tako da identifikacija projektila preko dijelova upaljača je moguća samo u izuzetno rijetkim prilkama.

U ovom slučaju se može konstatirati da je korišten upaljač koji je i predviđen u sklopu Tablica gađanja za top 130 mm M46.

Pored dijelova upaljača pronađeno je nekoliko fragmenata sa jasno izraženim navojima kod kojih je korak navoja bi 3 mm i 2,5 mm. Ti dijelovi su poticali od vrha tijela projektila i adaptera.



Sl. 83. Detalj navoja na vrhu projektila (na ovaj dio se uvrće adaptera u slučaju kada se koriste upaljači drugih dimenzija)



Adapter

Sl. 84. Dijelovi upaljača UTIU M72

Opseg i vrsta oštećenja izazvana upotrebom artiljerijskog projektila 130 mm

Kod standardnih artiljerijskih projektila pri detonaciji primarni efekti su kinetička energija fragmenta, a sporedni djelovanje udarnog talasa (nadpritisak).

Djelovanje udarnog talas je ograničeno na veoma mali prostor, tako da kod HE projektila 130 mm M79 to je prečnik od 2,8 m sa centrom u mjestu eksplozije.

Zbog prisustva automobila i zida zgrade, javlja se reflektirani udarni talas koji multiplicira intenzitet udarnog talas te je u zoni uz zid zgrade posebna zona nadpritiska koja može izazvati oštećenja mekih tkiva kod ljudi i prskanje krvnih sudova. Prema Američkim studijama¹ definirani su nadpritisaci pri kojima mogu da nastanu značajna oštećenja na ljudskom tkivu, odnosno smrt. Tako pri nadpritisaku od 1,4 bar do 2 bar nastupa prskanje pluća, odnosno pri nadpritisaku od 7-15 bar nastupa smrt.

Pri prirodnoj fragmentaciji tijela HE projektila 130 mm M79 se formira od 4.000 do 6.800 fragmenata. Fragmenti mase do 10 g imaju 87% udjela u ukupnom broju fragmenata, dok u masenom udjelu čine samo do 28% ukupne mase metala projektila. Vidljivo je da čak 56% broja fragmenata su mase manje od jednog grama.

Kinetička energija fragmenta, koji imaju srednju početnu brzinu u trenutku fragmentacije oko 850 m/s je dominantna za izazivanje teških povreda na širem prostoru u odnosu na centar eksplozije.

Radius smrtonosne zone kod HE projektila 130 mm M79 je 27 m od centra eksplozije. Hipotetski, pod uvjetima konstantne gustine fragmenata, svaka osoba koja je bila licem ili leđima okrenuta prema centru eksplozije je bila pogođena sa jednim smrtonosnim fragmentom (usvaja se da je tada površina projekcije čovječje figure jednaka 1 m^2) ili 2,2 fragmenta različite energije udara.

Na udaljenosti od 10 m od centra eksplozije, svaka osoba je mogla da primi prosječno 8,08 smrtonosnih fragmenta ili 23,3 fragmenta različite energije udara u svoje tijelo.

Na udaljenosti od 5 m od centra eksplozije, svaka osoba je mogla da primi prosječno 14,90 smrtonosna fragmenta ili 23,3 fragmenta različite energije udara u svoje tijelo.

Na udaljenosti od 3 m od centra eksplozije, svaka osoba je mogla da primi 19 smrtonosna fragmenta ili 110 fragmenta različite energije udara u svoje tijelo.

Logično, ovo su statistička razmatranja podataka sa realnih ispitivanja HE artiljerijskih projektila 130 mm M79, ali koja jasno oslikavaju da je ovaj projektil visoko efikasan protiv ljudi, a posebno ako postoji visoka koncentracija ljudi na malom prostoru.

Ako se na prostoru između centra eksplozije i razmatrane tačke u prostoru udaljene na određenom rastojanju nalaze prepreke ili ljudi, tada je jasno da će prepreka i ljudska tijela preuzeti na sebe dio fragmenata i statistička razmatranja će imati drugi karakter.

Ako pretpostavimo da su ljudi na udaljenosti od 5 m bili raspoređeni licem ili leđima okrenuti prema centru eksplozije i da je prosječna širina ljudske figure 0,6 m, tada je u tom krugu moglo biti 52 osobe i svaka je mogla statistički da primi po 14,9 smrtonosnih fragmenata.

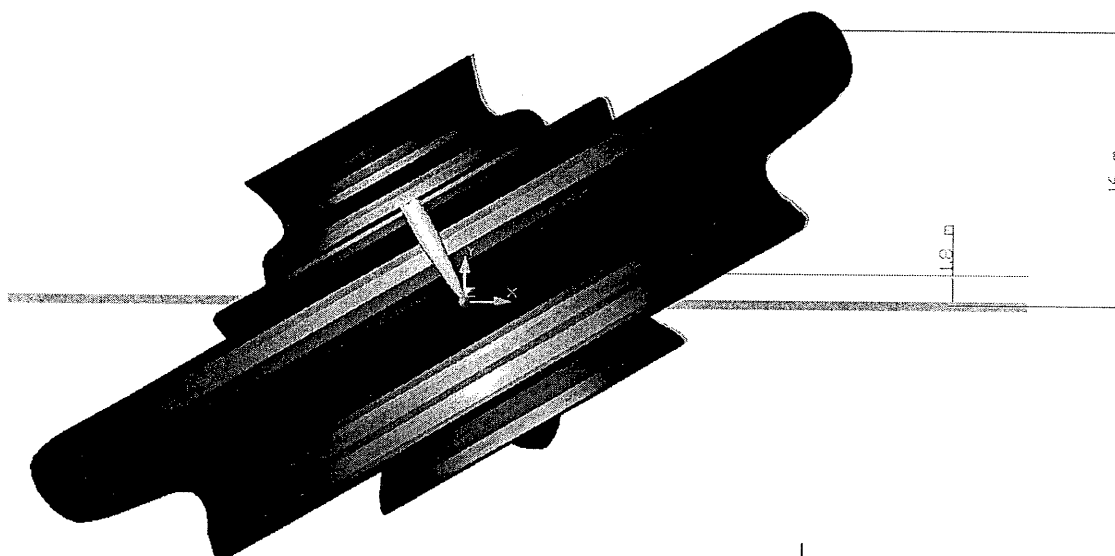
Međutim, ako su svi bili okrenuti bočno prema centru eksplozije, a prosječna dubina ljudskog tijela je oko 0,3 m, tada je u tom krugu moglo biti oko 105 osoba i ponovo je svaka mogla da statistički primi po 14,9 smrtonosnih fragmenata.

¹ TB 700-2, NAVSEAINST 8020.8 B, DoD Ammunition and Explosives Hazard Classification Procedures, Washington, 1999.

Ako se na prostoru između centra eksplozije i razmatrane tačke u prostoru udaljene na određenom rastojanju nalaze prepreke ili ljudi, tada je jasno da će prepreka i ljudska tijela preuzeti na sebe dio fragmenata i statistička razmatranja će imati drugi karakter. Brzina fragmenata u trenutku eksplozije je bila prosječno veća od 850 m/s, logično je da bi veći broj fragmenata jednostavno prošao kroz ljudsko tijelo i pogodio ljude koji bi se eventualno nalazili iza osobe koja je prva pogođena sa fragmentima. Time bi se broj osoba koje su pogođene smrtonosnim fragmentima višestruko uveća, jer čovječja figura nije homogen cilj.

U ovome slučaju je značajan i utjecaj karakteristika tla koje se sastojalo od granitnih kocki. Poznato je da granit ima veoma veliku tvrdoću, tako da fragmenti koji su udarili o granitnu kocku su se odbijali (rikošetirali) i ponovo prolazili kroz ljudska tijela (što ne bi bio slučaj kod tla od zemlje, pijeska ili asfalta). Pri udaru fragmenata o granitnu površinu moralo je doći i do erodiranja površine kamena, tako da su se stvarali sekundarni fragmenti od granita koju su nanosili značajna oštećenja ljudskog tkiva.

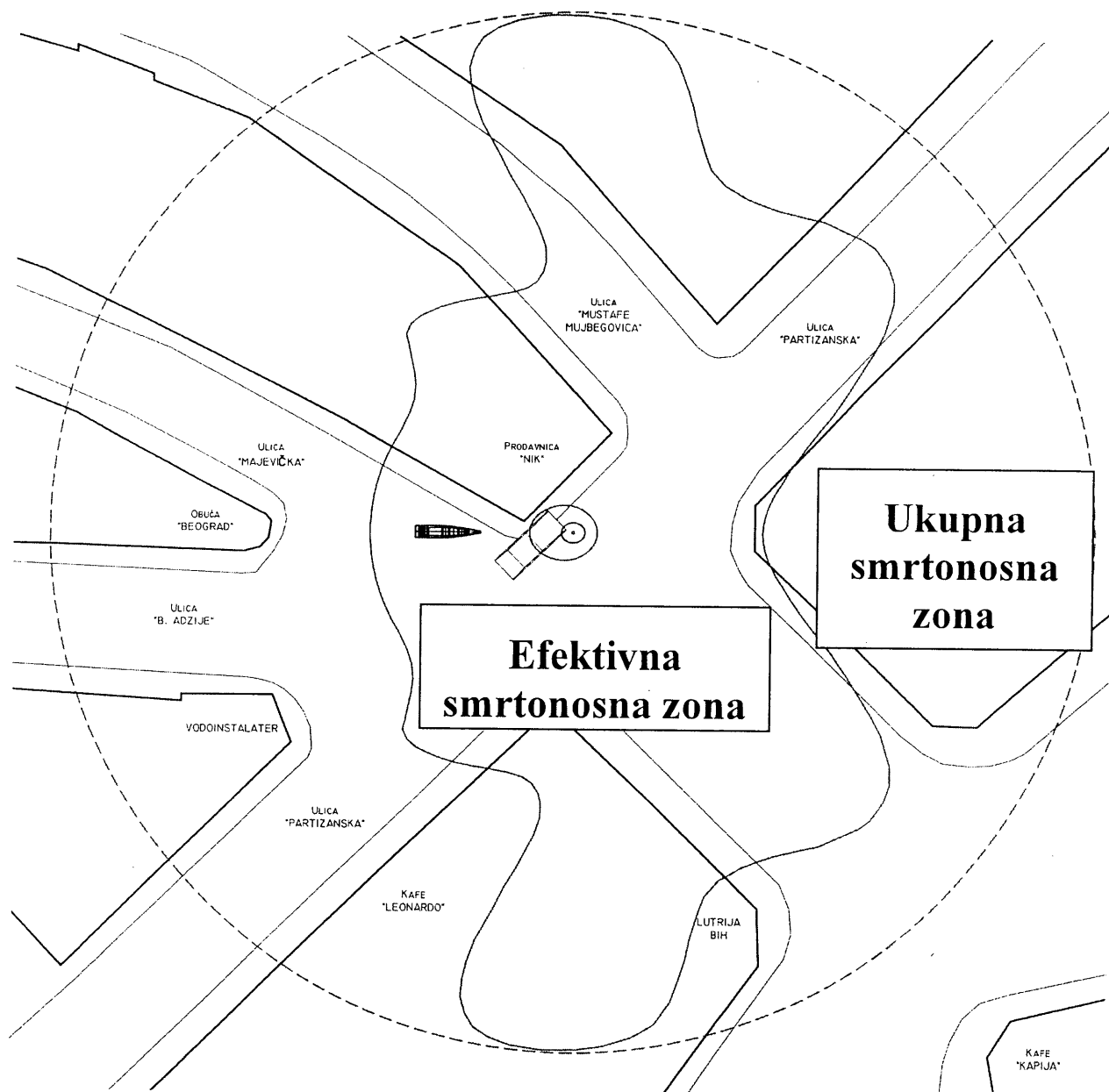
Na osnovu dostupnih podataka o testiranjima HE projektila 130 mm M79 i sličnih projektila, moguće je napraviti simulaciju prostorne distribucije efikasnih (energija fragmenata veća od 80 J) fragmenata u uvjetima upadnog ugla projektila od 60° i razmatrati utjecaj bočnih snopova fragmenata na prostor trga „Kapija“. Na sljedećoj slici se jasno vide bočni snopovi fragmenata, pri čemu treba obratiti pažnju na podatak da je granica smrtonosne zona na udaljenosti od centra eksplozije 27 m i da je bočni snop nagnut pod uglom od oko 30° (najveća smrtonosna zona se postiže pri upadu projektila na cilj pod uglom od 90°).



Sl. 85. Prostorna distribucija efikasnih fragmenata HE projektila 130 mm M79

Na osnovu te simulacije bilo je moguće uz pretpostavku da je prosječna visina osoba koje su bile na trgu „Kapija“ bila 1,8 m definirati efektivnu smrtonosnu zonu (zona u prostoru do visine od 1,8 m od tla) i ukupnu smrtonosnu zonu (zona do krajnjeg ruba bočnog snopa fragmenata).

Izgled tih smrtonosnih zona je dat na sljedećoj slici.



Sl. 86. Smrtonosna zona i zona oštećenja na trgu „Kapija“

Rezultati istraživanja se u potpunosti poklapaju sa nalazima Istražne komisije o broju žrtava (poginulih i ranjenih) i oštećenjima na objektima na trgu „Kapija“. Ukupan broj žrtava je bio 195 osoba, od čega je 71 osoba smrtno stradala.

