

V. Bohanek, M. Fusić, V. Horvat, L. Matak, D. Kunić*

UČINCI PRIMJENE CIJEVNE BOMBE S ANFO EKSPLOZIVOM KAO IMPROVIZIRANE EKSPLOZIVNE NAPRAVE

UDK 669.43

PRIMLJENO: 23.2.2024.

PRIHVAĆENO: 6.8.2024.

Ovo djelo je dano na korištenje pod Creative Commons Attribution 4.0 International License



SAŽETAK: *Improvizirane eksplozivne naprave predstavljaju veliku opasnost za sigurnost civilnog stanovništva i pripadnike vojnih formacija. Jednostavnost izrade, dostupnost komponenti za izradu razlog su njihove raširene upotrebe kod terorističkih i kriminalnih napada diljem svijeta. U radu je dan opis različitih vrsta improviziranih eksplozivnih naprava te povijesni pregled terorističkih napada u kojima su korišteni eksplozivi na osnovi amonijevog nitrata. Osim toga, predstavljeni su rezultati ispitivanja učinaka primjene cijevnih bombi izrađenih od različitih metala s eksplozivnim punjenjem od ANFO eksploziva. Djelovanje zračnog udarnog vala izračunato je pomoću EXPLO 5 računalnog programa. Prilikom ispitivanja utvrđeno je da debljina stijenki i masa metala utječu na izmjerenu brzinu detonacije ANFO eksploziva i učinkovitost cijevnih bombi.*

Ključne riječi: *improvizirane eksplozivne naprave, sigurnost, cijevna bomba, ANFO eksplozivi*

UVOD

Improvizirane eksplozivne naprave (IEN) namijenjene su za uništavanje, onesposobljavanje i uznemiravanje vojnika i civila (*eng. improvised explosive device - IED*). Jednostavnost i niska cijena izrade, dostupnost komponenti za izradu te mogućnost nanošenja velike štete i civilnih žrtava učinile su IEN glavnim oružjem terorističkih organizacija (*Matak, 2023.*). Najčešće se izrađuje od priručnih sredstava i jednostavnih sklopova, a za eksplozivno punjenje koriste se različite vrste eksploziva i pirotehničkih sredstava. Ranije su se ozljede uzrokovane eksplozivnim napravama viđale uglavnom na bojnopolju, ali danas su sve više prisutne u civilnim okruženjima (*Kujirai*

et al., 2022.). Vrlo često se pri izradi IEN-a koriste i gospodarski eksplozivi (*Kunić, 2023.*). Ammonium nitrate–fuel oil (ANFO) je gospodarski eksploziv koji ima raširenu primjenu u rudarstvu i građevinarstvu, ali se i učestalo koristi u terorističkim napadima. ANFO eksploziv vrlo je popularan među teroristima zbog jednostavnosti pripreme i predstavlja glavni eksploziv koji su koristile različite terorističke organizacije koje djeluju lokalno poput IRA (Irska republikanska armija), PIRA (privremena Irska republikanska armija) ili globalno poput Al-Qaeda (međunarodni savez islamskih terorističkih organizacija); (*Figuli et al., 2018.*). U radu je prikazan ANFO eksploziv, različite vrste IEN-a i najznačajniji teroristički napadi u kojima je korišten ANFO eksploziv. Pored toga, ispitivani su učinci primjene IEN jednostavne konstrukcije s eksplozivnim punjenjem od ANFO eksploziva. Za ispitivanje su korištene cijevne bombe koje Hrvatsko strukovno nazivlje definira kao improviziranu eksplozivnu napravu sastavljenu od detonatora i cijevi napunjene eksplozivom (*Struna, 2024.*).

*Izv. prof. dr. sc. Vječislav Bohanek, dipl.ing.rud. (vjecislav.bohanek@rgn.unizg.hr), Sveučilište u Zagrebu, Rudarsko geološko naftni fakultet, 10000 Zagreb, Hrvatska, Mladen Fusić, mag. ing. aedif., Vladimir Horvat, mag. ing. aedif., Luka Matak, univ. mag. ing. mil., Dominik Kunić, univ. bacc. ing. mil., Sveučilište u Zagrebu, Hrvatsko vojno učilište "Dr. Franjo Tuđman", 10000 Zagreb, Hrvatska.

