Mjerenje visine djelovanja pirotehničkih proizvoda IV razreda

Vresk, Luka

Master's thesis / Diplomski rad

2015

Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj: **University of Zagreb, Faculty of Mining, Geology and Petroleum Engineering / Sveučilište u Zagrebu, Rudarsko-geološko-naftni fakultet**

Permanent link / Trajna poveznica: https://urn.nsk.hr/urn:nbn:hr:169:192516

Rights / Prava: In copyright / Zaštićeno autorskim pravom.

Download date / Datum preuzimanja: **2024-04-20**

Repository / Repozitorij:

Faculty of Mining, Geology and Petroleum Engineering Repository, University of Zagreb

SVEUČILIŠTE U ZAGREBU
RUDARSKO-GEOLOŠKO-NAFTNI FAKULTET
Diplomski studij rudarstva

MJERENJE VISINE DJELOVANJA PIROTEHNIČKIH PROIZVODA IV RAZREDA

Diplomski rad

Luka Vresk
R 101

Zagreb, 2015.

Najljepše se zahvaljujem na podršci, stručnoj pomoći i savjetima:

mentoru, izv. prof. dr. sc. Mariju Dobriloviću, višem asistentu dr. sc. Vječislavu Bohaneku, višem asistentu dr. sc Vinku Škrlecu., tehničaru Draženu Pećini,

zahvaljujem se svojoj obitelji koja me poticala i pomagala tijekom čitavog školovanja, te posebno Ani.

Sveučilište u Zagrebu
Rudarsko-geološko-naftni fakultet

Diplomski rad

MJERENJE VISINE DJELOVANJA PIROTEHNIČKIH PROIZVODA IV RAZREDA

LUKA VRESK

Diplomski rad izrađen: Sveučilište u Zagrebu
Rudarsko-geološko-naftni fakultet
Zavod za rudarstvo i geotehniku
Pierottijeva 6, 10 002 Zagreb

Sažetak

Pirotehnička sredstva IV razreda ili pirotehnička sredstva za profesionalnu uporabu se koriste za vatromete. Zbog visokog rizika koja ova sredstva predstavljaju, smiju ih koristiti samo osobe sa posebnim stručnim znanjem. U radu su prikazane metode za mjerenje visine djelovanja pirotehničkih sredstava IV razreda, rezultati međulaboratorijskih usporednih ispitivanja te su prikazani i analizirani rezultati mjerenja Laboratorija za ispitivanje eksplozivnih tvari RGN Fakulteta.

Ključne riječi: pirotehnika IV razreda, visina djelovanja, mjerenje, ispitivanje

Diplomski rad sadrži: 36 stranica, 7 tablica, 21 slika i 10 referenci.

Jezik izvornika: hrvatski

Diplomski rad pohranjen: Knjižnica Rudarsko-geološko-naftnog fakulteta
Pierottijeva 6, Zagreb

Voditelj: Dr. sc. Mario Dobrilović, izvanredni profesor RGNF
Pomoć pri izradi: Dr. sc. Vječislav Bohanek, viši asistent RGNF
Dr. sc. Vinko Škrlec, viši asistent RGNF

Ocjenjivači: Dr. sc. Mario Dobrilović, izvanredni profesor RGNF
Dr. sc. Želimir Veinović, docent RGNF
Dr. sc. Dalibor Kuhinek, docent RGNF

Datum obrane: 20. studenog 2015.

University of Zagreb
Faculty of Mining, Geology
and Petroleum Engineering

Master's Thesis

MEASURING OF HEIGHT EFFECT FOR PYROTECHNIC ARTICLES CATEGORY IV

LUKA VRESK

Thesis completed at: University of Zagreb
Faculty of Mining, Geology and Petroleum Engineering
Department of Mining Engineering and Geotechnics,
Pierottijeva 6, 10 002 Zagreb

Abstract

Pyrotechnic articles category IV or pyrotechnic articles for professional use are used for fireworks. Because of the high risk that these articles represent, they may only be used by people with special expertise. This paper presents methods for height measurement of pyrotechnic articles category IV, the results of inter-laboratory comparative tests and results and analysis of the results of measurements conducted by the Laboratory for testing explosive materials of RGN Faculty.

Keywords: pyrotechnic articles grade IV, height of effect, measurment, testing

Thesis contains: 36 pages, 7 tables, 21 figures and 10 references.

Original in: Croatian

Thesis deposited at: Library of Faculty of Mining, Geology and Petroleum Engineering,
Pierottijeva 6, Zagreb

Supervisor: PhD Mario Dobrilović, Associate Professor
Technical support: PhD Vječislav Bohanek, Assistent
PhD Vinko Škrlec, Assistent

Reviewers: PhD Mario Dobrilović, Associate Professor
PhD Želimir Veinović, Assistant Professor
PhD Dalibor Kuhinek, Assistant Professor

Date of defence: November 20th, 2015

SADRŽAJ

SADRŽAJ I
POPIS TABLICA II
POPIS SLIKA III
POPIS KORIŠTENIH OZNAKA I SI JEDINICA IV
1. UVOD 1
2. PIROTEHNIČKA SREDSTVA IV RAZREDA 3
3. MJERENJE VISINE DJELOVANJA PIROTEHNIČKIH SREDSTAVA IV RAZREDA 9
3.1 Mjerenje visine djelovanja, metoda 1 9
3.2 Mjerenje visine djelovanja, metoda 2 11
4. MEĐULABORATORIJSKO USPOREDNO ISPITIVANJE RRT2014 14
5. MJERENJE VISINE DJELOVANJA RGN FAKULTETA 20
5.1 Ispitni uzorci 20
5.2 Postav ispitivanja 23
5.3 Mjerna oprema 24
6. REZULTATI I ANALIZA REZULTATA MJERENJA 29
7. ZAKLJUČAK 35
8. LITERATURA 36

POPIS TABLICA

Tablica 2-1. Podjela vrsta pirotehničkih sredstava IV razreda. 3
Tablica 2-2. Podvrste pirotehničkih sredstava IV razreda 5
Tablica 4-1. Ispitni uzorci 20
Tablica 6-1. Rezultati mjerenja na poziciji T1, totalna stanica PENTAX PTS-V3 29
Tablica 6-2. Rezultati mjerenja na poziciji T1, digitalna kamera PENTAX K-5 29
Tablica 6-3. Rezultati mjerenja na poziciji T2, totalna stanica STONEX R2 PLUS 30
Tablica 6-4. Rezultati mjerenja na poziciji T2, digitalna kamera CASIO EX-FH20 30

POPIS SLIKA

Slika 3-1. Mjerenje visine djelovanja, metoda 1 10
Slika 3-2. Mjerenje visine djelovanja, metoda 2 12
Slika 4-1. Mjerni postav na poligonu 15
Slika 4-2. Izmjerene visine na poziciji T1, 75mm bomba 16
Slika 4-3. Izmjerene visine na poziciji T2, 75mm bomba 16
Slika 4-4. Srednje izmjerene visine na poziciji T1 i T2, 75mm bomba 17
Slika 4-5. Izmjerene visine na poziciji T1, 50mm rimska svijeća. 17
Slika 4-6. Izmjerene visine na poziciji T2, 50mm rimska svijeća. 18
Slika 4-7. Srednje izmjerene visine na poziciji T1 i T2, 50mm rimska svijeća 18
Slika 5-1. Tlocrt ispitnog poligona 23
Slika 5-2. Položaj mjernih mjesta i točke otpucavanja. 24
Slika 5-3. Totalna stanica PENTAX PTS-V3 25
Slika 5-4. Totalna stanica PENTAX PTS-V3 25
Slika 5-5. Digitalna kamera PENTAX K-5 26
Slika 5-6. Digitalna kamera CASIO EX-FH20. 26
Slika 5-7. Primjer mjerenja upotrebom video sustava. 28
Slika 6-1. Usporedni prikaz mjerni rezultata na mjernom mjestu T1 31
Slika 6-2. Usporedni prikaz mjerni rezultata na mjernom mjestu T2 31
Slika 6-3. Usporedni prikaz mjerni rezultata mjerenja pomoću totalnih stanica 32
Slika 6-4. Usporedni prikaz mjerni rezultata mjerenja pomoću video sustava. 32
Slika 6-5. Srednje izmjerene visine pomoću totalnih stanica i video sustava. 33

POPIS KORIŠTENIH OZNAKA I SI JEDINICA

P_0	horizontalna ravnina	(-)
P_1	vodoravna ravnina	(-)
P_2	vodoravna ravnina	(-)
h_1, h_2	visine na mjerenim mjestima T1 i T2 od P_0	(m)
O'	vertikalna projekcija	(-)
$D_{1,2}$	horizontalna udaljenost	(m)
α_1, α_2	elevacija kutova	(°)
β_1, β_2	azimut kutova	(°)
H	visina	(m)
b	horizontalna udaljenost	(m)
a	okomita ravnina	(-)
b	horizontalna ravnina	(-)
H_1	visina u projekciji	(m)
H_2	visina u projekciji	(m)
m	masa	(g)

1. UVOD

Prema Zakonu o eksplozivnim tvarima (*NN 178/04, 109/07, 67/08, 144/10*) pirotehničko sredstvo je svako sredstvo koje sadrži eksplozivne tvari ili eksplozivnu smjesu tvari namijenjenih za stvaranje topline, svjetla, zvuka, plina ili dima ili kombinaciju takvih učinaka kroz samostalne egzotermne kemijske reakcije.