Vjerovatna zona lansiranja artiljerijskog HE projektila 130 mm OF-482 ili M79

Analiza mjesta masakra mladih na trgu „Kapija“ utvrdila je nepobitno sljedeće činjenice nužne za spoljno-balističku analizu iz koje bi proistekla zona ili zone lansiranja projektila:

Identifikovan je kalibar i tip projektila koji je eksplodirao 25.05.1995 god. u 20⁵⁵ sati izazvao velike ljudske žrtve, a to je HE projektil 130 mm M79 ili OF-482 (ruska oznaka za isti tip projektila).

Oružje iz koga se lansira taj projektil je top 130 mm M46.

Vjerovatni pravac doleta projektila je bio $Az=271^{0\pm 2,5}$.

Upadni ugao HE projektila 130 mm u trenutku eksplozije je bio u intervalu:

$$62^{\circ} \leq \theta \leq 67^{\circ} \text{ i } 41'$$

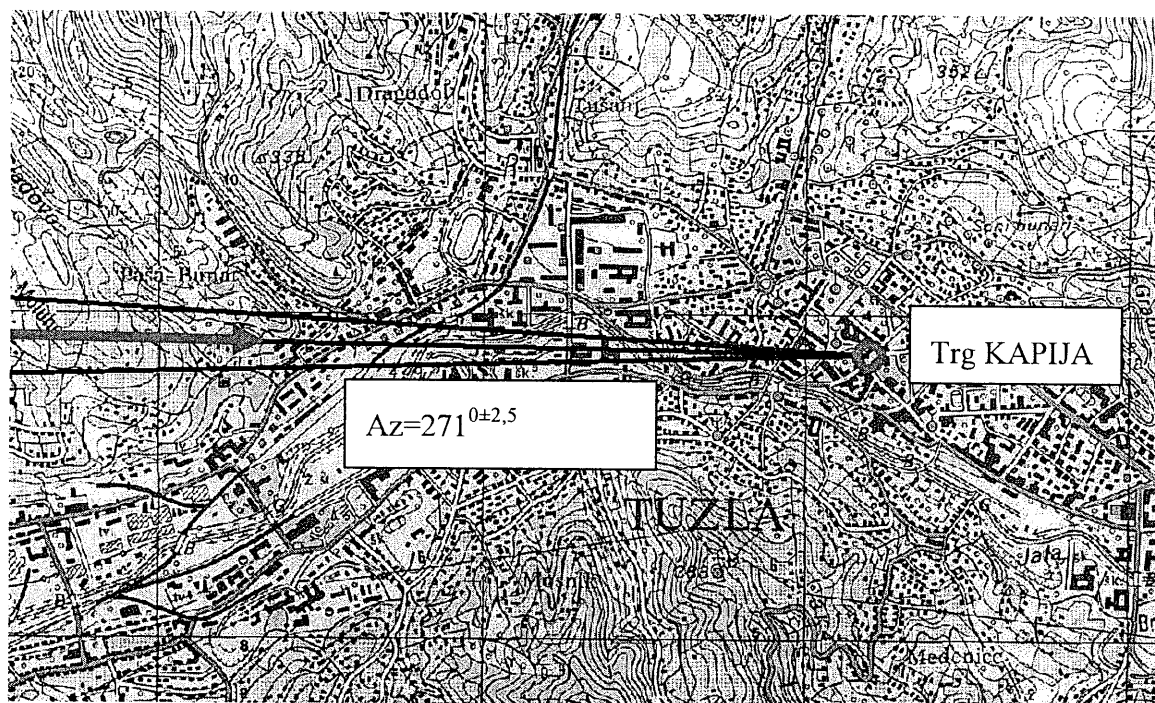
Iz Tablica gađanja za top 130 mm M46 za navedene upadne uglove i za tablične uvjete udaljenost je bila:

$$26.500 \text{ m} \leq X_{VP} \leq 27.480 \text{ m}$$

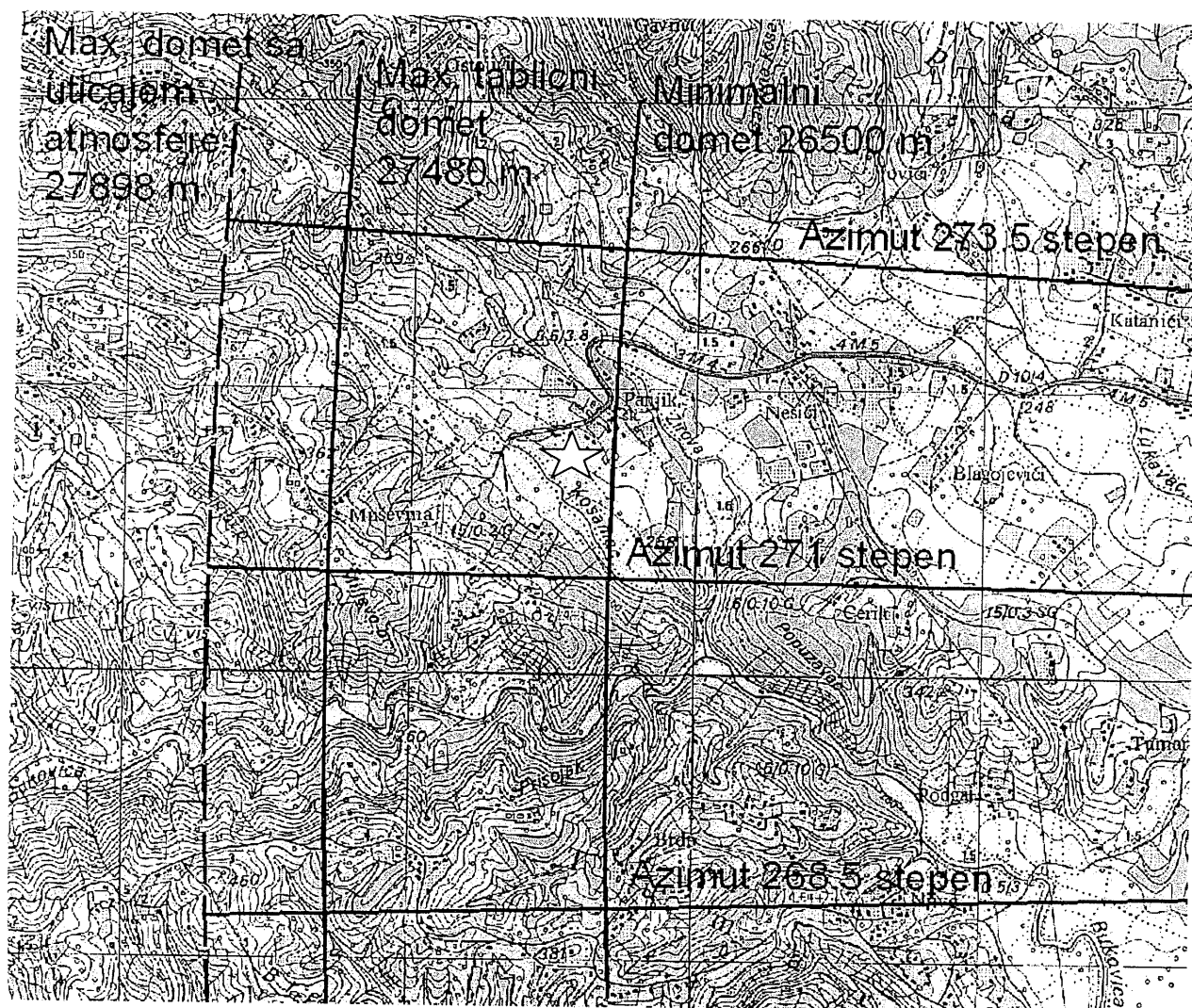
Topovi 130 mm M76 su oružja koja se vuku kamionima ili vozilima sa gusjenicama. Masa oružja je oko 8 t, tako da se mogu transportovati samo preko jako čvrstog tla i vatreni položaj mora biti u blizini saobraćajnice.

Ako se pogleda topografska karta zemljišta na rastojanje od 26.500 m od mjesta pada i pri rasponu azimuta od $271^{0\pm 2,5}$, tada se može jasno vidjeti da u neposrednoj blizini se nalazi samo jedna saobraćajnica i selo pod nazivom Panjik.

Ispred sela Panjik, nalaze se u neposrednoj blizini još dva sela Nešići i Blagojevići.



Sl. 87. Karta šireg mjesta eksplozije projektila 130 mm M79 sa naznačenim pravce dolaska



Sl. 87. Proračunska zona pozicije vatrenog položaja topa 130 mm M46 (Vjerovatna zona je selo Panjik, neposredno uz saobračajnicu i ta zona je označena sa zvjezdicom.)

Radi što potpunije definiranja što uže zone pozicije vatrenog položaja topa 130 mm M46 izvršene su sve potrebne pripreme za simulaciju mogućih trajektorija putanja projektila 130 mm M46 za puno punjenje i prikupljeni su dostupni meteo podaci (podaci o atmosferi).

Za simulaciju putanja projektila 130 mm M46 za puno punjenje ($V_0=930$ m/s) korišten je softver 3-DOF sa originalnim balističkim koeficijentima prema tablicama gađanja za top 130 mm M46, usvojeni su normalni (tablični) uvjeti.

Za te uvjete su podaci o trajektoriji dobiveni softverom 3-DOF uspoređeni sa podacima iz tablica gađanja i razlike su bile 0,29% pri maksimalnom dometu. Ta razlika je potpuno zanemarljiva pri ovakvom tipu analize i u okviru je dopuštenog rasturanja dometa.

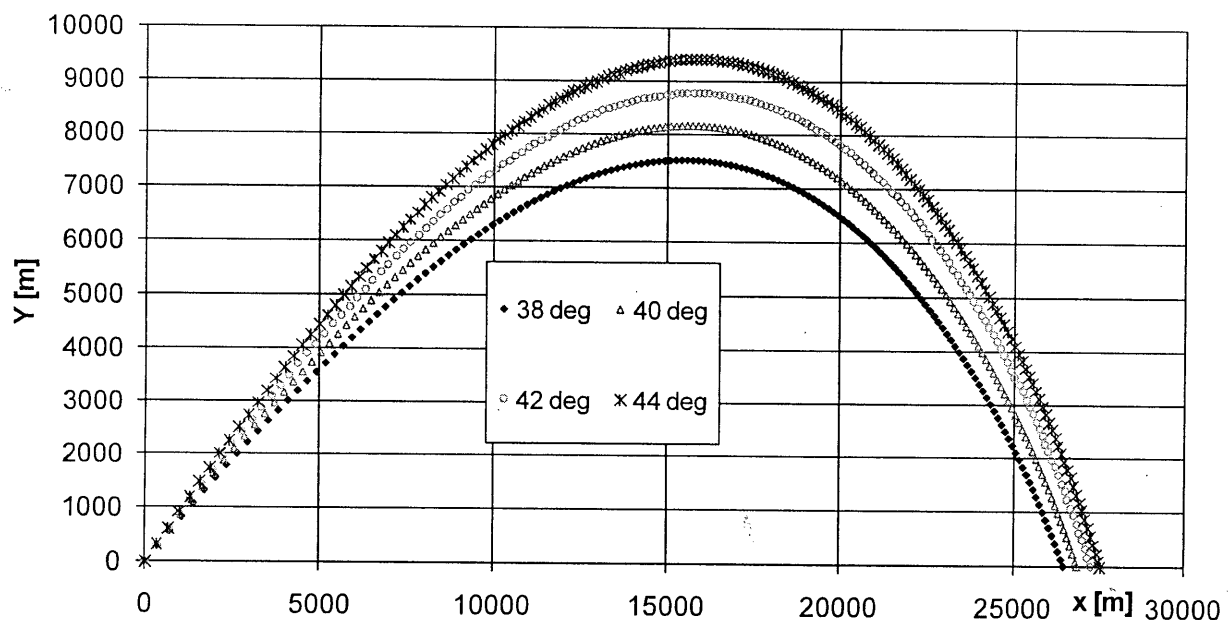
Određena je udaljenost topa 130 mm M46 je bio 26.500 m (na karti je to naznačeno kao minimalni domet) pri kojoj je ispunjen uvjet da je minimalni upadni ugao projektila u trenutku udara u tlo 62° , a koji je određen u ovoj analizi.

| | Ugao lansiranja | Vrijeme leta | Padna brzina | Padni ugao | Domet | Tjeme |
|----------------------------|-----------------|--------------|--------------|------------|---------|--------|
| Normalni uslovi $y_0=30$ m | 38 | 76,941 | 341,32 | -59,8205 | 26071,4 | 7476,4 |
| | 39 | 78,599 | 342,73 | -60,608 | 26286,5 | 7779,4 |
| | 40 | 80,252 | 344,15 | -61,3662 | 26487,9 | 8086,2 |
| | 41 | 81,889 | 345,58 | -62,0935 | 26671,4 | 8395,2 |
| | 42 | 83,517 | 347,01 | -62,7937 | 26838,7 | 8706,9 |
| | 43 | 85,132 | 348,47 | -63,467 | 26989,1 | 9021,3 |
| | 44 | 86,734 | 349,93 | -64,1121 | 27122,6 | 9337,4 |
| | 45 | 88,324 | 351,41 | -64,7339 | 27237,7 | 9656,3 |

Sl. 88. Osnovni tablični podaci za projektil 130 mm M79 uz uvjet visinske razlike između vatrenog položaja i mjesta eksplozije

Na osnovu našeg zahtjeva, Federalni hidrometeorološki zavod je svojim dopisom broj. 04-33-2-1031/07 od 11.12.2007. g. dostavio podatke o meteorološkim prilikama sana 25.05.1995 god., a koji su korišteni pri simulaciji putanje artiljerijskog projektila 130 mm M79. U tom dopisu je navedeno:

„Dana 25.05.1995. godine na meteorološkoj stanici Tuzla registrovano je vedro i stabilno vrijeme, bez padavina. Srednja dnevna temperatura je iznosila 18,9°C, a u 21 sat temperatura zraka je iznosila 17,2°C. Pritisak je bio u granicama normale, a u 21 sat je iznosio 980,3 mb. Bilo je tiho – bez vjetera, a maksimalna brzina vjetera registrovana tog dana u 14 sati iznosila je 2 m/s (povjetarac) jugozapadnog smjera. Vlažnost zraka izmjerena u 8 sati ujutro iznosila je 90%, u 14 sati 60%. U 21 sat vlažnost zraka nije mjerena, ali bi prema vremenskim uslovima i dnevnom toku vlage sa ostalih meteoroloških stanica iznosila oko 60%.“



Sl. 89. Trajektorije projektila 130 mm M79 sa uračunatim parametrima atmosfera na dan 25.05.1995 god.