ANFO ESKPLOZIVI, IEN I TERORISTIČKI NAPADI S ANFO ESKPLOZIVOM

ANFO eksploziv je jednostavni, dvokomponentni eksploziv koji se sastoji od granula amonijevog nitrata i goriva. Zbog svojih sigurnosnih svojstava, jednostavne proizvodnje, niske cijene te zadovoljavajućih eksplozivnih i tehničkih karakteristika, ANFO je najčešće korišteni gospodarski eksploziv (Bohanek et al., 2013a.). ANFO eksploziv se dosta često koristi pri terorističkim napadima. Vrlo je česta zlouporaba mineralnih gnojiva u proizvodnji golemih količina eksploziva tipa ANFO za mega bombe, namijenjene masovno ubojitim i opsežno razornim samoubilačkim bombaškim napadima kamionima, vagonima, auto/vagon cisternama, brodovima i zrakoplovima-bombama (Kulišić, 2008.).

Improvizirana eksplozivna naprava (IEN) vrsta je nekonvencionalnog eksplozivnog oružja koje može imati različit oblik i može se aktivirati na različite načine te ima snažno destruktivno djelovanje (Figuli et al., 2016.). Osim toga, IEN mogu stvoriti osjećaj nesigurnosti, demoralizirati populaciju i izazvati podjele između stanovništva i legitimnih vlasti koje se brinu za sigurnost. Iako su IEN-e često povezane s neregularnim, terorističkim ili pobunjeničkim snagama, njihova se uporaba može proširiti na cijeli spektar sukoba (*Counter-Improvised Explosive Devices - NATO's ACT, 2024.*). Opseg štete uzrokovane IEN-om ovisi o veličini, konstrukciji i položaju kao i o eksplozivnom punjenju. Automobilske bombe, također poznate kao IEN-ovi kod kojih je eksplozivni naboj smješten u vozilima, mogu nositi znatno više eksplozivnog materijala i stoga napraviti veću štetu (*U.S. Department of Home-*

land Security, 2005.). Općeprihvaćena podjela IEN-a po vrstama je sljedeća (*UNMAS, 2017.*):

- a) ABIED – *Air Borne Improvised Explosive Device* (IEN koji se prenosi i upotrebljava iz zraka – npr. bezposadnom letjelicom ili dronom),
- b) ANIMAL BIED – *Animal Borne Improvised Explosive Device* (IEN koji se upotrebljava putem životinje),
- c) PBIED - *Person-Borne Improvised Explosive Device* (IEN koji se prenosi i upotrebljava putem osobe),
- d) CWIED - *Command Wire Improvised Explosive Device* (IED aktiviran pomoću električne žice),
- e) RCIED - *Remote Control Improvised Explosive Device* (IEN daljinski upravljani),
- f) SBIED - *Suicide Bomber Improvised Explosive Device* (Bombaš samoubojica),
- g) SVBIED - *Suicide Vehicle-Borne Improvised Explosive Device* (IEN u samoubilačkom vozilu),
- h) VBIED - *Vehicle-Borne Improvised Explosive Device* (IEN koji se prenosi i upotrebljava putem vozila),
- i) VOIED - *Victim Operated Improvised Explosive Device* (IEN koji se prenosi i upotrebljava putem nevine žrtve i/ili u povodu promjene temperature, svjetla, akustike, vibracije, zračenja).

U Tablici 1 navedeni su teroristički napadi u razdoblju od 1970. do 2016. godine u kojima je korišten ANFO eksploziv ili eksploziv na osnovi amonijeva nitrata.

Tablica 1. Teroristički napadi u razdoblju od 1970. do 2016. u kojima je korišten ANFO eksploziv ili eksploziv na osnovi amonijeva nitrata**Table 1. Terrorist attacks in the period from 1970 to 2016 in which ANFO explosives or ammonium nitrate-based explosives were used**