Pirotehnička sredstva kategorizira proizvođač prema vrsti njihove uporabe ili prema njihovoj namjeni i razini rizika uključujući razinu buke te se dijele na:

- **pirotehnička sredstva razreda I**. - pirotehnička sredstva za vatromete koja predstavljaju vrlo nizak rizik i zanemarivu razinu buke i koja su namijenjena za uporabu u ograničenim prostorima, uključujući i pirotehnička sredstva za vatromete namijenjena za uporabu unutar stambenih zgrada,
- **pirotehnička sredstva razreda II.** - pirotehnička sredstva za vatromete koja predstavljaju nizak rizik i nisku razinu buke i koja su namijenjena za vanjsku uporabu u ograničenim prostorima,
- **pirotehnička sredstva razreda III**. - pirotehnička sredstva za vatromete koja predstavljaju srednji rizik, koja su namijenjena za vanjsku uporabu na velikim otvorenim prostorima i čija razina buke nije štetna za ljudsko zdravlje,
- **pirotehnička sredstva razreda IV**. - pirotehnička sredstva za vatromete koja predstavljaju visok rizik, koja smiju koristiti samo osobe sa stručnim znanjem (uobičajeno poznata kao sredstva za profesionalnu uporabu) i čija razina buke nije štetna za ljudsko zdravlje,
- **pirotehnička sredstva razreda T1.** - pirotehnička sredstva za uporabu na pozornicama (pirotehnička sredstva za primjenu u kazalištima) koja predstavljaju nizak rizik,
- **pirotehnička sredstva razreda T2**. - pirotehnička sredstva za uporabu na pozornicama (pirotehnička sredstva za primjenu u kazalištima) koja smiju koristiti samo osobe sa stručnim znanjem,
- **pirotehnička sredstva razreda P1**. - ostala pirotehnička sredstva koja predstavljaju nizak rizik, u koja spadaju i pirotehnička sredstva koja su sastavni dio opreme brodova za potrebe spašavanja na moru, te pirotehnička sredstva koja se koriste u poljoprivredi, avionskom prometu i sl., a služe za rastjerivanje ptica,

- **pirotehnička sredstva razreda P2**. - ostala pirotehnička sredstava koja predstavljaju visok rizik i kojima mogu rukovati samo osobe sa stručnim znanjem, a u koja spadaju i rakete za obranu od tuče (*NN 178/04, 109/07, 67/08, 144/10*).

U radu su prikazana pirotehnička sredstva IV razreda, njihova podjela, prikaz metoda i instrumenata za mjerenje visine djelovanja, rezultati međulaboratorijskih usporednih ispitivanja te su prikazani i analizirani rezultati mjerenja Laboratorija za ispitivanje eksplozivnih tvari RGN Fakulteta.

2. PIROTEHNIČKA SREDSTVA IV RAZREDA

Prema *HRN EN 16261-1:2012* pirotehnika IV razreda je podijeljen na 12 generičkih tipova (vrsta) i 24 podvrste. U tablici 2-1. dane su pojedine vrste, a u tablici 2-2. pojedine podvrste.

Tablica 2-1. Podjela vrsta pirotehničkih sredstava IV razreda prema *HRN EN 16261-1:2012*.

Vrsta	Opis	Komentar	Efekt
3.1 Zračni kotač (Aerial Wheel)	Patrona sadrži propelant, smjesu za proizvodnju plamena-iskre i ili smjesu za proizvodnju buke. Patrona je pričvršćena na nosač koji je dizajniran da rotira i penje se u zrak.	Neke od patrona (ako ne sve) pričvršćene su na takav način da se uređaj podiže u zrak.	Rotacija i uzgon sa emisijom iskri i plamena, proizvodi vizualni i zvučni efekt.
3.2 Vodeni vatromet (Aquatic firework)	Vatromet osmišljen kako bi pluta na ili u blizini površine vode (na temelju plovnost), kako bi funkcionirao na ili ispod površine vode.		Efek daje poput bengalske vatre, fontane, vatrometne bombe.
3.3 Kombinacija (Combination)	Konstrukcija konstruirana kombinacijom nekoliko elemenata, jednog ili više tipova, svaki odgovara tipovima u ovoj tablici. Sadrži više stupnjeva paljenja. Smjesa vatrometa se ne smatra kombinacijom.	Elementi mogu biti spajani serijski ili paralelno, sa ili bez usporivačkog fitilja kako bi dali svoje efekte u sekvencama ili u istom trenutku.	Efekt ovisi o pojedinom elementu u kombinaciji.
3.4 Komponenta (Component)	Proizvod obično uključen vatromete, u većini slučajeva bez propelanta što zahtijeva dodatnu priprema.		
3.5 Fontana (Fountain)	Patrona kod koje dolazi do emisje iskre i ili plamena i ili zvučnih efekata.		Emisija iskri i plamena sa zvučnim efektom.
3.6 Vođeni vatromet	Pirotehnička smjesa	Primjerice mogu se	Vizualni i zvučni

(Guided Firework)	dizajnirana da funkcionira duž konopa ili nekog drugog vodiča kako bi proizvelo vizualni efekt.	koristiti za zapaljenje ostalih vatrometa pričvršćenih na okvir	efekti
3.7 Mina (Mine)	Naprava koja uključuje upotrebu cijevi, sadrži propelant te pirotehničko punjenje.	Pirotehničko punjenje mogu biti zvijezde, bangers, butterflies, petarde, propeleri, zviždači.	Razletanje svih komponenti pirotehničkog punjenja daje široki vizualni i zvučni efekt.
3.8 Pucanj (Report)	Proizvod koji sadrži pirotehničko punjenje koje je namijenjeno proizvodnji pucnja		Također osim pucnja, može sadržavati boju ili neki drugi efekt
3.9 Raketa (Rocket)	Proizvod koji sadrži pirotehničko punjenje, motor za potisak i štap ili neki drugi oblik stabilizacije te je dizajniran kako bi se podigao u zrak.		Vizualni efekt i/ili zvučni efekt
3.10 Rimska svijeća (Roman candle)	Patrona koja sadrži jedno ili naizmjenično propelantno punjenje, pirotehničko punjenje i prenosne fitilje.	Pirotehničko punjenje može biti komet, kesten, male bombe, zvijezde itd.	Izbacivanje pirotehničkog punjenja ostvaruje serije vizualnih efekata.
3.11 Bomba (Shell)	Proizvod sa ili bez propelantskog punjenja, jednim ili više usporivačkih fitilja, sadrži pirotehničko punjenje te je dizajniran za ispaljivanje iz cijevi.	Pirotehničko punjenje mogu biti zvijezde, zvrkovi, petarde itd., kako bi se dobili različiti efekti.	Izbacivanje pirotehničkog punjenja ostvaruje serije vizualnih efekata.
3.12 Dimna sredstva (Smoke/aerosol generator)	Proizvod koji sadrži pirotehničku smjesu koja proizvodi dim ili pirotehničku smjesu koja proizvodi toplinu/plin. Koristi se na tlu ili učvršćen na nosač.	Kućište može biti načinjeno od različitih materijala kao npr. plastika, papir.	Emisija bijelog ili obojanog dima, bez zvučnog efekta.