Uzimajući u obzir poznate podatke o projektilu, padnom uglu i pretpostavljenim atmosferskim parametrima na dan 25.05.1995 god., izvršen je proračun trajektorija putanja koristeći softver 3-

DOF sa balističkim koeficijentima navedenim u tablicama gađanja za top 130 mm M46 i izvod iz tih proračuna je dat u tabeli niže:

| | Ugao lansiranja | Vrijeme leta | Padna brzina | Padni ugao | Domet | Tjeme | Skretanje |
|-------------------------|-----------------|--------------|--------------|------------|---------|--------|-----------|
| Meteo uslovi 2, y0=30 m | 38 | 77,599 | 343,77 | -59,8412 | 26507,0 | 7583,1 | 41,3 |
| | 39 | 79,274 | 345,27 | -60,6238 | 26729,4 | 7892,0 | 42,2 |
| | 40 | 80,942 | 346,79 | -61,3761 | 26937,8 | 8203,9 | 43,0 |
| | 41 | 82,594 | 348,31 | -62,0980 | 27128,2 | 8518,9 | 43,8 |
| | 42 | 84,236 | 349,85 | -62,7924 | 27301,8 | 8836,2 | 44,6 |
| | 43 | 85,865 | 351,40 | -63,4611 | 27458,0 | 9156,5 | 45,3 |
| | 44 | 87,482 | 352,97 | -64,1013 | 27597,1 | 9478,8 | 46,0 |
| | 45 | 89,084 | 354,55 | -64,7195 | 27717,4 | 9803,4 | 46,7 |

Sl. 90. Osnovni proračunski podaci za projektil 130 mm M79 uz uvjet visinske razlike između vatrenog položaja i mjesta eksplozije, parametara atmosfere određeni su softverom 3-DOF

Uzimajući u obzir utjecaj atmosfere i ostalih parametara i da je poziciju vatrenog položaja bila iznad mjesta eksplozije za oko 30 m, minimalna udaljenost vatrenog položaja (pozicija nešto iza sela Panjik je označena zvjezdicom) je:

$$X_{VP} = 27.100 \pm 360 \text{ m}$$

Prema raspoloživoj karti sa rasporedom artiljerijskih položaja Komande druge Ozrenske lake pješadijske brigade, od 29.04.1994 god., jasno se vidi da su u tom trenutku vatreni položaji dva artiljerijska oružja tipa top 130 mm M46 bila u selu Blagojevići.

Pored toga, na karti su jasno naznačeni ciljevi u zoni djelovanja ovih oružja, a koji se potpuno poklapaju sa zonom u kojoj je djelovao projektil 25.05.1995 god.

Prema službenoj zabilješki od 13.12.2005 god. koju je sačinilo Ministarstvo unutrašnjih poslova Kantona Tuzla navode se dva slučaja eksplozija:

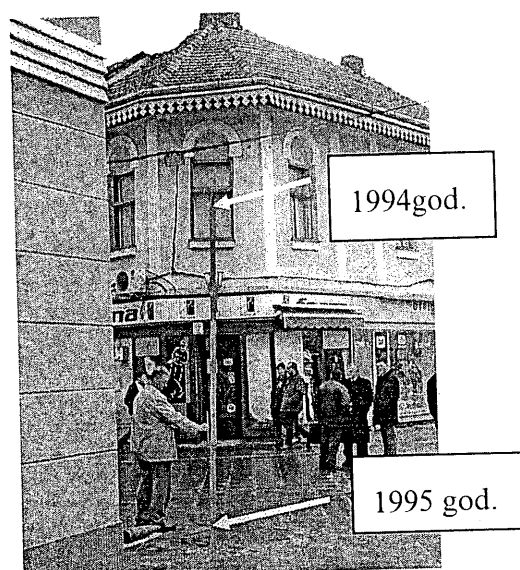
Prvi, 11.05.1995 god. u vremenu od 21¹⁰ i 21²⁰ sati pala su dva artiljerijska projektila, pri čemu je prvi projektil pao na prostor „Zelene pijace“, a drugi na raskrsnicu „Partizanske ulice“ i ulice „Nikole Tesle“ pri čemu je bilo smrtno stradalih osoba.

U drugom slučaju se navodi da je 11.04.1994 god. oko 21 sat pogođen stan na raskrsnici „Partizanske ulice“ i ulice „Nikole Tesle“. Taj stan se nalazi tačno na pravcu doleta projektila koji je pogodio trg „Kapija“ dana 25.05.1995 god. i udaljeno je oko osam metara od mjesta eksplozije (fotografija br. 6 Izvještaja Istražne komisije).

Jasno se uočavaju dvije karakteristične činjenice; prva, pravac doleta projektila gotovo je identičan i druga, vrijeme eksplozije je u kasnim večernjim satima (što sa psihološkog stanovišta je veoma značajno i pored činjenice da je u to vrijeme velik broj mladih bio na ulicama).

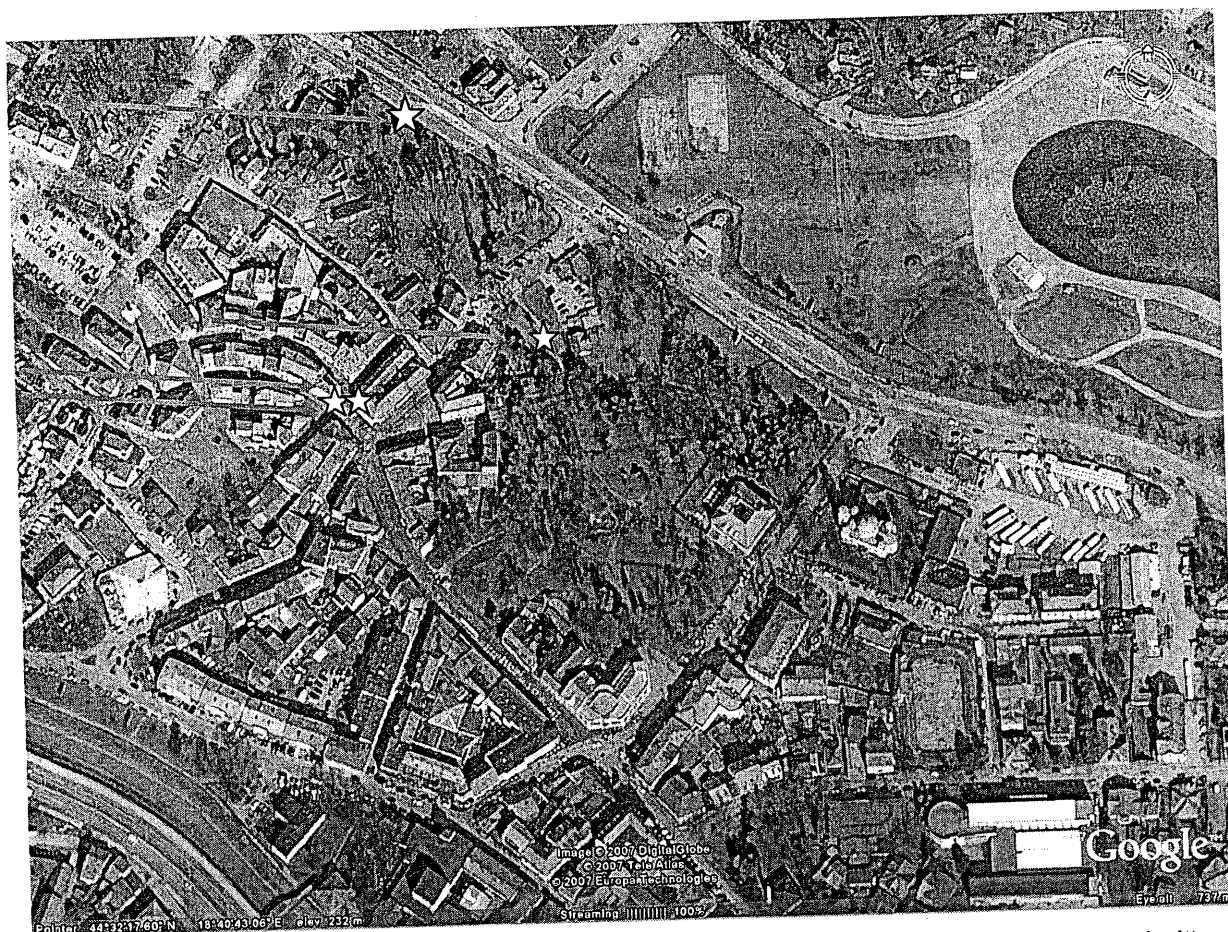


Fotografija br. 6 iz Izvještaja Istražne komisije.



Sl. 91. Sličnost pravac doleta za dva slučaja; 1994 god. i 1995 god.

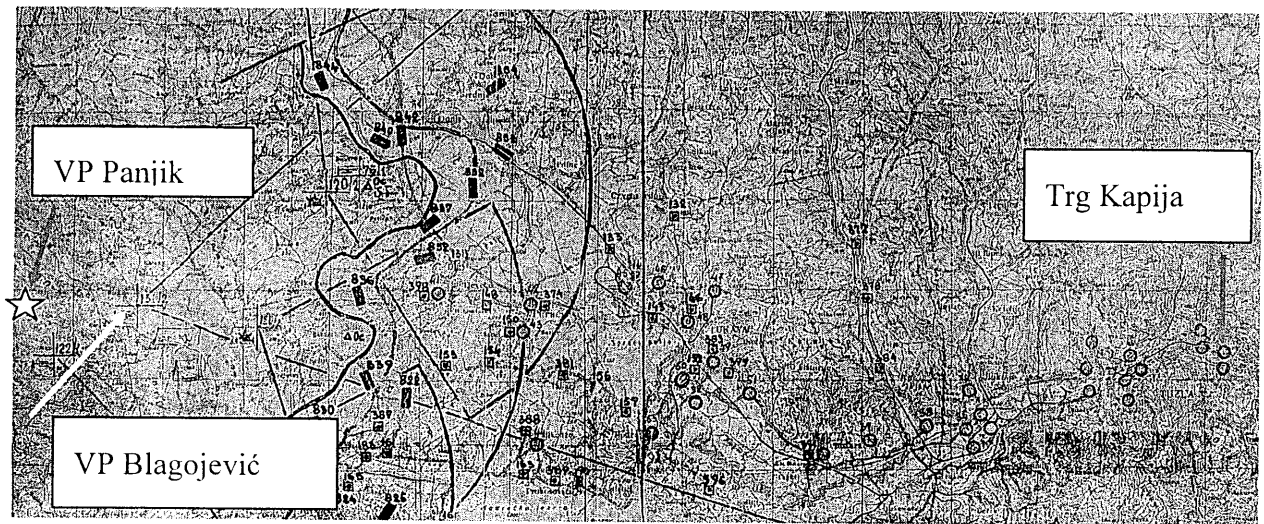
Na sljedećoj slici se vide tačke eksplozija registrovanih projektila (označene bijelom zvijezdom).