Godina	Događaj (lokacija)	Glavni eksploziv	Masa eksploziva (kg)
1970.	Sterling Hall Bombing (Madison, WI)	ANFO	907
1983.	US Embassy Bombings (Beirut, Libanon)	ANFO	907
1992.	St. Mary Axe Bombing (London, United Kingdom)	CAN/IS	454-907
1993.	World Trade Center Bombing (New York, NY)	Urea Nitrate	547
1993.	Bishopsgate Bombing (London, United Kingdom)	CAN/IS	907-1814
1995.	Oklahoma City Bombing (Oklahoma City, OK)	AN/NM	2267
1996.	Manchester Shopping Mall (Manchester, United Kingdom)	CAN/IS	454-1361
1996.	South Quay bombing (London, United Kingdom)	CAN/IS	454-1361
1999.	Millennial Bomber Interdiction (Port Angeles, WA)	Urea Nitrate	< 500
2003.	British Consulate Bombing (Istanbul, Turska)	AN/AI	453-907
2003.	Casablanca Bombings (Casablanca, Maroko)	AN/TATP	5-10
2004.	US Embassy Attack (Tashkent, Uzbekistan)	AN/AI	5-10
2006.	Disrupted Plot (Ontario, Kanada)	ANFO	2720-3175
2010.	Failed Times Square Plot (New York, NY)	AN/IS	45
2011.	Oslo Bombing (Oslo, Norway)	ANFO/CAN/AI	907
2016.	2016-Ahmad Khan Rahami (New York/New Jersey).	AN ET/	0,5-4,5

*AN: ammonium nitrate, AN/FO: ammonium nitrate/fuel oil, CAN: calcium ammonium nitrate, NM: nitromethane, IS: icing sugar, ET: exploding target mixture.

Iako se, prema Tablici 1, ANFO eksploziv uglavnom koristi kod IEN-a veće mase eksplozivnih punjenja, zbog dobrih detonacijskih svojstava ANFO eksploziv može se učinkovito koristiti i za cijevne bombe s manjom količinom eksplozivnog punjenja.

ISPITIVANJE

Cijevne bombe jednostavne su i jeftine za izradu, a komponente za izradu lako su dostupne kao i upute za izradu koje je moguće pronaći na internetu. Zbog navedenog, cijevne bombe postale su jedno od glavnih IEN-ova kojim se koriste teroristi i kriminalci diljem svijeta (*Gibbons et al., 2003.*). Kod izrade koriste se metalne i plastične cijevi i različita eksplozivna punjenja poput crnog baru-

ta, bezdimnog baruta, pirotehničkih proizvoda ili različitih vrsta eksploziva uključujući eksplozive kućne radinosti (*home made explosives*); (*Gregory et al., 2010.*). Ispitivanja predstavljena u članku izvedena su s cijevnim bombama izrađenim od tri različita metala, različite debljine stijenke i mase cijevi. Za eksplozivno punjenje cijevnih bombi korišten je ANFO eksploziv.

Ispitni uzorci

Za potrebe ispitivanja izrađene su tri (3) bombe od različitih materijala; bakar, aluminij i čelik. Cijevi su bile sličnih unutarnjih promjera (39, 40 i 42 mm) te različitih debljina stijenke i mase cijevi. Sve bombe bile su punjene s 520 do 550 grama ANFO eksploziva, a nakon punjenja eksplozi-

vom izračunat je M/C koeficijent. M/C koeficijent je odnos između mase metala i mase eksploziva i uobičajeno se koristi u različitim postupcima poput oblikovanja, zavarivanja ili rezanja metala eksplozivom (Bohanek et al., 2013b.). Korišten je ANFO eksploziv s omjerom amonijev nitrat/ložiivo ulje od 94,4/5,6 %, i nasipnom gustoćom u rasponu od 0,85 do 0,88 g/cm³. ANFO eksploziv proizveden je od granuliranog AN s minimalno 6,0 % upijanja ulja, maksimalno 0,3 % vlage i minimalno 90,0 % granula dimenzija između 1,0 i 2,83 mm. Za iniciranje su korišteni pojačnici komercijalnog naziva APG 20 "Mini Booster" (promjera 20 mm, duljine 90 mm s punjenjem od 20 g pentrita) i trenutni električni detonatori (Bohanek et al., 2022.). Na slici 1 prikazani su ispitni uzorci.