Tablica 2-2. Podvrste pirotehničkih sredstava IV razreda prema *HRN EN 16261-1:2012.*

Vrsta	Opis	Komentar *Poveznica sa vrstom (tablica4-1.)	Efekt
3.2.1 Vodena bomba (Aquatic Shell)	Sferična, cilindrična ili patrona nekog drugog oblika dizajnirana kako bi plutala na vodi. Ispaljuje se iz cijevi.	*pogledaj **bomba**	Efekt poput bombe.
3.2.2 Vreća mina (Bag Mine)	Spremnik koji sadrži propelant i pirotehničko punjenje, dizajniran za korištenje u cijevi.	*pogledaj **mina** Spremnik je od obična platnena, papirnata, ili plastična vrećica, ili platneni ili papirnati cilindar.	Isti efekt poput mine
3.2.3 Baterije (Battery)	Proizvod sastavljen od nekoliko elemenata, svaki istog tipa ili podtipa i odgovara nekom od tipova vatrometa unutar tablice, jednim ili više stupnjeva paljenja.	Elementi mogu biti zapaljeni zajedno u seriji ili paralelno, sa ili bez usporivačkih fitilja kako bi dali efekat u sekvencama ili od jednom.	Zaseban efekt za individualan element.
3.2.4 Bengalska vatra (Bengal flame)	Patrona koja sadrži sporo goruću pirotehničku smjesu.	Pirotehnička smjesa može biti utisnuta. Patrona ne izgara tijekom rada.	Emisija bijelog ili obojenog plamena.
3.2.5 Kompleksna bomba (Complex Shell)	Sastav koji se sastoji od nekoliko zasebnih elemenata dizajniranih da budu ispaljeni iz cijevi sa jednim propelantskim punjenjem, funkcioniraju sekvencijski ili simulirano. Ova podvrsta uključuje slijedeće proizvode: -Multi break shell bomba sa nekoliko zasebnih elemenata sa ili bez propelantskog punjenja, sa usporivačkim fitiljima i pucajućim punjenjem, pirotehničkim punjenjem(zvijezdama), dizajnirana za ispaljivanje iz cijevi.	*pogledaj **bomba**	Efekat zasebnog elementa

	-Kikiriki patrona Patrona sa dvije ili više bombi u zajedničkom omotu, pogonjene sa istim propelantom. -Repeater shell bomba sa nekoliko zasebnih elemenata sa ili bez propelantskog punjenja, usporivačkim fitiljem, pucajućim punjenjem , zvijezdama, dizajnirana za ispaljivanje iz cijevi, funkcioniraju u sekvencama paljenjem unutarnjeg fitilja zapaljenog prijašnjim elementom.		
3.2.6 Dnevna bomba (Daylight Shell)	Sferična ili cilindrična patrona dizajnirana za ispaljivanje iz cijevi, sadrži zasebne elemente koji proizvode vidljivi efekt po danu ili proizvode zvučni efekt.	*pogledaj **bomba**	Emisija obojene svijetlosti i dima sa zvučnim efektom.
3.2.7 Petarda sa bljeskom (Flash banger)	Nemetalna patrona koja sadrži pirotehničko punjenje na bazi metala.	*pogledaj **pucanj** Može se koristiti unutar patrona vatrometa kao dio pirotehničkog punjenja.	Svjetleći bljesak.
3.2.8 Podni pucanj (Ground maroon)	Pucanj bez propelanta i bez usporivačkog fitilja, dizajniran za proizvodnju pucnja.	*pogledaj **pucanj**	Efekt glasnog pucnja.
3.2.9 Pripala (Lance)	Patrona malog promjera koja sadrži kompaktnu pirotehničku smjesu, gori poput cigarete, namjena je proizvodnja topline za ručno paljenje vatrometa.	*pogledaj **fontana** Pirotehnička smjesa može biti utisnuta ili sama konsolidirana. Patrona za razliku od fontana, izgara tijekom rada.	Stvaranje topline ili vizualni efekt.
3.2.10 Leteća bomba s pucnjem (Maroon Shell)	Konstrukcije poput bombe, koristi se za proizvodnju glasnog pucnja.	*pogledaj **bomba** *pogledaj **pucanj**	Stvaranje glasnog pucnja.
3.2.11 Pucanj (Maroon)	Vatromet koji sadrži pirotehničko punjenje koje je namijenjeno za proizvodnju glasnog pucnja.	*pogledaj **pucanj** Nije poput petarde, dizajn je sličan bombama.	Stvaranje glasnog pucnja.
3.2.12 Raketa sa padobranom	Proizvod koji sadrži pirotehničko punjenje,	*pogledaj **raketa**	Efekt individualne podkomponente.

(Parachute Rocket)	koje se spuštaju pomoću padobrana. Opremljeni su propelantom i štapovima za stabilizaciju tijekom leta i dizajnirani su tako da se sami uzdižu u zrak.		
3.2.13 Padobranska bomba (Parachute Shell)	Sferična, cilindrična ili nekog drugog oblika patrona, dizajnirana tako da se može ispaljivati iz cijevi, sadrži podkomponente koje se spuštaju pomoću padobrana	*pogledaj **bomba**	Efekt zasebnih komponenata unutar patrone.
3.2.14 Napunjene vatrometne cijevi (Preloaded mortar, shell in mortar)	Konstrukcija sastavljena od patrone unutar cijevi iz koje se ispaljuje patrona	*pogledaj **bomba**	Efekat zasebnih komponenti
3.2.15 Propeler (Saxon)	Cijev koja je u sredini pričvršćena na stalak, tako da se može rotirati, kada pirotehnička smjesa izgara dolazi do potiska i okretanja propelera.	Konstrukcija poput *pogledaj **fontana** Dva pirotehnička punjenja mogu se spojiti u jedno punjenje, u tom slučaju to punjenje gori na dva slobodna kraja.	Rotacija uz emisiju iskri i/ili plamena sa ili bez zvučnih efekata.
3.2.16 Setovi (Set Piece)	Konstrukcija koja sadrži jedan ili više elemenata koji su dizajnirani da se ne rotiraju.	To je kombinacija. Generalno ovi elementi spadaju u podvrste pripala, fontana i kaskada, ali mogu i sadržavati petarde, podne kestene i/ili zviždače.	Efekat zasebnog elementa.
3.2.17 Vatrometne cijevi (Shot tube)	Cilindrična patrona koja sadrži jedan propelant i pirotehničko punjenje, sa ili bez pucajućeg punjenja, sa ili bez prenosnog fitilja.	*pogledaj **rimske svijeće** Pirotehničko punjenje mogu biti kometi, zvrkovi, bombe, zviždači.	Pucanj u segmentima poput rimskih svijeća.
3.2.18 Signalna raketa (Signal rocket)	Patrona koja sadrži pirotehničko punjenje, sadrži štap ili neki drugi način stabilizacije za let, dizajnirana je kako bi se podigla u zrak i pretežno stvorila zvučni efekt.	*pogledaj **raketa**	Konstantan ili segmentni visoko frekventan zvuk ili pucanj.
3.2.19 Zvrk (Spinner)	Cijev ili cijevi koje sadrže pirotehničku smjesu	*pogledaj **zračni kotač**	Rotacija praćena emisijom iskri i/ili plamena.
3.2.20 Bljeskovi	Patrona sadrži	*pogledaj **fontana**	Proizvodnja serije

(Strobe)	brzogoreću pirotehničku smjesu koja stvara dugu i brzu seriju bljeskova konstantne frekvencije		bljeskova.
3.2.21 Podvodni vatromet (Sub aquatic firework)	Vatromet dizajniran za rad ispod vode blizu površine.	*pogledaj **vodeni vatromet** Ima sposobnost plutanja nekoliko centimetara ispod površine vode.	Sličan efekt poput bengalske vatre, emisija obojenog plamena.
3.2.22 Vulkan (Volcano)	Konusno kućište u kojemu je utisnuta pirotehnička smjesa čiji efekt (intenzitet ili visina) raste vremenom.	*pogledaj **fontana**	Proizvodi rastući vizualni efekt.
3.2.23 Vodopad (Waterfall)	Patrona sadrži utisnuto pirotehničko punjenje koje proizvodi iskre i plamen, patrona izgara tijekom gorenja.	Proizvodi izgaranja su istisnuti iz zone plamena pri maloj brzini zatim padaju, poput vode vodopada.	Proizvodnja svijetle bijele ili obojene svjetlosti vizualnog efekta poput vodopada
3.2.24 Kotač (Whell)	Konstrukcija se sastoji od patrona koje sadrže pirotehničko punjenje te se okreće na stalku.	Konstruiran je tako da rotira oko fiksne točke, u vertikalnom ili horizontalnom smjeru.	Rotacija oko fiksne točke ili osi i emisija iskri i plamena sa ili bez zvučnog efekta

Iz tablice 2-1. vidljivo je da je podjela pirotehnike IV razreda u pojedine vrste izvedena na osnovu primarnog djelovanja pojedinog pirotehničkog sredstva. Radi lakšeg prepoznavanja pojedinog pirotehničkog u tablicama je dan i opis pojedinog sredstva. Da bi se postigao zadovoljavajući primarni efekt potrebno je uskladiti konstrukcijske zahtjeve za oblik i izvedbu pirotehničkog sredstva i koristiti odgovarajuće pirotehničke smjese za postizanje efekta.