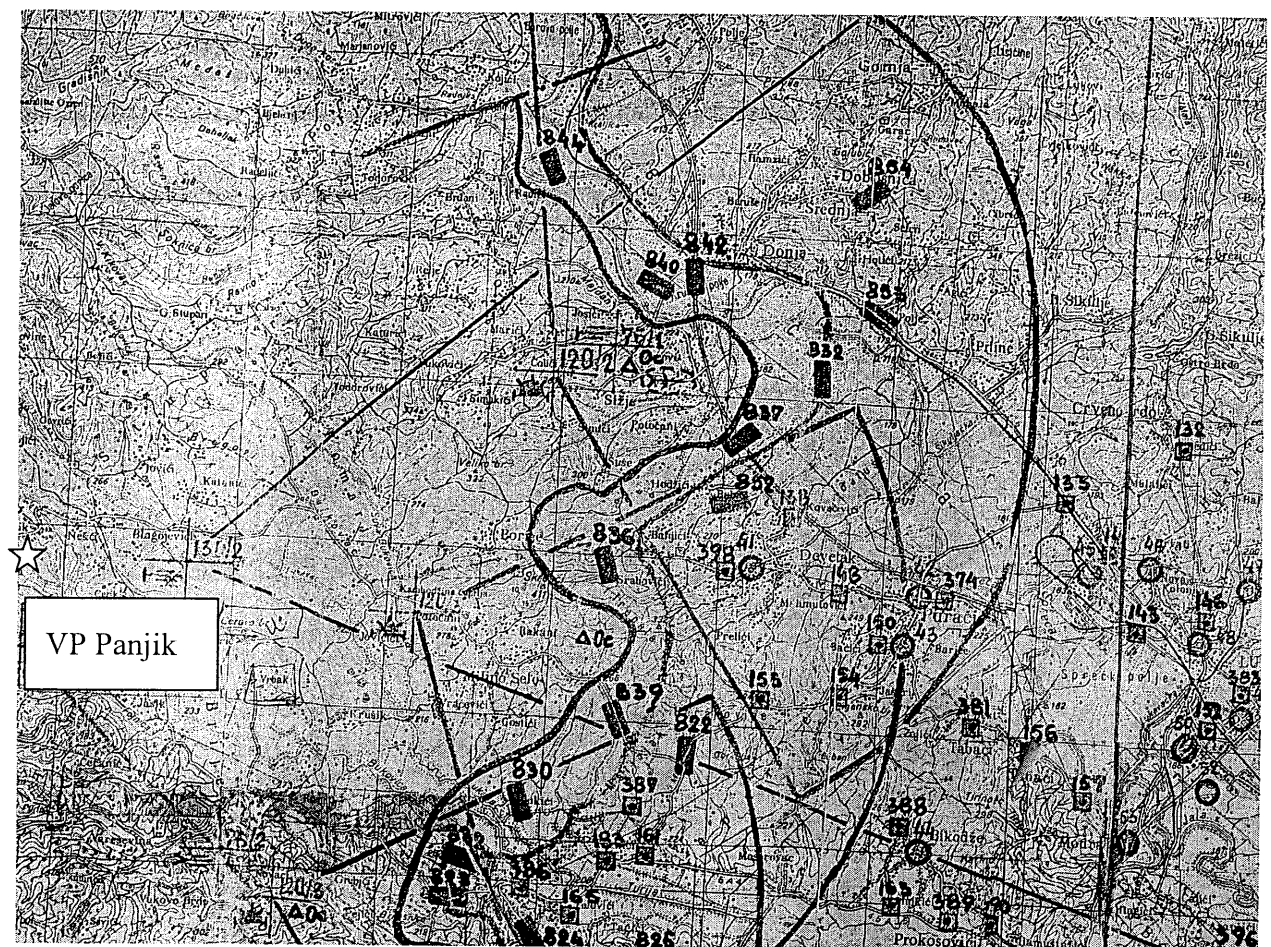
Sl. 92. Mjesta eksplozija projektila lansiranih iz zone na udaljenost od oko 26 km i više

Na sljedećim fotografijama je prikazana fotografija karte artiljerije Komande druge Ozrenske lake pješačke brigade, od 29.04.1994 god. na kojoj se jasno vidi pozicija dva oružja 130 mm

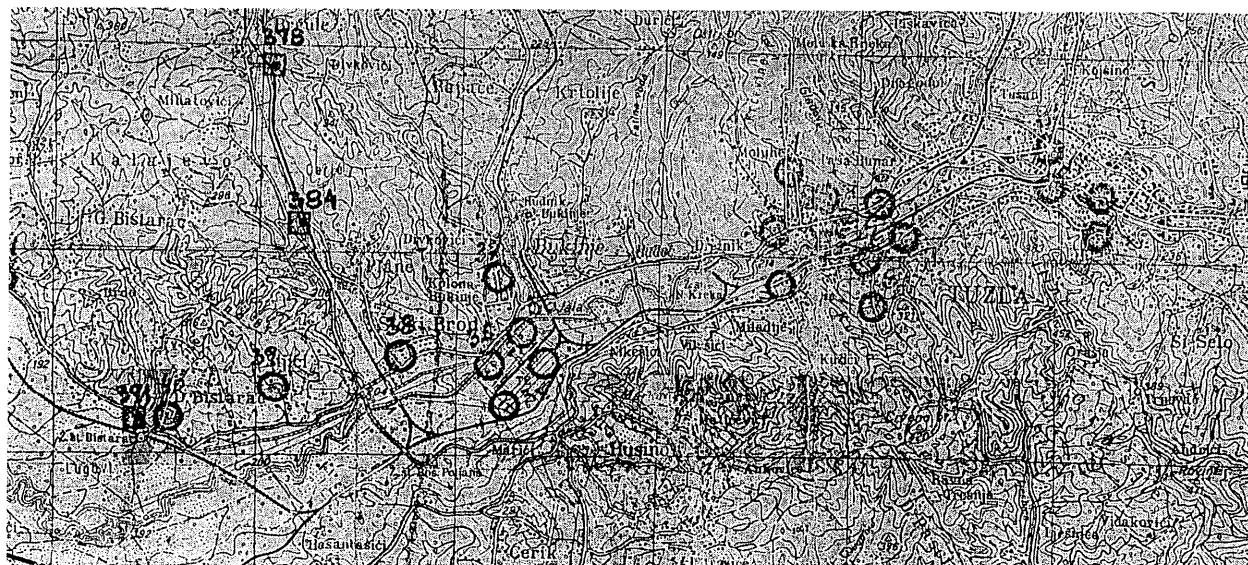
M46 i definirani ciljevi sa unaprijed poznatim koordinatama. U sklopu unaprijed definiranih ciljeva se nalazi i neposredna zona trga Kapija.



Sl. 93. Raspored artiljerijskih položaja topova 130 mm M46 i ciljeva u samom gradu Tuzla na karti Komande druge Ozrenske lake pješadijske brigade, od 29.04.1994 god.,



Sl. 94. Vatreni položaj dva topa 130 mm M46 sa poljem dejstva prema
Udaljenost vatrene položaja Blagojevići od vatrene položaja Panjik je samo 2 km i uz oba vatrene položaja se nalaze saobraćajnice i jednostavan pristup.



Sl. 95. Unaprijed definirani ciljevi u gradu Tuzla za topove 130 mm M46 prema radnoj artiljerijskoj karti Komande druge Ozrenske lake pješadijske brigade, od 29.04.1994 god.

Posle definiranja pravca doleta i minimalnog padnog ugla projektila na mjestu eksplozije (posle rekonstrukcije na trgu Kapija u Tuzli) i u cilju potpunog sagledavanja mogućih zona lansiranja izvršen je neposredni uvid u šire područje sela Panjik.

Pri razmatranju mogućih zona polazilo se od činjenice da se topovi vuku sa kamionima ili gusjeničarima, da je njihova masa u marševskom položaju oko 8.000 kg i da zbog toga vatreni položaj mora biti u neposrednoj blizini saobraćajnice, da je pristup jednostavan i čvrst teren.

Odmah je uočeno da se zona koja ispunjava sve te uvjete nalazi na putu lijevo, par stotina metara posle škole (gledano iz pravca Tuzle). Uočen je prolaz u manjem šumarku, vidljivi su jasni tragovi vozila. Iza šumarka se nalazi livada (niže škole, prema potočiću) i na njoj se nalaze još vidljivi tragovi ukopavanja artiljerijskih oružja.

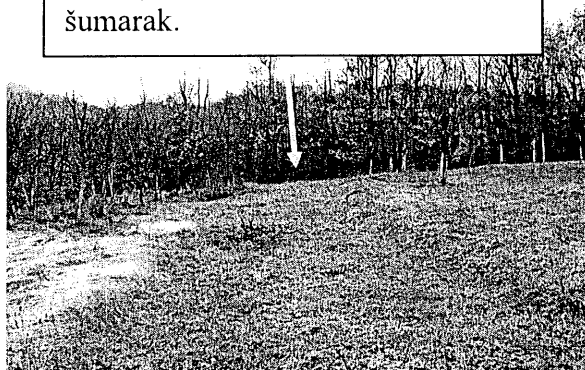


Škola i put u selu Panjik

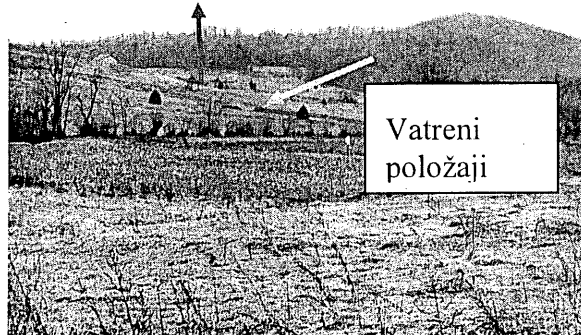


Prolaz sa tragovima točkova od glavnog puta.

Pristup vatrenom položaju kroz šumarak.



Tuzla



Vatreni položaji

Ostaci Vatrene položaj



Ostaci Vatrene položaj



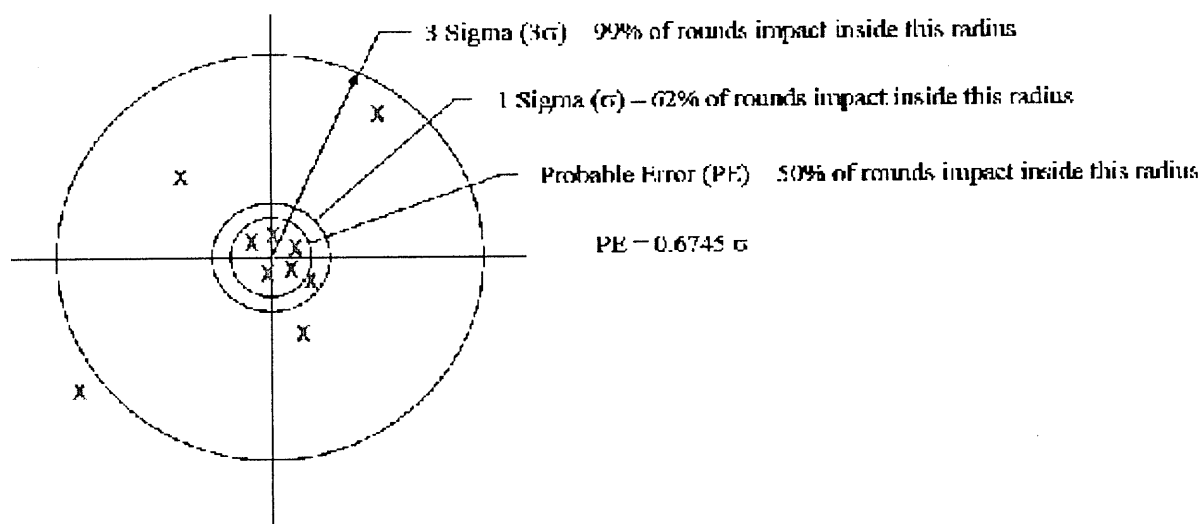
Sl. 96. Lokacija vatrenih položaja u selu Panjik

Na osnovu izloženog sa velikom vjerovatnoćom određena je uža lokacija vatrenog položaja (pozicija neposredno ispod sela Panjik) topa 130 mm M46 sa kojeg je lansiran projektil 130 mm M79 koji je uzrokovao velike žrtve dana 25.05.1995 god. na trgu Kapija.

Vjerovatna odstupanja artiljerijskih projektila

Vjerovatna kružna greška, prema američkoj vojnoj terminologiji je indikator tačnosti pogađanja cilja od strane oružanog sistema i koristi se kao jedan od faktor za određivanje vjerovatnoće oštećenja cilja. Korištenje podataka o CEP daje pojednostavljene podatke o tačnosti nekog oružja i ne može se koristiti za ozbiljnu analizu efekta djelovanja oružja na cilju.

CEP je radijus kruga unutar kojeg se očekuje da će pasti 50% projektila lansiranih na taj cilj.



Sl. 97. Grafički prikaz definiranja vjerovatne kružne greške u odnosu na statističku veličinu rasturanja pogodaka sigma (σ)¹

Generalno, ako je vjerovatna kružna greška CEP=100 m, tada unutar kruga radijusa R=100 m oko cilja će pasti 50% svih projektila lansiranih ka tom cilju, dok u zoni radijusa između 100 m i 200 m će pasti sljedećih 43% projektila, a narednoj zoni radijusa između 200 m i 300 m narednih 7 % projektila. Što je vrijednost radijusa CEP manja, to su precizniji oružani sistemi.

Vjerovatna kružna greška je statistički pojam, dok stvarno stanje na mjestu cilja je nešto drugačije. Raspored tačaka udara projektila na cilju nije ravnomjeran u svim pravcima i da trend zavisi ne samo od karakteristika projektila, nego od uvjeta lansiranja projektila, parametara atmosfere, itd.

Pored termina vjerovatna kružna greška, veoma čest termin koji daje realniji opis rasturanja projektila na cilju je disperzija ili rasturanje. Prema američkoj vojnoj terminologiji, disperzija je slika rasturanja pogodaka oko srednje tačke pogodaka projektila koji su izbačeni ili lansirani unutar identičnih uvjeta ili, kod protiv-avionskog gađanja, to je rasturanje pogodaka po dometu i pravcu u odnosu na srednju tačku eksplozije.² Pri tome možemo razlikovati disperziju po dometu (rasturanje po dometu), devijaciju po pravcu gađanja (devijacija po pravcu), devijaciju po visini itd.

Po istoj toj vojnoj terminologiji, greška rasturanja je rastojanje od tačke udara ili eksplozije projektila u odnosu na srednju tačku pogotka ili eksplozije.³

¹ Raymond Trohanowsky: 120mm Mortar System Accuracy Analysis, US Army RDECOM-ARDEC, International Infantry & Joint Services Small Arms Systems Annual Symposium, Exhibition & Firing Demonstration, 2005.