Slika 1. Ispitni uzorci
Figure 1. Test samples

Metode ispitivanja

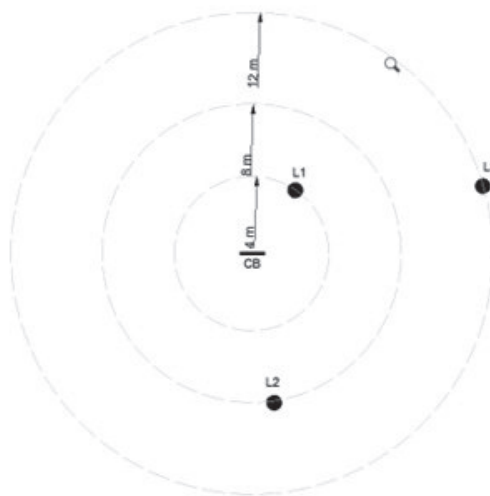
Ispitivanje je podijeljeno u dvije skupine. U prvoj skupini izmjerena je brzina detonacije ANFO eksploziva u različitim metalnim cijevima dok je u drugoj skupini ispitan učinak djelovanja IEN na metama. Brzina detonacije mjerena je elektrooptičkom metodom elektroničkim mjeračem vremena Explomet2 i optičkim sondama proizvođača Kontinitro SA. Optička vlakna mogu detektirati svjetlosni signal koji prati frontu detonacije te služe kao pogodno sredstvo za prijenos signala (Klapötke, 2012.). Metoda mjeri vrijeme potreb-

no da valna fronta detonacije prijeđe udaljenost između dva optička vlakna. Na temelju izmjerene vremena i unaprijed definirane udaljenosti između vlakana izračunava se brzina detonacije (Bohanek et al., 2022.). Duljina uzorka iznosila je 500 mm, a optička sonde P1 i P2 postavljene su na međusobnom razmaku od 100 mm. Na slici 2 prikazan je shematski postav mjerenja brzine detonacije ANFO eksploziva.



Slika 2. Postav mjerenja brzine detonacije
Figure 2. Velocity of detonation measurement setup

Učinkovitost cijevnih bombi ispitivana je na izložbenim lutkama koje svojim dimenzijama i oblikom vjerno imitiraju ljude. Lutke su u uspravnom položaju postavljene na različite udaljenosti od cijevne bombe. Udaljenosti lutki (L1, L2 i L3) od cijevne bombe (CB) iznosile su 4, 8 i 12 metara. Nakon detonacije cijevne bombe vizualno je utvrđeno stanje lutaka te su zabilježene "ozljede" koje su lutke pretrpjele. Na slici 3 prikazan je postav ispitivanja.



Slika 3. Postav ispitivanja
Figure 3. Test setup

REZULTATI ISPTIVANJA

U Tablici 2 dane su karakteristike cijevi i izmjerene brzine detonacije ANFO eksploziva.

Tablica 2. Karakteristike cijevi i izmjerene brzine detonacije

Table 2. Tube characteristics and measured velocities of detonation

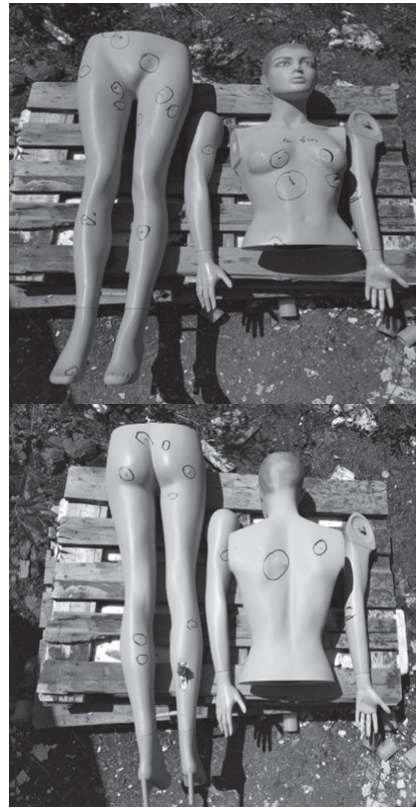
Redni broj	Materijal	Unutarnji promjer (mm)	Debljina stijenke (mm)	M/C	Brzina detonacije (km/s)
1	Bakar	40	1,0	0,99	1,66
2	Aluminij	42	4,0	1,45	1,75
3	Čelik	39	2,8	3,00	2,19

Iz Tablice 3 vidljivo je da s porastom M/C odnosa raste i izmjerena brzina detonacije eksploziva, dok male razlike u unutarnjem promjeru cijevi ne utječu na brzinu detonacije eksploziva. U Tablici 3 sistematizirana su oštećenja na lutkama za tri tipa cijevni bombi i različite udaljenosti od lutaka, dok su na slici 4 prikazane ulazne i izlazne rane na lutki.