3. MJERENJE VISINE DJELOVANJA PIROTEHNIČKIH SREDSTAVA IV RAZREDA

Ispitivanje pirotehničkih proizvoda četvrtog razreda regulirano je harmoniziranim normama iz niza *HRN EN 16261*. Niz se sastoji od četiri norme, a naziv pojedine norme je:

- *HRN EN 16261-1:2012 - Pirotehnički proizvodi -- Vatrometi, kategorija 4 -- 1. dio: Nazivlje (EN 16261-1:2012),*
- *HRN EN 16261-2:2013 - Pirotehnički proizvodi -- Pirotehnika (Vatrometi), kategorija 4 -- 2. dio: Zahtjevi (EN 16261-2:2013),*
- *HRN EN 16261-3:2012 - Pirotehnički proizvodi -- Vatrometi, kategorija 4 -- 3. dio: Metode ispitivanja (EN 16261-3:2012),*
- *HRN EN 16261-4:2012 - Pirotehnički proizvodi -- Vatromet, kategorija 4 -- 4. dio: Minimalni zahtjevi označivanja i upute za upotrebu (EN 16261-4:2012).*

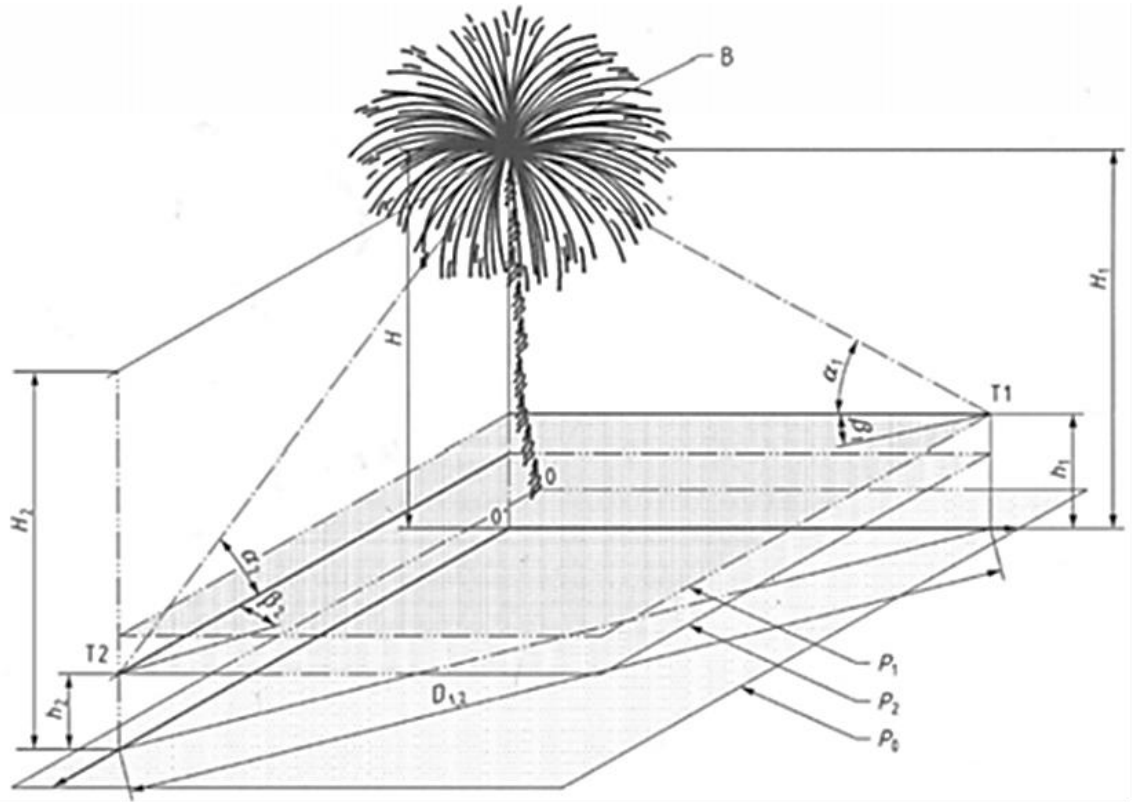
U normi *HRN EN 16261-3:2012* specificirane su ispitne metode i zahtjevi za uređaje koji se koriste pri pojedinom ispitivanju. Metode mjerenja su propisane općenito za sve tipove pirotehničkih sredstava uvažavajući specifičnosti djelovanja pojedinog pirotehničkog artikala. Za proizvode koji djeluju u zraku na određenoj visini popisana je oprema i način mjerenja visine. Norma propisuje mjerenje visine leta koristeći univerzalne geodetske instrumente poput teodolita, elektroničkih mjerača visina ili video sustave. U dodatku (anexu) norme su dane i prijedlozi dviju metode mjerenja te način proračuna visina.

3.1 Mjerenje visine djelovanja, metoda 1

Ovaj postupak dopušta izvedbu mjerenja s opremom koja nije na istoj visini sa točkom opucavanje i ne nalazi se, međusobno, pod kutom od 90°. Putanja pirotehničkog sredstva mora biti okomita u odnosu na vodoravnu ravninu terena s kojeg se sredstvo otpucava a mjerenja se trebaju izvoditi samo pri vjetru brzine manje od 5 m/s. Mjerenje zahtjeva dvije lokacije: T1 i T2 koje bi po mogućnosti trebale biti pod kutom od 90° jedna u odnosu na drugu s obzirom na mjesto otpucavanja. Prikladna oprema za mjerenje visine je svaka oprema koja mjeri dva kuta u isto vrijeme, točnije kutove podizanja α_1 i α_2 (0° - 90°, s točnošću od 1°) i kutove azimuta β_1 i β_2 (0° - 180°, s točnošću od 1°) u točci djelovanja B (ili točki maksimalnog djelovanja) prilikom mjerena iz točki T1 i T2. Razlike u visini mjerenja lokacija T1 i T2 potrebno je uzeti u obzir prilikom proračuna. Visina djelovanja

H se određuje iz kutova α_1 i α_2, β_1 i β_2 i horizontalne udaljenosti $D_{1,2}$ između stajališta T1 i T2.

Na slici 3-1 prikazana metoda 1 mjerenja visine leta pirotehničkih sredstava.



Kazalo:

P_0 -vodoravna ravnina koja prolazi kroz točku otpucavanja O,
P_1 - vodoravne ravnine koja prolazi kroz položaj točke mjerenja T1 ,
P_2 - vodoravne ravnine koja prolazi kroz položaj točke mjerenja T2,
h_1 , h_2- visine na mjernim mjestima T1 i T2 od ravnine P_0 (m),
O' - vertikalna projekcija najviše točke B u odnosu na ravninu P_0(m),
$D_{1,2}$ - horizontalna udaljenosti između T1 i T2 (m),
α_1, α_2 - elevacije kutova najviše točke B izmjerena i zabilježena prikladnom opremom koja se nalazi na T1 i T2 (°),
β_1 , β_2 - azimut kutova najviše točke B izmjerena i zabilježena prikladnom opremom koja se nalazi na T1 i T2 (°),
H - visina se može izračunati iz $D_{1,2}$, h_1 i h_2, α_1 i α_2, β_1 i β_2 (m),
H1-visina u projekciji i
H2-visina u projekciji.

Slika 3-1. Mjerenje visine djelovanja, metoda 1 (*HRN EN 16261-3:2012*).

Visinu *H* računa se pomoću dvije visine H_1 i H_2,. koje se računaju prema jednadžbama (3-1) i (3-2):

$$H_1 = \frac{D_{1,2} * sin\alpha_2}{\sin(\alpha_1+\alpha_2)} * tan\beta_1 + h_1 \quad (3\text{-}1)$$

i

$$H_2 = \frac{D_{1,2} * sin\alpha_1}{\sin(\alpha_1+\alpha_2)} * tan\beta_2 + h_2 \quad (3\text{-}2)$$