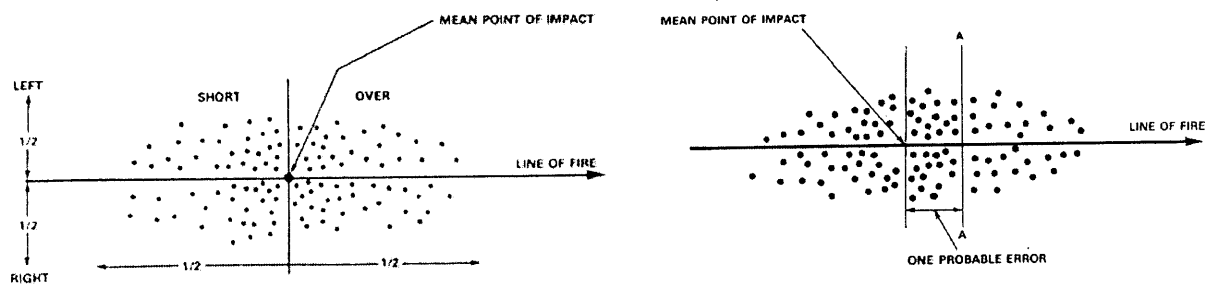
² <http://usmilitary.about.com/od/glossarytermsd/g/dispersion.htm>

³ <http://usmilitary.about.com/od/glossarytermsd/g/dispererr.htm>

Površina rasturanja je distribucija serije projektila ispaljenih iz istog oružja ili grupe oružja u približno identičnim uvjetima kao mogućih tačaka pogodaka ili eksplozija koje se rasturaju oko tačke nazvane srednja tačka pogodaka.⁴

Međutim da bi povezali koordinate cilja i koordinate tačaka pogodaka projektila, potrebno je poznavati pojmove tačnost i preciznost pogodaka. Pojmovi tačnost i preciznost pogodaka projektila su dvije različite mjere performansi projektila ili bombi.

Pod preciznosti gađanja se podrazumijeva mjera odstupanja pojedinačnih pogodaka u odnosu na centar pogodaka. Što su pojedinačni pogodci više grupirani oko centra pogodaka, tada kažemo da je preciznost vatre veća.

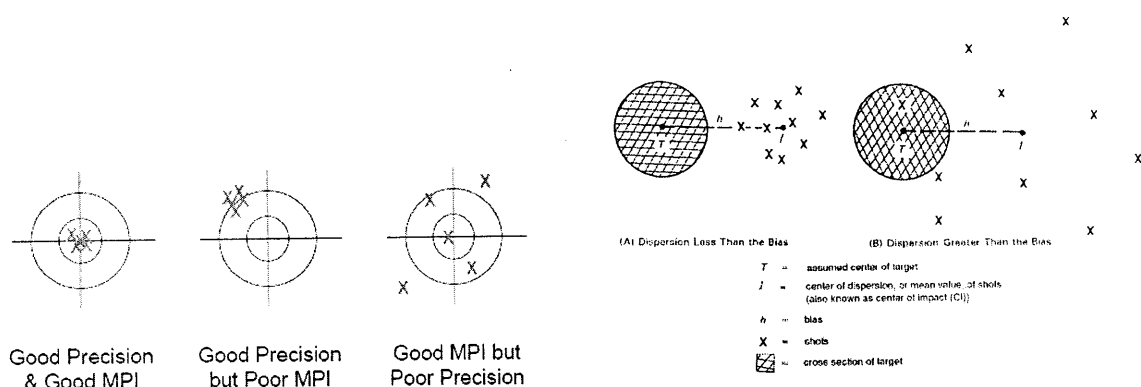


Sl. 98. Odstupanje pojedinačnih pogodaka po dometu i pravcu oko srednje tačka pogodaka MPI i definisanje jedne vjerovatne greške odstupanja

Preciznost gađanja kao pojam ne uključuje cilj kao parametar tj. ona samo razmatra razlike trajektorija pojedinih projektila koje su lansirane pod istim uvjetima, a koje se ogledaju u različitim tačkama pogodaka. Razlike u trajektorijama su rezultat različitih odstupanja u masi projektila, u brzini u trenutku lansiranja iz oružja, u početnom uglu elevacije oružja, u trenutnim parametrima atmosfere, u manjim odstupanjima dimenzija projektila, centra mase itd.

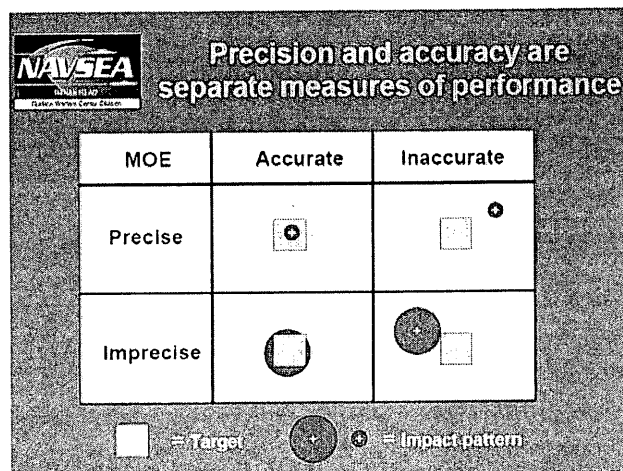
Na osnovu poznatih koordinata pogodaka vrši se statistička obrada podataka, određuje se srednja tačka pogodaka i određuje standardna devijacija σ , koja predstavlja grešku u preciznosti.

Pod pojmom tačnosti gađanja se podrazumijeva mjera preciznosti vatre izražena kao rastojanje između centra pogodaka i centra cilja (bias). Što je to odstojanje manje tada je tačnost vatre veća.



Sl. 99. Grafički prikaz različitih slučajeva preciznosti i veza pojmova preciznosti i tačnosti

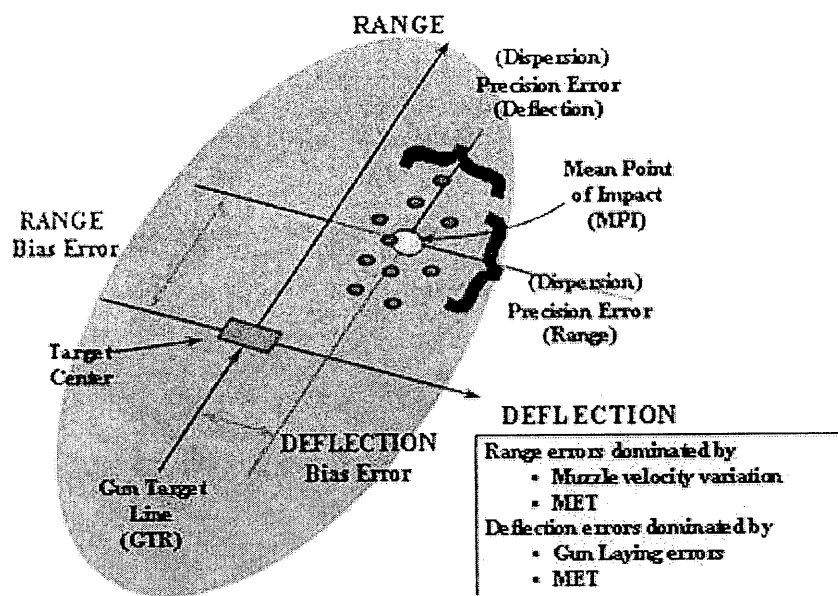
⁴ <http://usmilitary.about.com/od/glossarytermsd/g/disperpat.htm>



Sl. 100. Grafički prikaz pojmova preciznosti i tačnosti gađanja projektilima

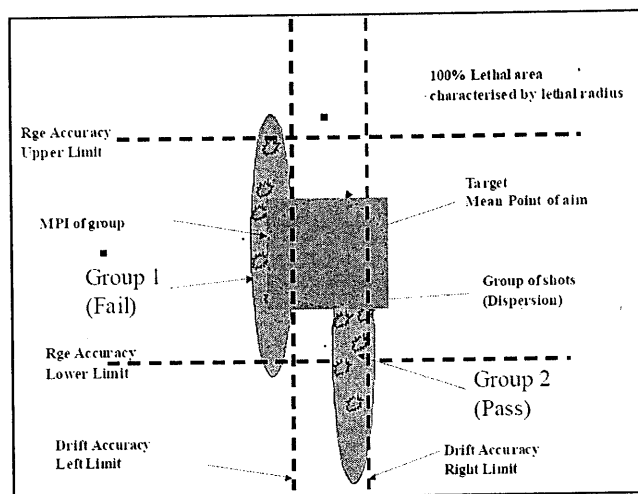
Iz slike br. 100 je vidljivo da pojam tačno i precizno gađanje podrazumijeva slučaj kada je površina zone tačaka udara projektila manja ili jednaka od površine cilja. Međutim, takav slučaj je veoma rijedak i obično se dešava stanje kao na sljedećoj slici.

Matematska sredina koordinata tačaka pada bombi se naziva srednja tačka pogodaka. Što je ta tačka bliže centru cilja, tada rasturanje pogodaka ima malu grešku srednje tačke pogodaka. Kada su tačke pogodaka grupirane veoma blizu jedna drugoj, tada rasturanja pogodaka ima veoma malu grešku preciznosti.



Sl. 21. Grafički prikaz pojmova tačnosti, preciznosti, disperzije i faktora koji utječu na njih

Zona disperzije pogodaka projektila je obično veća od zone cilja, ali smrtonosna efikasnost na cilju zavisi od smrtonosnog radijusa pojedinih projektila. Tako na sljedećoj slici je vidljivo da je grupa 2 zadovoljila zahtjeve tačnosti za poznatu zonu smrtonosnosti projektila.



Sl. 101. Veza između tačnosti i zone smrtonosnog djelovanja projektila

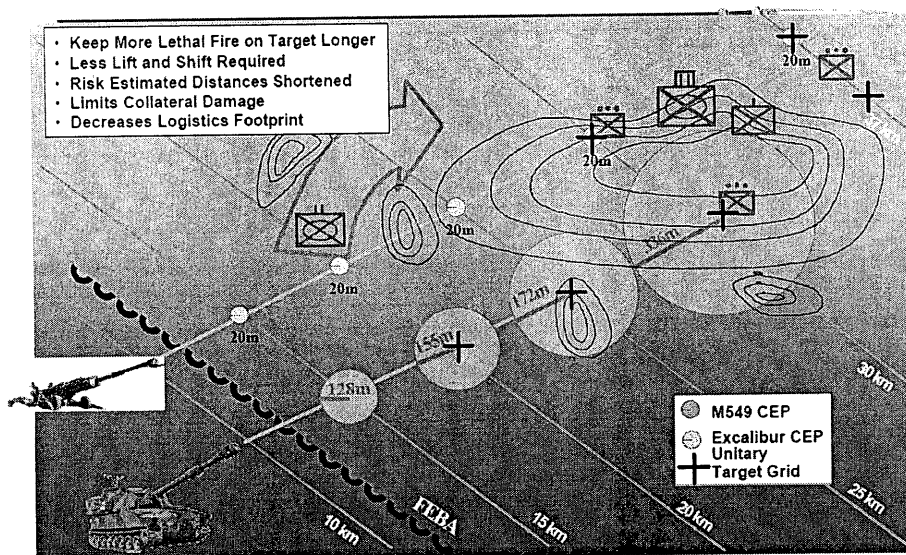
Smrtonosna efikasnost jednog projektila zavisi od sposobnosti projektila da stigne do koordinata željene tačke cilja, rasturanja ili tačnosti projektila u odnosu na željenu tačku ili CEP i na kraju od efektivnosti mehanizma aktiviranja bojeve glave za dati cilj. Prva dva parametra se definiraju preko vjerovatnoće pogađanja cilja projektilom p_k , dok treći parametar se definira kao vjerovatnoća uništenja cilja ako je pogoden $p_{k/h}$.

Kombinacija ove dvije vjerovatnoće predstavlja vjerovatnoću uništenja jednim pogotkom projektila (single shot kill probability) i predstavlja proizvod navedene dvije vjerovatnoće tj.:

$$p = p_k \cdot p_{k/h}$$

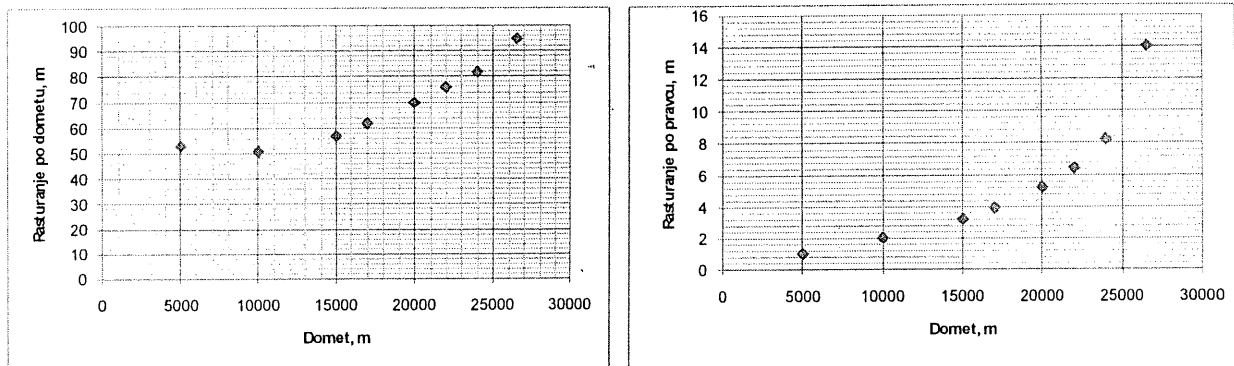
Pri gađanju artiljerijskim projektilima ili raketama, CEP se povećava sa povećanjem dometa i bitno zavisi od tipa projektila, ugla lansiranja, atmosferskih parametara (temperature, vlažnosti, visine leta), karakteristika goriva i karakteristika oružja.