Tablica 3. Prikaz oštećenja na lutkama

Table 3. Display of damage on dolls

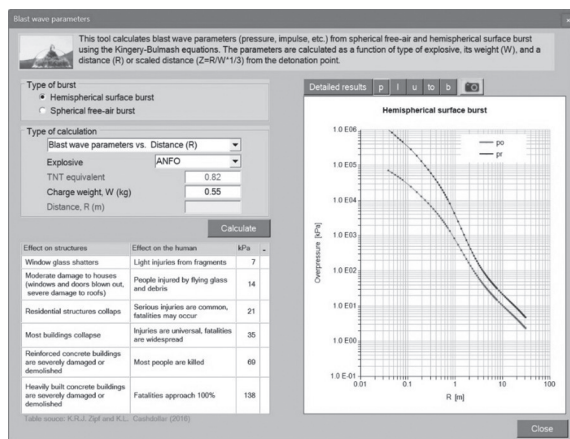
Cijev	Udaljenost (4 m)	Udaljenost (8 m)	Udaljenost (12 m)
Bakar	Lutka srušena zbog djelovanja zračnog udarnog vala. Manje površinske ozljede.	Lutka neokrznuta.	Lutka neokrznuta.
Aluminij	Lutka neokrznuta.	Lutka neokrznuta.	Ulazne i izlazne rane na području prepone i nogu.
Čelik	Lutka srušena zbog djelovanja zračnog udarnog vala. Ulazne i izlazne rane na području cijelog tijela.	Manje površinske ogrebotine.	Manje ogrebotine.



Slika 4. Ulazne i izlazne rane
Figure 4. Entrance and exit wounds

DISKUSIJA I ZAKLJUČAK

Ozljede uzrokovane cijevnom bombom mogu nastati zbog djelovanja zračnog udarnog vala, djelovanja fragmenta cijevne bombe i odbaćenih krhotina predmeta koji se nalaze u okolini bombe. S obzirom da nije mjereno, učinak djelovanja zračnog udarnog vala na ljude proračunat je pomoću EXPLO 5 programa koji se koristi za proračun različitih detonacijskih parametara eksplozivnih tvari (Sućeska et al., 2021.). Proračun je izveden za eksplozivni naboj mase 550 g položen na zemlju za udaljenosti od 4, 8 i 12 m koristeći jednadžbu koju su razvili Kingery i Bulmash (Kingery and Bulmash, 1984.). Za proračun TNT ekvivalenta za ANFO eksploziv korišten je koeficijent 0,82 prema podacima iz literature (UN SaferGuard, 2021). Prikaz proračuna može se vidjeti na slici 5.



Slika 5. Proračun zračnog udarnog vala

Figure 5. Blast wave calculation

U Tablici 4 prikazani su proračunati tlakovi zračnog udarnog vala te odgovarajući učinak na ljude.

Tablica 4. Tlak zračnog udarnog vala i učinak na ljude

Table 4. Blast wave pressure and effect on people

Udaljenost (m)	Direktni tlak (kPa)	Učinak na ljude
4	40,13	Ozljeđe su univerzalne, smrtni ishodi rašireni
8	13,97	Osobe ozlijeđene od odbačenog stakla i krhotina
12	8,24	Lakše ozljeđe od fragmenata

Iako kod pojedinih lutki na udaljenosti od 4 m nisu zabilježena oštećenja nastala od fragmenata, vidljivo je da su lutke srušene zbog djelovanja zračnog udarnog vala. Za slučaj da su umjesto lutki bile stvarne osobe, došlo bi do teških ozljeđa i vjerojatno smrtnog ishoda kao posljedica djelovanja zračnog udarnog vala kako je to prikazano u Tablici 4. Na udaljenosti od 8 m osobe mogu biti ozlijeđene od odbačenih dijelova dok se na udaljenosti od 12 m mogu očekivati lakše ozljeđe zbog djelovanja različitih fragmenata. Osim toga, bitno je napomenuti da su pojedina vidljiva oštećenja na lutkama mogla nastati zbog odbacivanja okolnih komada stijena koja su se nalazile u okolini cijevne bombe. Iz rezultata mjerenja može se pretpostaviti da, za isti unutarnji promjer cijevi, brzina detonacije ANFO eksploziva raste s gustoćom materijala cijevi odnosno M/C odnosom.