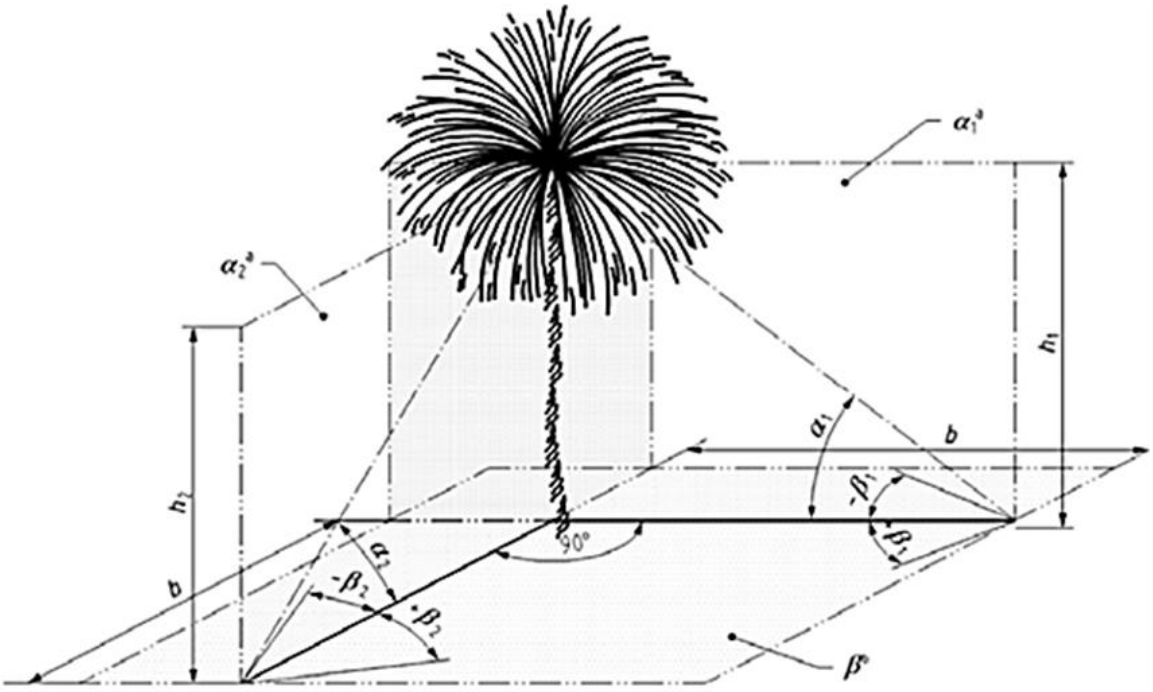
Srednja visina *H* se računa prema jednadžbi (3-3):

$$H = \frac{H_1+H_2}{2} \quad (3\text{-}3)$$

Za primjenu jednadžbe (3-3) nije potrebno znati udaljenost dviju lokacija mjerenja T1 i T2 od točke ispaljivanja O ili njihov međusobni kut. Vertikalni kut bi trebao iznositi manje od 50°, optimalan bi bio od 30° do 50°.

3.2 Mjerenje visine djelovanja, metoda 2

Druga metoda uključuje mjerenja dva kuta u isto vrijeme prikladnom opremom. Točnije, kut u okomitoj vertikalnoj ravnini, kut u isto vrijeme skladno tome trebalo bi osigurati prikladnu opremu koja to omogućuje. Točnije vertikalni kut (0° - 90°, s točnošću od 1°) i horizontalni kut (0° - 360°, s točnošću od 1°). Mjerenje zahtjeva dvije lokacije koje su međusobno smještene pod kutom od 90° jedna u odnosu na drugu i u odnosu na točku ispaljivanja. Kada se koriste univerzalni geodetski instrumenti oba kuta, vertikalni i horizontalni se moraju izmjeriti. Razlika u visini lokacija mjerenja mora biti uračunata. Na slici 3-2. prikazana je metoda 2 mjerenja visine leta pirotehničkih sredstava.



Kazalo:

h_1 , h_2 - izračunate visine (m),

b - horizontalna udaljenost između mjernih točaka i točke otpucavanja (m),
α_1, α_2 - izmjerene elevacije kutove najviše točke (°),
β_1 , β_2 - izmjereni azimut kutova najviše točke (°),
a - okomita ravnina i
b - vodoravna ravnina

Slika 3-2. Mjerenje visine djelovanja, metoda 2 (*HRN EN 16261-3:2012*).

Za slučaj vertikalne putanje pirotehničkog sredstva (tj horizontalni kutovi su manji od ± 2 °) visina se određuje iz vertikalnih kutova α_1 i α_2 i duljine baze b prema jednadžbi (3-4):

$$h_{12} = b * tan\alpha_{12} \tag{3-4}$$

Za ne-vertikalnu putanju stvarna visina računa se prema jednadžbama (3-5) i (3-6):

$$h_1 = b * tan\alpha_1 * \frac{cos\beta_2 - sin\beta_2}{\cos(\beta_1+\beta_2)} \tag{3-5}$$

i

$$h_2 = b * tan\alpha_2 * \frac{cos\beta_1 - sin\beta_1}{\cos(\beta_1+\beta_2)} \tag{3-6}$$

Srednja visina dva mjerenja se računa prema jednadžbi (3-7):

$$H = \frac{h_1+h_2}{2} \tag{3-7}$$

S jednadžbom (3-7) moguće je izračunati visine nezavisno za svaki mjerni položaj, što omogućavajući korištenje različitih duljina baze. Obje vrijednosti su prosječne. Kako bi se postigla prihvatljiva točnost, udaljenosti između točke ispaljivanja i lokacije mjerenja vertikalni kut ne bi smio biti veći od 60° a optimalni kutovi su između 40° i 50°. Točnost mjerenja duljine baze trebala bi biti u granicama od ± 1 % duljine baze (CEN, 2012).

4. MEĐULABORATORIJSKO USPOREDNO ISPITIVANJE RRT2014

Međulaboratorijske usporedbe (MU) (Interlaboratry comparison, ILC) je organiziranje, provedba i vrednovanje umjeravanja/ispitivanja istog ili sličnog predmeta umjeravanja/ispitivanja, provedenog u dva ili više laboratorija u skladu s prethodno utvrđenim uvjetima. Navedenim postupcima laboratoriju se pruža mogućnost da svoju osposobljenost dokaže kupcima svojih usluga i akreditacijskom tijelu. Međulaboratorijsko usporedno ispitivanje Round Robin test on Pyrotechnics (u nastavku RRTP) je organizirao INERIS 07. i 08. travnja 2014. godine u Verneuil en Halatte (Francuska) (Ineris, 2014). Na ispitivanju je prisustvovalo šest tijela za ocjenu sukladnosti i jedno tijelo promatrač. Pristupnici su bili laboratoriji slijedećih tijela za ocjenu sukladnosti:

- NB 0080 INERIS,
- NB 0163 LOM,
- NB 0589 BAM,
- NB 1008 TÜV RHEINLAND INTERCERT KFT,
- NB 1395 KONSTRUKTA-DEFENCE JCS,
- NB 1646 CECOC i
- HSL

Ispitivana su sredstva IV i T2 razreda na način da su ispitivanja provodena s uzorcima čije su djelovanje odjednom mjerili djelatnici različitih laboratorija sa vlastitom opremom. S obzirom da su rezultati mjerenja visine rasprskavanje/djelovanja pirotehničkih sredstava mjerenih na RRTP 2013. godine u Berlinu pokazala značajna odstupanja, mjerenje je ponovljeno i na Round Robin test on Pyrotechnics 2014. godine. Pored visine rasprskavanja/djelovanja mjerena je razina zvučnog tlaka za sva sredstva i radijalna udaljenost djelovanja za sredstva razreda T2. Ispitivanje je organizirano prema normama:

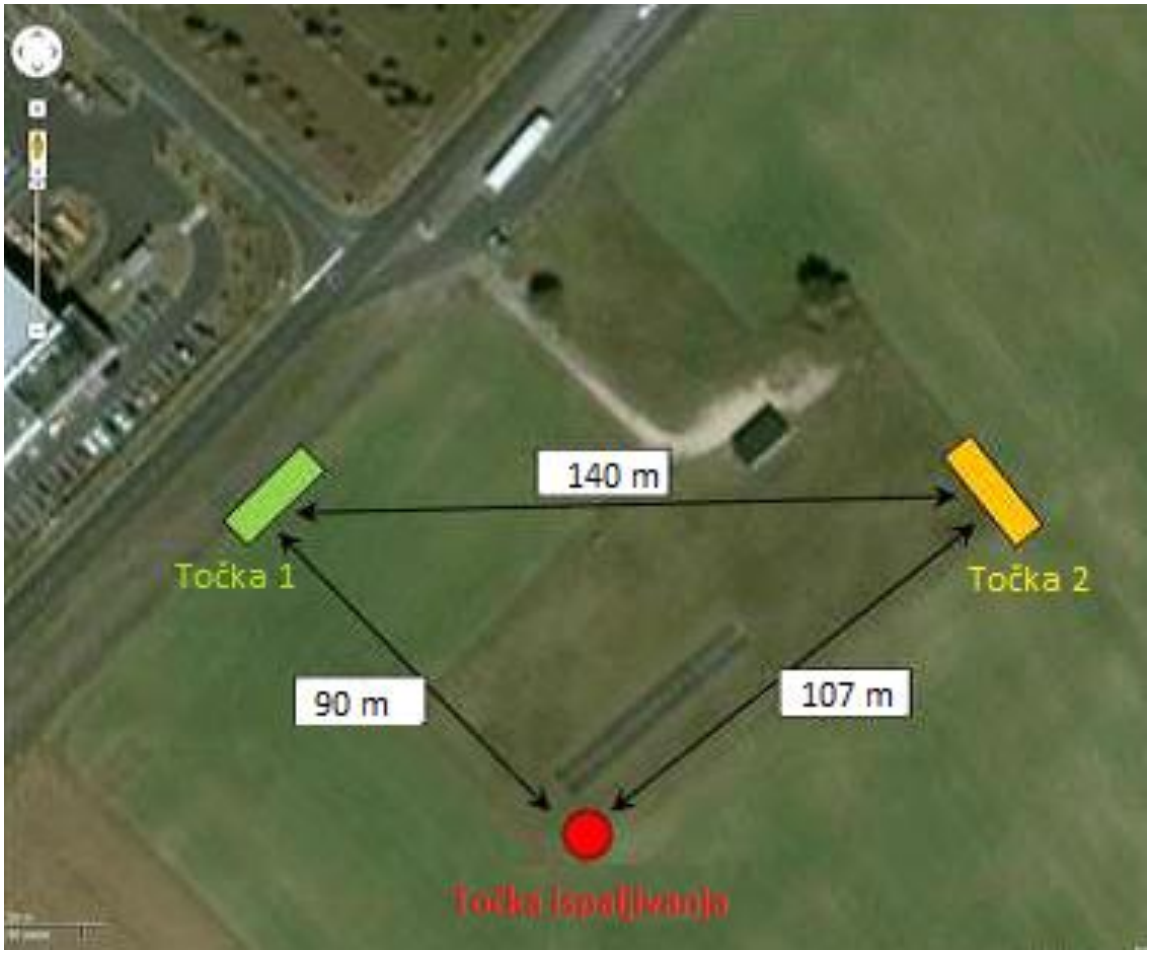
- *EN 16261-3:2012 "Pyrotechnic articles – Fireworks, Category 4 – Part 3: Test methods"*
- *EN 16256-5:2012 "Pyrotechnic articles – Theatrical pyrotechnic articles – Part 5: Test methods"*