Sa naredne slik je vidljivo da vrijednosti vjerovatne kružne greške se kreće od 128 m pri gađanju ciljeva na 15 km, do čak 336 m na udaljenosti od 30 km.



Sl. 102. Promjena CEP sa dometom kod zemaljske nevođene artiljerije

U Tablicama gađanja za top 130 mm M46 i za HE projektil 130 mm M79 data su vjerovatna rasturanja po dometu i pravcu. Vrijednosti rasturanja se mijenjaju sa povećanjem dometa (i izmjenom ugla lansiranja).



Sl. 103. Tablično rasturanje po pravcu i dometu za projektil 130 mm M79 lansiran iz topa 130 mm M46

Iz same definicije vjerovatne kružne greške je jasno da će pojedini projektili imati rasturanje i više puta veće u odnosu na cilj, a to jasno pokazuje da i sada u dvadesetprvom vijeku ne postoji mogućnost gađanja pojedinačnih ciljeva sa nevođenim artiljerijskim ili raketnim projektilima, a da pri tome ne nastupi **kolateralna šteta**.

Za top 130 mm M46 i projektil 130 mm M79 to podrazumijeva da će u uvjetima potpunog poznavanja parametara atmosfere (temperatura, pritisak, vlažnost, brzina vjetra), mase projektila, istrošenosti cijevi topa itd., tada je moguće da padna tačka projektila po dometu se nalazi do $\pm 4V_d$ u odnosu na tačku gađanja (± 380 m na dometu od 27.450 m), a po pravcu $\pm 4V_p$ (lijevo ili desno od pravca gađanja 56 m).

Sistem se usložava ako ne postoji nadzor nad parametrima atmosfere ili kontrola istrošenosti cijevi oružja.

| Odstupanje dometa zbog promjene, m | | | | | | |
|------------------------------------|-------------------------------------|-----------------------------|------------------------------------|---------------------------|--------------------------|------------------------------------|
| Domet | Temperature vazduha za 10 stepeni C | Pritiska vazduha za 10 mbar | Temperature goriva za 10 stepeni C | Uzdužnog vjetra za 10 m/s | Početne brzine za 10 m/s | Moguće ekstremno odstupanje dometa |
| 15000 | 200 | 79 | 238 | 175 | 197 | 889 |
| 18000 | 259 | 105 | 268 | 270 | 222 | 1124 |
| 20000 | 292 | 121 | 291 | 343 | 241 | 1288 |
| 24000 | 330 | 154 | 352 | 517 | 291 | 1644 |
| 26542 | 273 | 193 | 450 | 703 | 372 | 1991 |

Sl. 104. Tablične vrijednosti odstupanja dometa zbog promjene parametara koji utječu na domet projektila 130 mm M79 ispaljenog iz topa 130 mm M46

Ovi podaci jasno pokazuje da nije moguće gađati pojedinačne ciljeve u urbanim dijelovima, a da pri tome ne nastupi kolateralna šteta po stanovništvo.

Termin „sporedna razaranja“ (Collateral Damage) koji opisuje očekivana razaranja koja se mogu desiti na nevojnim ili neodobrenim vojnim ciljevima tokom djelovanja na očekivane vojne ciljeve,⁵ jasno pokazuje svjesnost vojnih komandanata da njihova „sofisticirana“ oružja u realnim borbenim i testnim uvjetima imaju očekivane greške u pogađanju.

⁵ <http://www.army-technology.com/glossary/collateral-damage.html>

To je posebno složeno pri gađanju ciljeva u urbanim dijelovima. Primjenom projektila koji imaju sistema za vođenje ili korekciju putanje u završnom dijelu trajektorije (slučaj projektila „Excalibur“) vrijednost CEP se značajno smanjuje, ali i dalje postoji velika vjerovatnoća da projektil promaši cilj i ugrozi prijateljske trupe ili civilno stanovništvo.

Kao potvrda navedenim zaključcima o mogućnosti tačnog i preciznog gađanja ciljeva u urbanim sredinama, dat je najnoviji prikaz podataka o Centralnoj kružnoj grešci za različite tipove oružja, među njima i standardnim artiljerijskim oružjem.

UNCLASSIFIED - FOR OFFICIAL USE ONLY

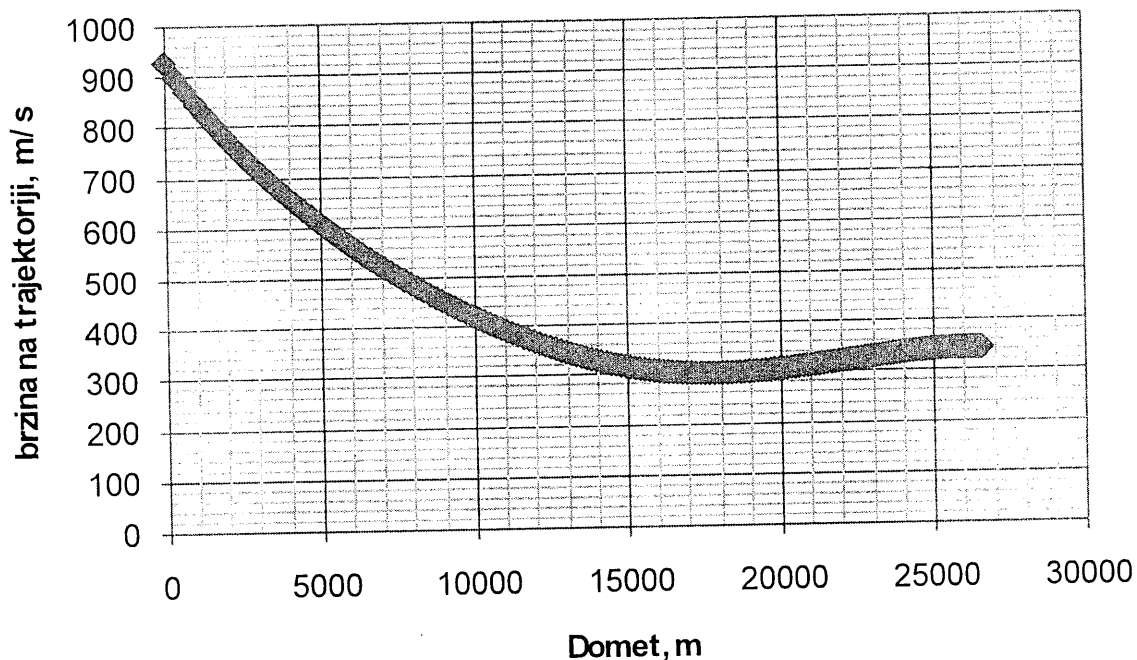
| Field Developmental PE Study Proposal Name | Munition/Proposal | Min Range (meters) | Max Range (meters) | CEP @ Max Range (meters) | CEP @ Mid Range (meters) | Danger Class* (Distance (meters)) | Target A | | | Target B | | | R&D Cost | T&E Cost | Unit Cost (200K) | Current TRL | Year Available | Issues |
|--|---|--------------------|--------------------|--------------------------|--------------------------|-----------------------------------|-------------------------------|-----|-----|----------|-----|----------|-------------------------|------------------------|-------------------|-------------|----------------------|--------------------------|
| | | | | | | | 10m | 25m | 50m | 10m | 25m | 50m | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | < 25 meter CEP | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | Precision Guided Munition (PGM) (120mm) | 500 | 8,000 | 1 | 1 | 100 | N/A | N/A | N/A | N/A | N/A | \$31M | | \$7,141 | 5 | 2007 | None | |
| | XM522 Excalibur BR 1B (155mm) | 8,000 | 35,000 | 10 | 10 | 80 | 3 | 3 | 7 | 3 | 6 | \$611.5M | \$187.5M | \$37,000 (Current AFS) | 5 | 2006 | | |
| | Low Cost Course Correction Technology for the M26A1 | 1,200 | 6,981 | 18 | 18 | 80 | 15 | 15 | 5 | 1 | 10 | \$8.5M | \$28M | \$1,500 | 4 | 2009 | Risk & Effectiveness | |
| | Course Correction Fuse | 11,000 | 26,206 | 15 | 15 | 95 | 1 | 3 | 7 | 3 | 6 | \$30M | \$5M | \$3,500 | 4 | 2007 | Schedule & Risk | |
| | Course Correction Fuse | 8,000 - 11,000 | 29,906 | 20 | 20 | 110 | 13 | 13 | 7 | 3 | 6 | \$10.3M | \$4.8M | \$1,700 | 4 | 2007 | Schedule & Risk | |
| | 40S LELAP - Long Range 155mm GPS Guided Projectile | 2,500 | 88,199 | 20 | 20 | 110 | Sufficient Data Not Available | | | | | | \$60M | \$14.4M | \$26,000 | 5 | 2007 | Schedule & Effectiveness |
| | 39 inch Navy LELAP Derivative 155mm GPS Guided Projectile | 3,600 | 41,600 | 20 | 20 | 110 | Sufficient Data Not Available | | | | | | \$85M | \$12.2M | \$20,000 | 5 | 2007 | Schedule & Effectiveness |
| | 35 inch Waged Velocity 155mm GPS Guided Projectile | 3,500 | 42,500 | 20 GPS | 20 GPS | 110 | Sufficient Data Not Available | | | | | | \$120M | \$11.5M | \$20,000 | 5 | 2007 | Schedule & Effectiveness |
| | Guided MRC (Mk32) (127mm) | 15,000 | 70,000 | <10 | <10 | 110 | 2 | 3 | 6 | 2 | 3 | 4 | \$287M | | \$71,000 | 7 | 2005 | |
| | PTS Guided 1-D Corrector (155mm) | 8,000 - 11,000 | 29,906 | 34 | 26 | 152 | 3 | 4 | 8 | 5 | 7 | 19 | \$5M | \$4.9M | \$90 | 4 | 2007 | Effectiveness & Cost |
| | Course Corrector Fuse | 8,000 - 11,000 | 29,906 | 50 | 25 | 200 | 4 | 5 | 9 | 6 | 10 | 20 | \$30M | \$6M | \$675 | 5 | 2008 | Schedule & Risk |
| | Course Correcting Fuse | 8,000 - 11,000 | 29,906 | 50 | 30 | 200 | 4 | 15 | 9 | 5 | 10 | 20 | \$80M | \$20M | \$3,000 | 3 | 2003 | Schedule & Risk |
| | GPS Time Fuse for EPICM | 8,000 - 11,000 | 29,906 | 50 | 20 | 205 | 11 | 12 | 15 | 46 | 65 | 60 | \$4M | N/A | \$800 | 5 | 2007 | Effectiveness & Risk |
| | M27 HE (120mm) | 200 | 6,981 | 85 | 88 | 202 | 12 | 20 | 30 | 28 | 33 | 53 | | | \$815 | | | |
| | M261A1 HE (MDF) (120mm) | 200 | 6,981 | 85 | 68 | 302 | 12 | 11 | 18 | 23 | 25 | 40 | | | | | | |
| | PTS Guided 1-D Corrector (155mm) | 8,000 - 11,000 | 29,906 | 64 | 35 | 297 | 14 | 15 | 19 | 62 | 66 | 103 | \$5.5M | \$20M | \$900 | | | Effectiveness & Cost |
| | M1 HE (155mm) | 1,200 | 11,896 | 113 | 86 | 374 | 81 | 74 | 148 | 176 | 262 | 258 | | | \$112 | | | |
| | M759 HE (155mm) | 1,800 | 14,946 | 147 | 89 | 476 | 107 | 128 | 123 | 285 | 352 | 258 | | | \$128 | | | |
| | M746 HE (155mm) | 5,000 | 15,396 | 156 | 71 | 598 | 81 | 76 | 142 | 172 | 253 | 250 | | | \$178 | | | |
| | M731 HE (155mm) | 5,000 | 16,077 | 165 | 68 | 646 | 85 | 80 | 152 | 177 | 264 | 261 | | | \$185 | | | |
| | M775 HE (155mm) | 2,400 | 22,842 | 182 | 71 | 626 | 82 | 78 | 150 | 179 | 261 | 258 | | | \$255 | | | |
| | M776 HE (155mm) | 2,400 | 22,842 | 182 | 71 | 626 | 82 | 78 | 150 | 179 | 261 | 258 | | | \$255 | | | |
| | ACAAP 155mm PFF w/CCF | 8,000 - 11,000 | 18,400 | 20 | 20 | 95 | 7 | 12 | 43 | 3 | 4 | 7 | \$0 | \$11.5M | (Projectle & CCF) | 8 | 2005 | None |
| | ACAAP 155mm HE w/CCF | 8,000 - 11,000 | 31,000 | 20 | 20 | 110 | 4 | 5 | 13 | 3 | 5 | 12 | \$0 | \$14.1M | (Projectle & CCF) | 8 | 2006 | None |
| | Guidance Integrated Fuse | 10,900 | 29,906 | 10 | 10 | 80 | 3 | 3 | 7 | 3 | 6 | 32 | \$166M (Army UFR \$47M) | | \$3,900 | 5 | 2007 | N/A |

UNCLASSIFIED - FOR OFFICIAL USE ONLY

Sl. 105. Vrijednosti CEP savremenih artiljerijskih i raketnih projektila, vodenih i nevedenih (Valcourt, 2005)

Brzina kretanja HE projektila 130 mm M79 na putanji i u trenutku susreta sa ciljem

Razmatrajući parametre trajektorije leta projektila veoma jasno se vidi promjena brzine na trajektoriji od visoko nadzvučne do zone okozvučne brzine (transonični režim) od tjemena putanje do padne tačke.