Ova spoznaja je naknadno dokazana i predstavlja znanstveni doprinos prikazan u recentnoj literaturi (Bohanek et al., 2024., Suceska et al., 2024.). Veća brzina detonacije daje veću energiju za odbacivanje metalnih fragmenata bombe. Veća debljina stijenke cijevi ima za posljedicu stvaranje većih fragmenata nakon detonacije te su kod bombe s najdebljom aluminijskom cijevi zabilježene ulazne i izlazne ozljeđe na najvećoj udaljenosti od 12 m. Spoznaja da pri detonaciji cijevi deblje stijenke nastaju veći fragmenti, koji zbog svoje mase imaju veći smrtonosni učinak, u skladu je sa zaključcima drugih autora (da Silva et al., 2020.).

Zaključno se može reći da improvizirane eksplozivne naprave predstavljaju sve veću opasnost za sigurnost civilnog društva. Ispitivanjima je dokazano da se samo uz pomoć jednostavne metalne cijevi i relativno male količine eksploziva može dobiti smrtonosan učinak. Iako u pojedinim slučajevima nije bilo oštećenja lutaka na udaljenosti od 4 metra, u svim slučajevima lutke su srušene zbog djelovanja zračnog udarnog vala koji na toj udaljenosti ima smrtonosan učinak. Kao što je vidljivo iz ispitivanja bombe s malom količinom eksplozivnog punjenja učinkovite su i na 12 metara udaljenosti, što je dovoljno veliki radijus za postizanje željenog efekta poput unošenja kaosa i nemira te ranjavanja i usmrćivanja. Upravo iz tih razloga razne paravojne i terorističke ili kriminalne organizacije često pribjegavaju korištenju IEN-a. Autori rada slažu se s drugim autorima da je poznavanje djelovanja različitih vrsta IEN-a nužno kako bi se uspostavila strategija upravljanja masovnim nesrećama koja je neophodna za zdravstveni sustav (Kujirai et al., 2022., Ramasamy et al., 2009.).

LITERATURA

Bohanek, V., Dobrilović, M., Škrlec, V.: Influence of the Initiation Energy on the Velocity of Detonation of ANFO Explosive, *Cent. Eur. J. Energ. Mater.*, 2013a., 10, 555–568.

Bohanek, V., Dobrilović, M., Škrlec, V.: Primjena energije eksploziva pri obradi metala, *Rudarsko - Geolosko - Naftni Zbornik*; Zagreb, 2013b, 26, 1.

Bohanek, V., Sućeska, M., Dobrilović, M., Hartlieb, P.: Effect of Confinement on Detonation Velocity and Plate Dent Test Results for ANFO Explosive, *Energies*, 2022., 15, 4404.

Bohanek, V., Sućeska, M., Dobrilović, I., Pleše, P.: Influence of Confining Materials on Detonation Parameters of ANFO Explosive, *Rudarsko-Geološko-Naftni Zbornik*, 39, 2024., 1, 35–44.

Counter-Improvised Explosive Devices - NATO's ACT, dostupno na <https://www.act.nato.int/our-work/counter-improvised-explosive-devices/>. Pristupljeno 20.02.2024

da Silva, L. A., Johnson, S., Critchley, R., Clements, J., Norris, K., & Stennett, C.: Experimental fragmentation of pipe bombs with varying case thickness, *Forensic Science International*, 2020., 306, 110034.

GICHD: Explosive weapon effects – final report, GICHD Geneva, February 2017.

Figuli, L., Zvaková, Z., Kavický, K., Jangl, Š., Vandlíčková, M.: Effects of Well-Known Forms of Improvised Explosive Devices Using Home Made ANFO Explosives, *Science & Military*, 2016., 1, 1–6.

Figuli, L., Kavický, V., Jangl, S., Zvakova, Z.: Comparison of the Efficacy of Homemade and Industrially Made ANFO Explosives as an Improvised Explosive Device Charge, *Communications - Scientific Letters of the University of Žilina*, 2018., 20, 2, 23–27.