S obzirom na temu rada, u radu su samo prikazane mjerene visine za sredstva IV razreda.

Mjerenja su provedena na dva pirotehnička sredstva IV razreda:

- 75 mm bomba (Shell) i
- 50 mm rimska svijeća (Roman Candle).

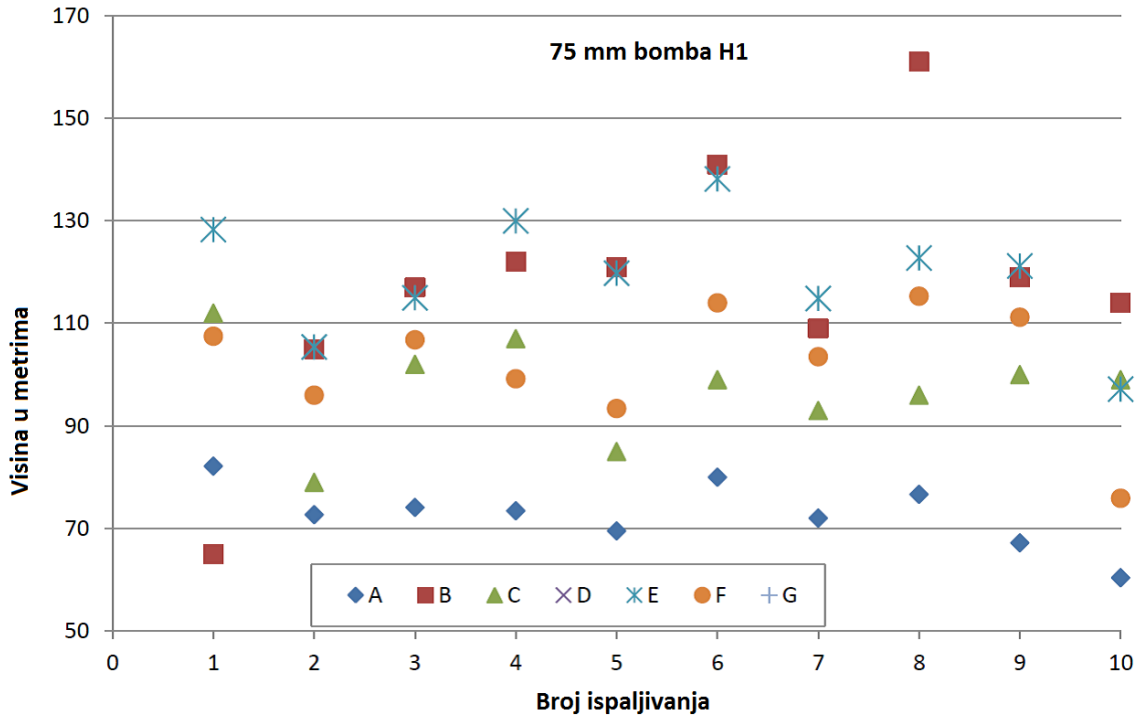
Na slici 4-1. dan je prikaz mjernog postav na poligonu, te međusobne udaljenosti između točke otpucavanja i mjernih mjernih mjesta te između dva mjerna mjesta.



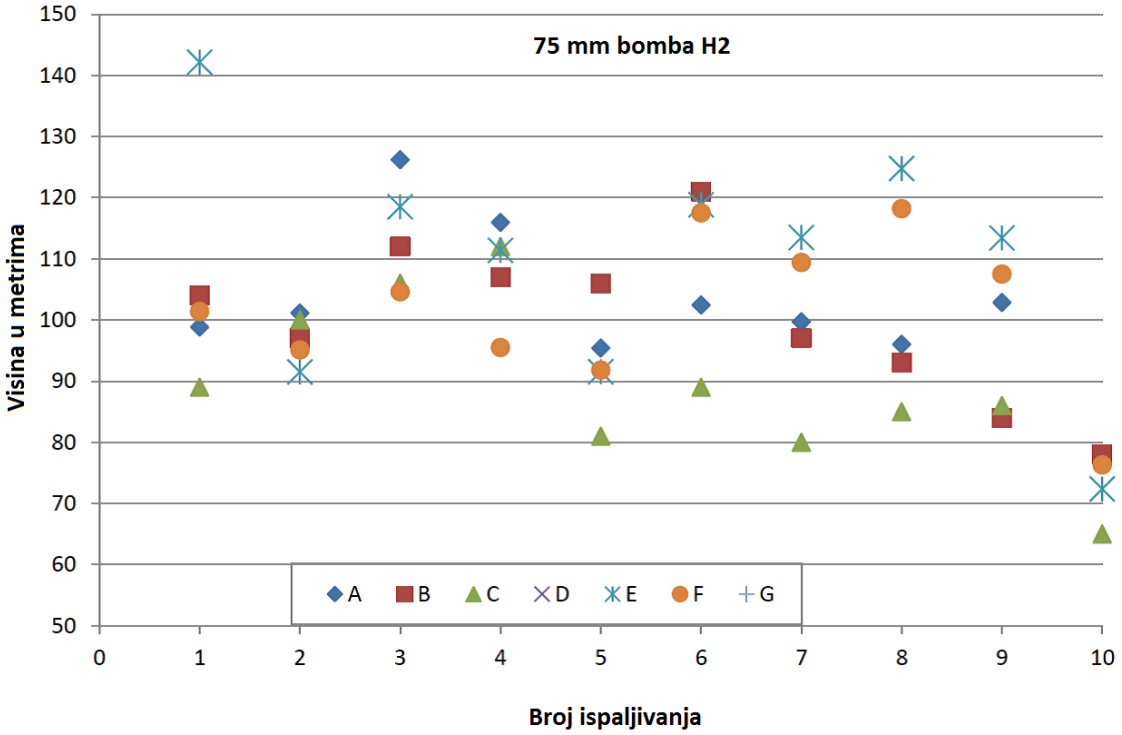
Slika 4-1. Mjerni postav na poligonu (Ineris, 2014).

Za svaki od dva navedena uzorka ispucano je po deset sredstava kojima je mjerena visina djelovanja.