Sl. 106. Promjena brzine projektila u funkciji dometa za ugao lansiranja od 41° .

Jasno se uočava da se na udaljenosti od 17.000 m od mjesta lansiranja brzina projektila spušta na oko 300 m/s (transonični režim leta) i zatim se lagano povećava na oko 345 m/s u trenutku udara projektila na trg "Kapija" (supersonični režim).

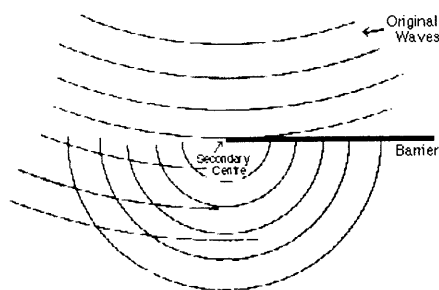
Promatrač na mjestu pada nije imao priliku da shvati da projektil dolazi na cilj i u uvjetima apsolutne tišine i koncentriranosti. Gotovo istovremeno se mogao registrirati eksplozija i zvuk doleta projektila.

Mogućnost zvučno registriranje lansiranja artiljerijskog projektila i doleta projektila

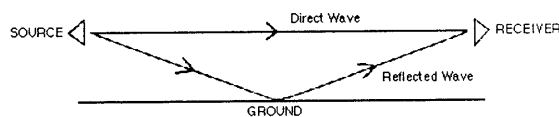
Nivo vanjske buke varira po intenzitetu od uvjeta okruženja i udaljenosti od izvora. Ove varijacije se mijenjaju sa promjenama atmosferskih uvjeta, topografskih karakteristika terena i ovisno o postojanju prepreka između izvora zvuka i prijemnika.¹

Najvažniji parametri koji utječu na propagaciju zvuka su:

- Geometrijsko širenje (sferno ili cilindrično),
- Atmosferski efekti (apsorpcija energije zvuka od strane vazduha, prisustvo vjetra, njegov pravac i intenzitet, gradijent temperature) i
- Efekti površine (pojava refleksije i apsorpcije koji se manifestiraju gubitkom akustičke energije tokom prostiranja zvuka iznad tla i posebno pri pojavi barijera na pravcu prostiranja zvučnih talasa).



Sl. 107. Utjecaj barijera na putu zvučnog talasa



Sl. 108. Utjecaj tla na slabljenje akustičke energije talasa

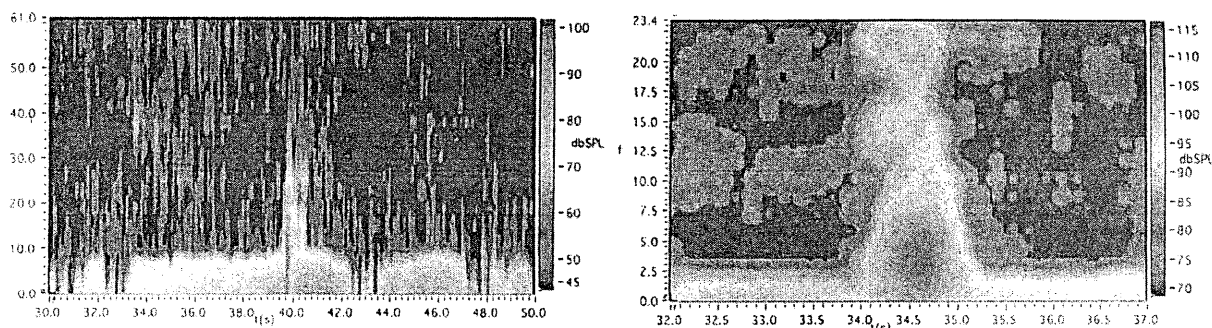
Istraživanja vršena od strane Dr. S. Tenney, ARL USA Army u primjeni infrazvuka za određivanje mjesta lansiranja artiljerijskih i raketnih projektila pokazuju da je moguće registrirati lansiranje projektila.

Praćenjem lansiranja artiljerijskih i raketnih projektila mjerena je akustička frekvencija u funkciji vremena za jedan artiljerijski i jedan raketni projektila na udaljenostima od oko 9 km. Oba sistema pokazuju akustičku sliku frekvencija od 10-20 Hz i niže, dok su jači signali registrirani na frekvencijama od 5-10 Hz, tj. u uobičajenom infrazvučnom domenu. Zbog više spektralne gustine na nižim frekvencijama, postoji dobar razlog za vjerovanje da je moguće detektovati zvučni signal na većim dometima nego što su ovdje prikazani, pri približno sličnim atmosferskim prilikama.²

Logičan zaključak iz ove analize koja je vršena 2005 god. pokazuje je da oni koji žele da prate pomoću zvuka lansiranje projektila treba da posjeduju jako sofisticiranu opremu i da lociranje ispaljena projektila iz oružja nije jednostavan posao.

¹ <http://www.sfu.ca/sonic-studio/handbook/Diffraction.html>

² Stubbs C. et al: Tactical Infrasound, JASON, The MITRE Corporation and Department of the Army United States Army Intelligence and Security Command. 2005.



Sl. 109. Lijeva slika. Akustički spektar kao funkcija vremena (u sekundama) pri artiljerijskom lansiranju na udaljenosti od 8,6 km i signal je registriran za oko 40 s.

Desna slika. Akustički spektar kao funkcija vremena (u sekundama) pri lansiranju rakete iz višecjevnog lansera raketa (MLRS) na udaljenosti od 9 km i signal je registriran za oko 34,6 s.

Izvor podataka je : Dr. S. Tenney, ARL USA Army.

Artiljerijski projektili 130 mm M-79 koji su korišten na prostoru Tuzle, pri dejstvovanju sa platoa Ozren su imale brzinu leta od početnih 900 m/s do oko 300 m/s na kraju leta (zavisno od ugla lansiranja). Znači, njihova brzina leta je bila nadzvučna, tako da su se zvučni poremećaji prostirali posle ili tek neposredno ispred projektila u letu.

Obzirom da su mjesta lansiranja bila daleko od urbanih naselja, vjerovatno u neposrednoj blizini šume, a na prostoru između mjesta lansiranja i mjesta pada su se nalazili stambeni objekti, brda ili šume, zvuk lansiranja projektila je morao biti značajno prigušen i intenzitet zvuka je naglo slabio sa povećanjem rastojanjima od mjesta ispaljenja projektila.

Ako nema prepreka prostiranju zvuka, tada će promatrač na mjestu cilja čuti zvuk lansiranja, ako je bio dovoljno velikog intenziteta, poslije određenog vremena, koje je jednako količniku udaljenosti i brzine zvuka.

Ako bi promatrač na cilju znao da se prema njemu lansira projektil i ako bi intenzitet zvučnog poremećaja bio takav da se zvuk može čuti na tako velikoj udaljenosti, on ne bi mogao da reagira.

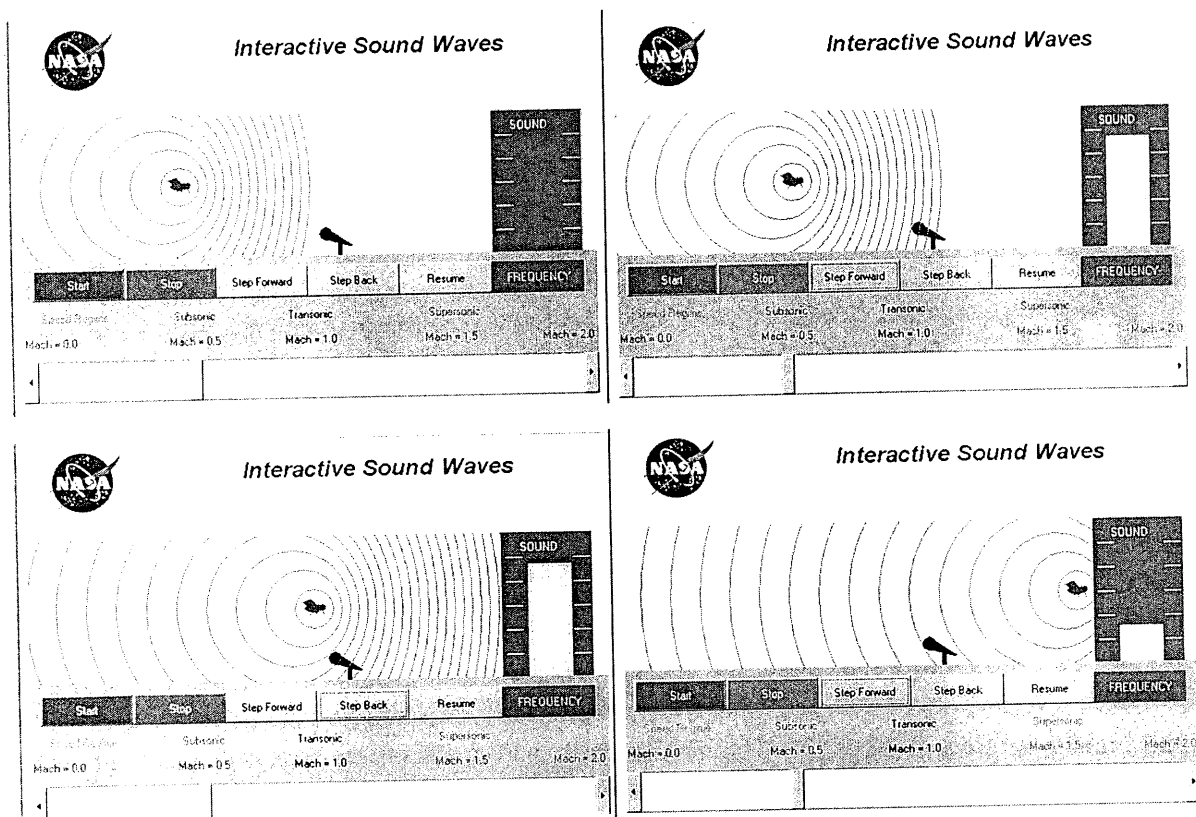
Jedino promatrači koje stoje van linije dolaska projektila (pravac koji povezuje mjesto lansiranja i mjesto pada) i koji se nalazi udaljen bi mogao da registruje da je projektil preletio pored njega, ali ga ne bi mogao vidjeti ili ocijeniti poziciju.

Promatrači na mjestu cilja ne bi imali vremena da shvate da projektil dolazi.

Međutim, zvuk leta projektila se mogao čuti samo u sljedećim uvjetima:

- Kada je promatrač postavljen bočno na ravan leta projektila koji leti podzvučnom brzinom, tada je mogao da čuje kretanje projektila kroz atmosferu, posebno kada projektil rotira oko uzdužne ose i ima intenzivnije oscilacije oko svog centra mase..
- Promatrač bi mogao da prati vizuelno let projektila i to duže vrijeme što mu je pozicija bila udaljenija od vertikalne ravni leta projektila i ako je brzina leta reda oko 150-200 m/s.
- Ako se promatrač nalazio na mjestu očekivanog pada projektila, tada objektivno ne može mogao jasno da vidi dolazak projektila, ali bi mogao da registriira zvuk dolaska projektila (ako je koncentriran na to) i to samo nekoliko dijelova sekunde prije nego što je projektil pogodi cilj.