Gibbons, A. J., Farrier, J. N., Key, S. J.: The Pipe Bomb: A Modern Terrorist Weapon, *Journal of the Royal Army Medical Corps*, 2003., 149, 1, 23–26.

Gregory, O., Oxley, J., Smith, J., Platek, M., Ghonem, H., Bernier, E., Downey, M., Cumminsky, C.: Microstructural Characterization of Pipe Bomb Fragments, *Materials Characterization*, 2010., 61, 3, 347–54.

Kingery C.N., Bulmash, G.: Airblast Parameters from TNT Spherical Air Burst and Hemispherical Surface Burst, *US Technical Report ARBRL-TR-02555*. Ballistics Research Laboratory, Aberdeen Proving Ground, 1984.

Klapötke, T. M.: Chemistry of High-Energy Materials. *De Gruyter*, 2012.

Kujirai, D., Fujii, R., Kaito, D., Nakama, R., Izawa, Y.: Blast Injuries by an Improvised Explosive Device in Japan: A Case Report, *Cureus*, 2022., 14, 12.

Kulišić, D.: Mjere sigurnosti od terorističkih i inih zlonamjernih ugroza kritične infrastrukture, *Sigurnost*, 50, 2008., 4, 343–64.

Kunić, D.: *Upotreba gospodarskih eksploziva pri izradi improviziranih eksplozivnih naprava (IEN)*, Sveučilište u Zagrebu, Hrvatsko vojno učilište, Zagreb, 2023.

Matak, L.: *Improvizirane eksplozivne naprave (IEN) na bazi gospodarskih eksploziva - načini suprotstavljanja*, Sveučilište u Zagrebu, Hrvatsko vojno učilište, Zagreb, 2023.

National Academies of Sciences, Engineering, and Medicine: Reducing the Threat of Improvised Explosive Device Attacks by Restricting Access to Explosive Precursor Chemicals. *Washington, DC: The National Academies Press*. 2018.

Ramasamy, A., Hill, A. M., & Clasper, J. C.: Improvised Explosive Devices: Pathophysiology, Injury Profiles and Current Medical Management. *BMJ Military Health*, 155, 2009., 4, 265–272.

Suceska, M., Stimac Tumara, B., M. Künzel, M.: Using thermochemical code EXPLO5 to predict the performance parameters of explosives, *High Energy Materials*, 13, 2021., 17–27.

Suceska, M., Bohanek, V., Dobrilovic, I., Skrlec, V. (2024). An empirical confinement model for ANFO explosive. *Propellants, Explosives, Pyrotechnics*, 49, 2024., 4.

Struna, dostupno na: <http://struna.ihjj.hr/en/naziv/cijevna-bomba/45410/> Pristupljeno: 13.5.2024.

UN SaferGuard, dostupno na: <https://data.unsafeguard.org/iatg/en/IATG-02.20-Quantity-separation-distances-IATG-V.3.pdf>, Pristupljeno: 13.5.2025.

UNMAS, United Nations Mine Action Centre: Improvised Explosive Device Lexicon, UN, 2017. Global CWD Repository. 1257.

U.S. Department of Homeland Security, 2005. dostupno na: https://www.dhs.gov/xlibrary/assets/prep_ied_fact_sheet.pdf. Pristupljeno 20.02.2024.

THE EFFECTS OF USING THE PIPE BOMB WITH ANFO EXPLOSIVE AS AN IMPROVISED EXPLOSIVE DEVICE

SUMMARY: Improvised explosive devices (IEDs) pose a major threat to the safety of the civilian population and members of military formations. The ease of manufacture and the availability of components for manufacture are the reason for the widespread use of IEDs in terrorist and criminal attacks worldwide. The paper presents the different types of IEDs and a worldwide attack with IEDs in which ammonium nitrate (AN) based explosives were used. It also presents the results of tests of the effectiveness of pipe bombs made of various metals with a charge of ANFO explosive. EXPLO 5 program is used to calculate overpressure. During the tests, it was found that the thickness of the walls and the mass of the pipe influence the measured detonation velocity of ANFO explosives and the effectiveness of pipe bombs.

Key words: *improvised explosive devices (IED), pipe bomb, safety, ANFO explosive*

Original scientific paper

Received: 2024-02-23

Accepted: 2024-08-06