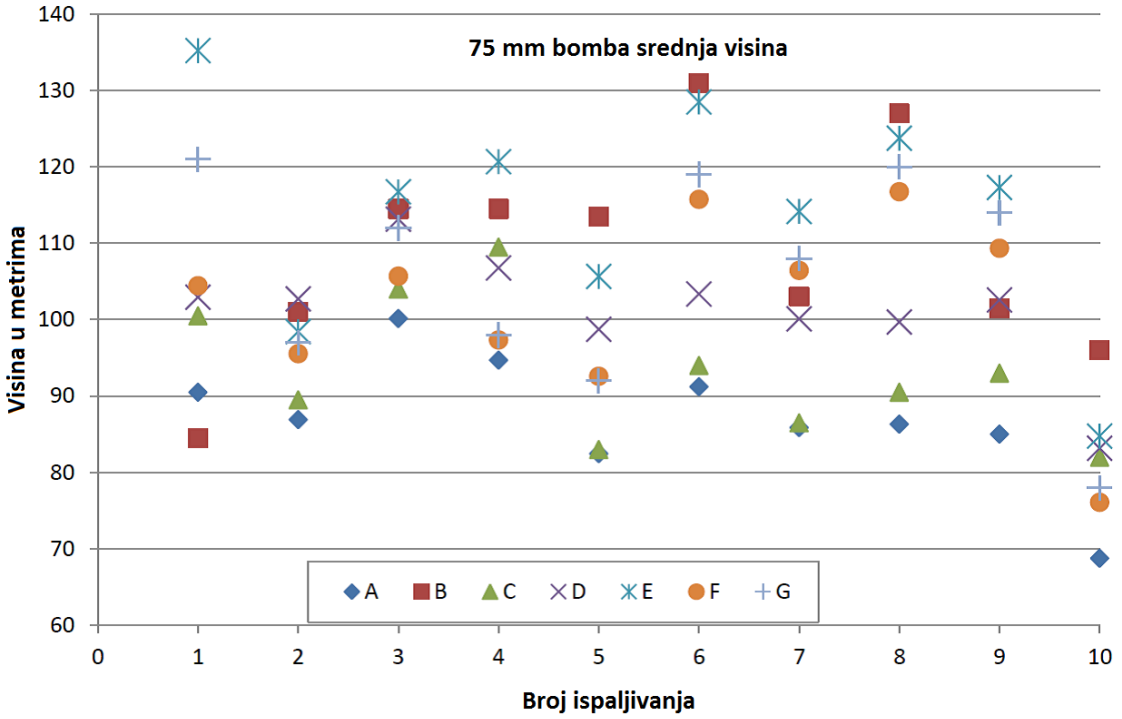
Na slikama 4-2., 4-3. i 4-4. dane su izmjerene visine za prvo pirotehničko sredstvo, a na slikama 4-5., 4-6. i 4-7. visine za drugo pirotehničko sredstvo.



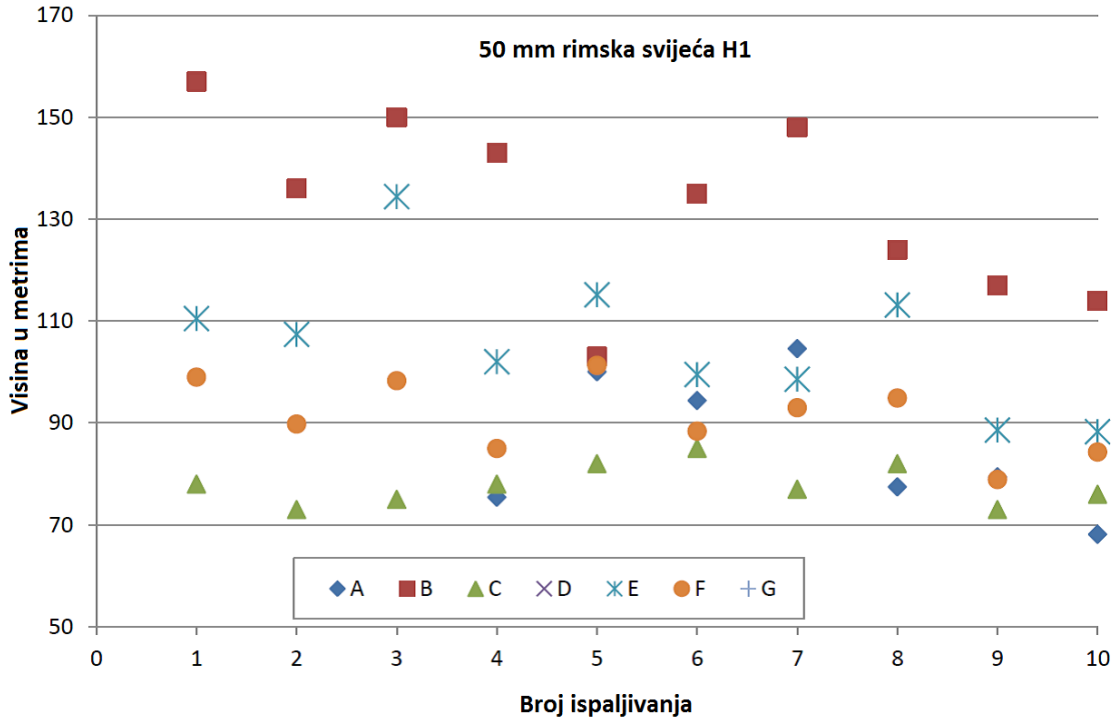
Slika 4-2. Izmjerene visine na poziciji T1, 75 mm bomba (Ineris, 2014).



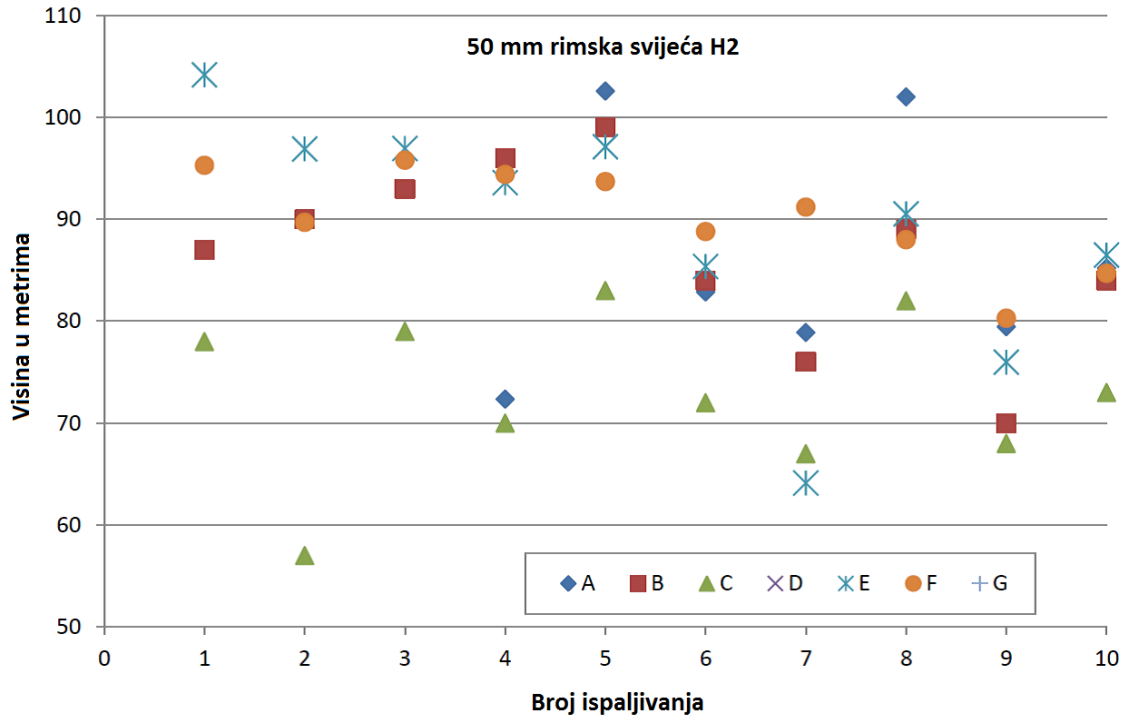
Slika 4-3. Izmjerene visine na poziciji T2, 75 mm bomba (Ineris, 2014).



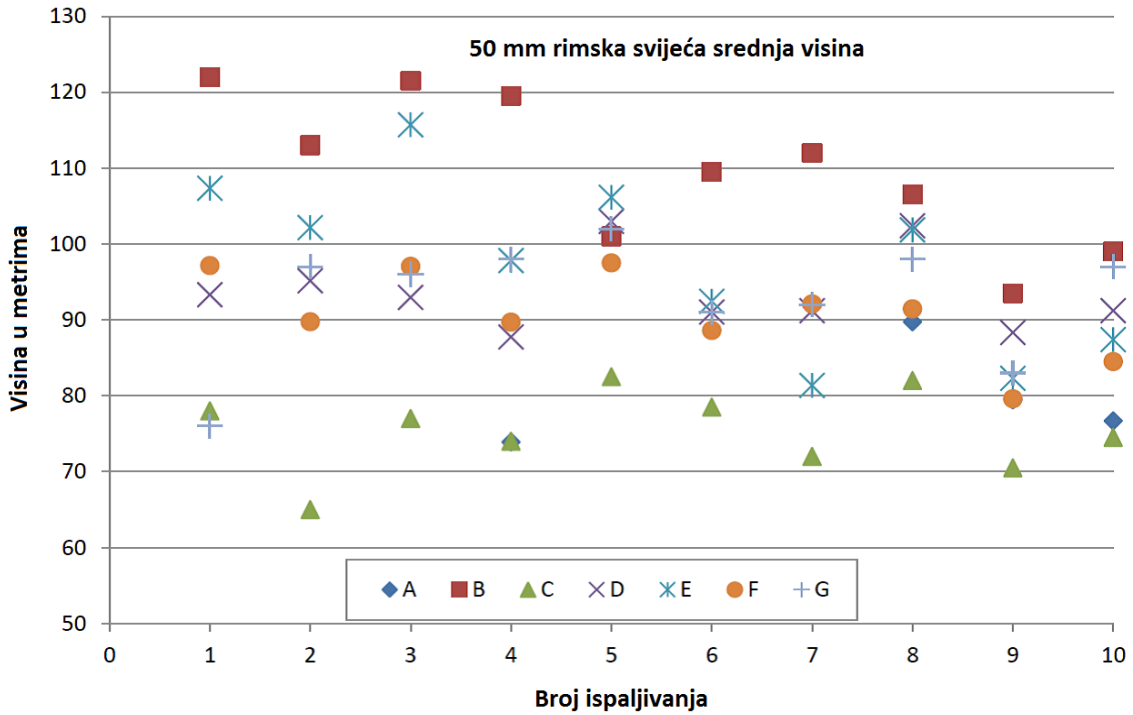
Slika 4-4. Srednje izmjerene visine na poziciji T1 i T2, 75 mm bomba (Ineris, 2014).