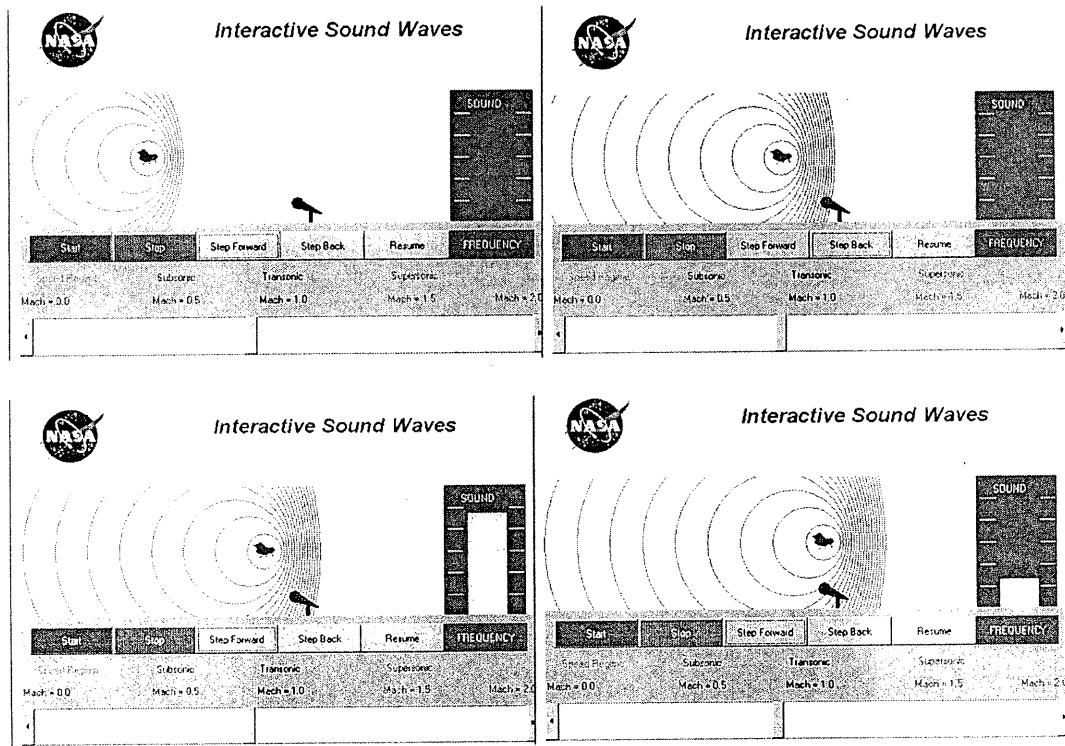
Na sljedećoj slici je prikazano prostiranje zvučnih poremećaja izazvanih kretanjem letjelice brzinom oko 170 m/s. Pošto je brzina letjelice manja od brzine zvuka, zvučni poremećaj se kreće brže i do promatrača (u ovom slučaju uređaj za registriranje poremećaja) će stići prije nego letjelica. Kada letjelica dođe do promatrača zvučni talas je već prošao iznad promatrača. Znači, postojala je mogućnost da promatrač shvati da mu dolazi letjelica u susret.



Sl. 110. Sekvence promatranja prostiranja zvuka uslijed lansiranja ili kretanja projektila podzvučnom brzinom³

- Što je manja brzina projektila od brzine zvuka, tada promatrač ima više vremena da shvati odakle dolazi izvor zvuka, ali bez obzira na to nema vremena za reagovanje.
- Ne postoji mogućnost da čovjek zna da li je on cilj pri gađanju artiljerijskim projektilima sa udaljenosti od par ili više kilometara.
- Na sljedećoj slici se vidi da približavanjem brzine projektila brzini zvuka, interval vremena od trenutka kada promatrač postane svjestan dolaska projektila pa do trenutka udara projektila postaje veoma kratak. U slučaju da se letjelica kreće brzinom nešto manjom od brzine zvuka, npr. brzinom od oko 280 m/s, promatrač će i u ovom slučaju čuti dolazak letjelice prije nego što ona bude iznad njega, ali sa veoma malim kašnjenjem, koje se mjeri dijelovima sekunde. Promatrač ne bi imao nikakve šanse da se skloni u slučaju da je letjelica artiljerijski projektil (indikator zvuka ima maksimalnu vrijednost neposredno prije dolaska projektila u zonu promatrača).

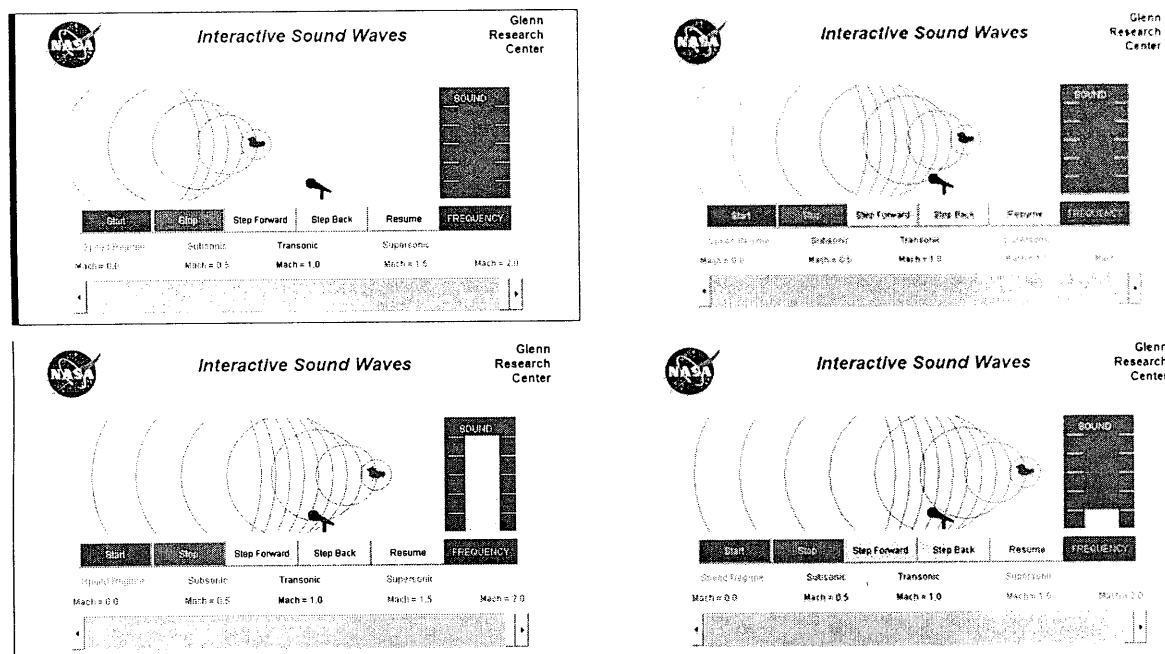
³ <http://www.grc.nasa.gov/WWW/K-12/airplane/sound.html>



Sl. 111. Sekvence prostiranja zvučnog poremećaja pri kretanju letjelice brzinom u transoničnom režimu, tj. oko 280 m/s

U slučaju da se projektil kreće brzinom većom od brzine zvuka (supersonični režim), napr. 400 m/s, letjelica bi preletjela promatrača, a tek kada bi ona prošla njegovu poziciju, on bi shvatio da se to desilo (maksimalna vrijednost indikatora na slikama).

U slučaju vojne upotrebe projektila koji lete nadzvučnom brzinom lica koja se gađaju nemaju nikakve šanse da preduzmu neke aktivnosti da se zaštite.

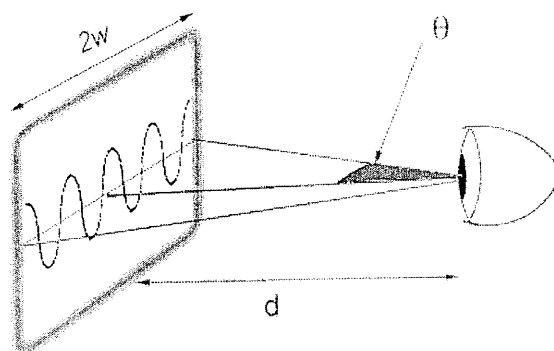
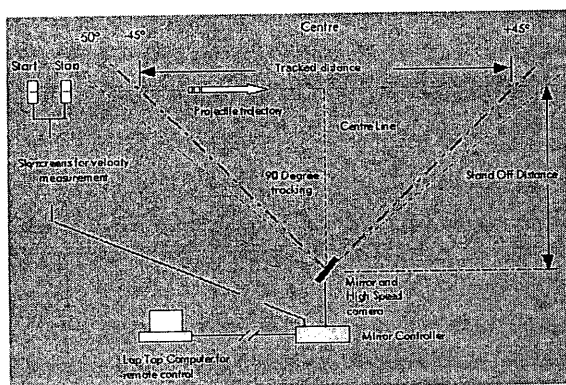


Sl. 112. Sekvence prostiranja zvučnog poremećaja pri kretanju letjelice nadzvučnom brzinom

Mogućnost vizualno praćenje leta artiljerijskog projektila

Svi artiljerijski projektila 130 mm M79 koji su korišteni na prostoru Tuzle su imale brzinu leta na trajektoriji u intervalu od 300-930 m/s, zavisno od ugla lansiranja. Znači, njihova brzina leta je bila nadzvučna.

- Kada je promatrač postavljen bočno na ravan leta projektila, tada je mogao da čuje kretanje projektila kroz atmosferu, posebno što se projektil rotira oko uzdužne ose. Promatrač nije mogao da prati vizuelno let projektila bez obzira na koliko mu pozicija bila udaljena od vertikalne ravni leta.
- Jedino, ako je projektil letio podzvučnom brzinom tada je moguće pratiti let projektila i to samo pri posebnim atmosferskim uvjetima i položaju sunca u odnosu na promatrača.
- Ljudsko oko ima fiksnu širinu vidnog polja oko 104° , tako da se može veoma jednostavno odrediti ugaona brzina praćenja leta projektila za svaku specifični situaciju.



Sl. 113. Parametri koji utječu na uvjete praćenja projektila na trajektoriji pri bočnom promatranju¹

- Ako se promatrač nalazio na mjestu očekivanog pada rakete, tada objektivno nije mogao jasno da vidi dolazak projektila, također nije mogao da registrira zvuk dolaska projektila u slučaju da je padna brzina bila oko zvučna ili nadzvučna.
- Ako je brzina dolaska projektila bila podzvučna, tada je mogao da registrira dolazak i to samo ako je promatrač bio koncentriran na registriranje zvuka dolaska projektila. Vrijeme od registriranja zvuka do vremena dolaska projektila na cilj se mjeri dijelovima sekunde. To je potpuno nedovoljno za bilo kakve ozbiljne mjere zaštite.

¹ <http://www.hadland1.demon.co.uk/products/datasheets/flightfollower/ffdata.html>

Zaključci

Na osnovu zahtijeva tužioca Tužilaštva-Tužiteljstva Bosne i Hercegovine, Poseban odjel za ratne zločine, Regionalan tim III, gosp. Mirsada Strike definiranog kroz Naredbu za vještačenje broj KT-RZ-169/07 od 27.11.2007 god. Izvršena je Analiza uvjeta koji su doveli do masakra ljudi na trgu „Kapija“ dana 25.05.1995 god u 20⁵⁵ sati.

Utvrđene su sljedeće činjenice:

1. Projektil koji je pogodio grad Tuzla, lokalitet zvani Kapija dana 25.05.1995 god. u 20⁵⁵ sati je ispaljen iz artiljerijskog oružja za indirektno gađanje, top 130 mm M46.
2. Kalibar projektila je 130 mm, tip HE projektil 130 mm M79 ili OF-482 (ruska oznaka za isti tip projektila).
3. Vjerovatni pravac doleta projektila je bio $Az= 271^{0\pm 2,5}$.
4. Određen je upadni ugao HE projektila 130 mm u trenutku eksplozije u intervalu:

$$62^{\circ} \leq \theta \leq 67^{\circ} \text{ i } 41'$$

5. Na osnovu upadnog ugla izvršena je procjena zone mogućih vatrenih položaja oružja, odnosno minimalnog odstojanje od mjesta pada projektila. Iz Tablica gađanja za top 130 mm M46 za navedene upadne uglove i za tablične uvjete udaljenost je bila:

$$26.500 \text{ m} \leq X_{VP} \leq 27.480 \text{ m}$$

6. Topovi 130 mm M46 su oružja koja se vuku kamionima ili vozilima sa gusjenicama. Masa oružja je oko 8 t, tako da se mogu transportirati samo preko jako čvrstog tla i vatreni položaj mora biti u blizini saobraćajnice.
7. Uzimajući u obzir poznate podatke o projektilu, upadnom uglu, pretpostavljenim atmosferskim parametrima na dan 25.05.1995 god., uzimajući u obzir da je poziciju vatrenog položaja bila iznad mjesta eksplozije za oko 30 m, izvršen je proračun trajektorija putanja koristeći softver 3-DOF sa balističkim koeficijentima navedenim u tablicama gađanja za top 130 mm M46 i određena je minimalna udaljenost vatrenog položaja i ona je:

$$X_{VP} = 27.100 \pm 380 \text{ m}$$

8. Sa topografske karte zemljišta u danoj zoni i pri rasponu azimuta od $271^{0\pm 2,5}$, može se jasno vidjeti da u neposrednoj blizini se nalazi samo jedna saobraćajnica i selo pod nazivom Panjik.
9. HE projektil 130 mm M79 pri procesu prirodne fragmentacije formira od 4000-6800 fragmenata različitih masa i oblika.
10. Srednja brzina fragmenata je oko 850 m/s.
11. Ekvivalentni radijus smrtonosne zone za HE projektil 130 mm M79 je oko 27 m, pri čemu svaki cilj površine od 1 m² na tom odstojanju primi udar od minimum jednog fragmenta koji raspolaže sa kinetičkom energijom od min. 80 J.
12. U Analizi je jasno naznačena efikasna smrtonosna zona koja u potpunosti odgovara efektima uništenja ljudskih ciljeva koji su se desili dana 25.05.1995 god u 20⁵⁵ sati na trgu „Kapija“.

13. Za top 130 mm M46 i projektil 130 mm M79 u uvjetima potpunog poznavanja parametara atmosfere (temperatura, pritisak, vlažnost, brzina vjetra), mase projektila, istrošenosti cijevi topa itd., moguće je gađati ciljeve u zoni koja se nalazi do $\pm 4V_d$ u odnosu na tačku gađanja (± 380 m na dometu od 27.450 m), a po pravcu $\pm 4V_p$ (lijevo ili desno od pravca gađanja 56 m).
14. Sa topom 130 mm M46 i projektilima 130 mm M79 a nije moguće gađati pojedinačne ciljeve u urbanim dijelovima, a da pri tome ne nastupi kolateralna šteta po stanovništvo.