Slika 4-5. Izmjerene visine na poziciji T1, 50 mm rimska svijeća (Ineris, 2014).



Slika 4-6. Izmjerene visine na poziciji T2, 50 mm rimska svijeća (Ineris, 2014).



Slika 4-7. Srednje izmjerene visine na poziciji T1 i T2, 50 mm rimska svijeća (Ineris, 2014).

Iz rezultata mjerenja je vidljivo veliko odstupanje u izmjerenim visinama, Također se može uočiti da su pojedi ispitni laboratoriji uvijek izmjerili znatno niže , a pojedini znatno više vrijednosti. Također je primijećeno da su rezultati mjerenja izvedeni video sustavom više grupirani. Na osnovu rezultata RRTP iz 2014. godine izvedeni su slijedeći zaključci:

- rezultati mjerenja slični su rezultatima dobivenim na RRTP 2013. godine
- razlike u izmjerenim visinama uzrokovane su mjeriteljima, mjernom opremom i načinom mjerenja,
- potrebno je osnovati tehničku radnu skupinu koja će raditi na smjernicama koje bi dovele do smanjenja razlika u mjerenim rezultatima i
- metoda za kalibriranje ili sustav koji će pomoći da se otkrije glavni uzrok greške bi bio od velike koristi.

5. MJERENJE VISINE DJELOVANJA RGN FAKULTETA

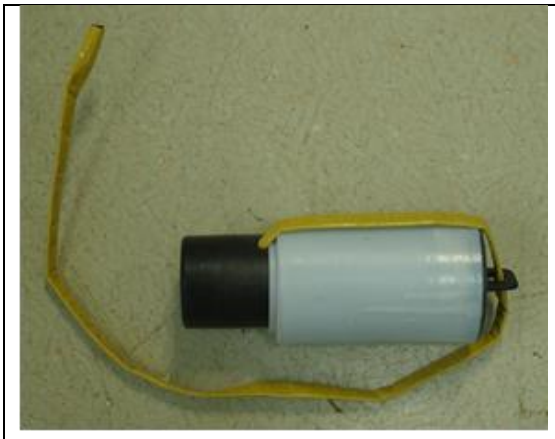
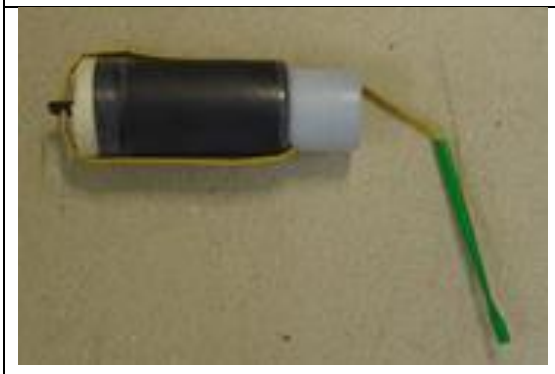
Ispitivanja su provedena u Laboratoriju za ispitivanje eksplozivnih tvari Rudarsko-geološko-naftnog fakulteta, akreditiranom prema normi *HRN EN ISO/IEC 17025:2007*. Laboratorij je akreditiran za ispitivanje pirotehničkih proizvoda I, II i III razreda, a ispitivanje pirotehničkih proizvoda IV razreda izvodi kao neakreditiranu metodu. U svrhu daljnjeg razvoja laboratorija planira se proširenje područja akreditacije na metode ispitivanja za pirotehničke proizvode IV kategorije. Ispitivanje je izvedeno na ispitnom poligonu Vukmanički Cerovac .

5.1 Ispitni uzorci

Za mjerenje visine efekata pirotehničkih sredstava korišteno je pet pirotehničkih sredstva IV kategorije generičkog tipa bomba *(Shell)* podtipa pucajuća bomba *(Maroon shell).* Uzorci prema konstrukciji spadaju u bombe cilindričnog oblika i označene su slijedećim šiframa T1C60, T1C80, T2 C80, T3C80 i T4C80. Ispitni uzorci, dimenzije uzoraka i eksplozivno punjenje uzoraka su prikazani u tablici 5-1..

Tablica 5-1. Ispitni uzorci.

	T1C60 Ukupna duljina : 111 mm Duljina kućišta za efekt : 67 mm Promjer kućišta za efekt: 50 mm Duljina kućišta za podizanje: 44 mm Promjer kućišta za podizanje: 41 mm Masa uzorka: 169 g Masa punjenja za podizanje: 20 g Masa punjenja za djelovanje: 80 g
	T1C80 Ukupna duljina : 102 mm Duljina kućišta za efekt : 52 mm Promjer kućišta za efekt: 68 mm Duljina kućišta za podizanje: 50 mm Promjer kućišta za podizanje: 50 mm Masa uzorka: 240 g Masa punjenja za podizanje: 35 g Masa punjenja za djelovanje: 115 g
	T2C80 Ukupna duljina : 132 mm Duljina kućišta za efekt : 52 mm Promjer kućišta za efekt: 68 mm Duljina kućišta za podizanje: 82 mm Promjer kućišta za podizanje: 50 mm Masa uzorka: 359 g Masa punjenja za podizanje: 40 g Masa punjenja za djelovanje: 115 g

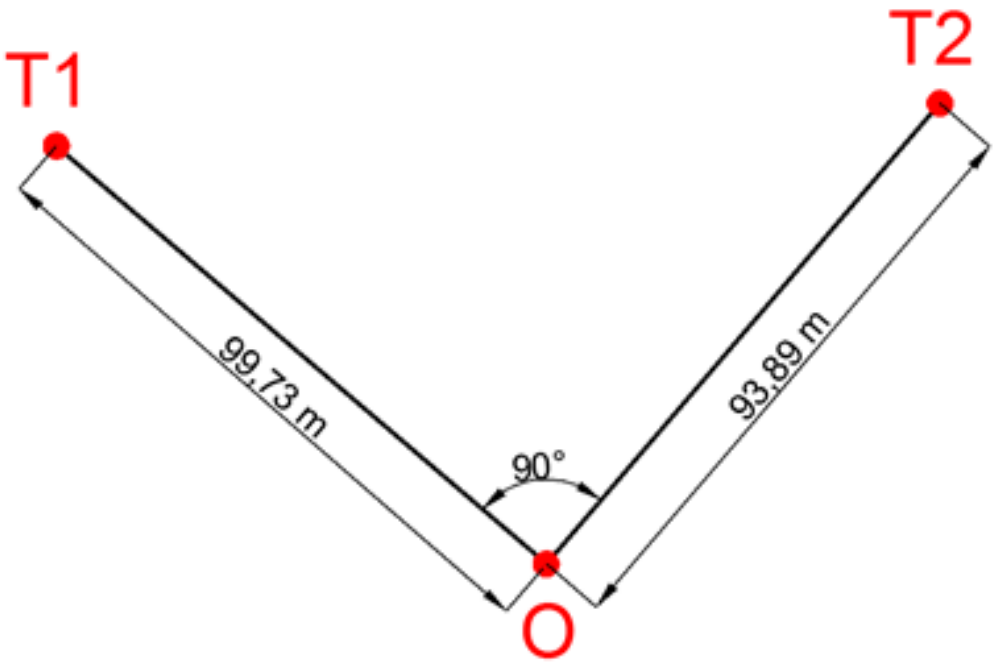
	T3C80 Ukupna duljina : 160 mm Duljina kućišta za efekt : 118 mm Promjer kućišta za efekt: 68 mm Duljina kućišta za podizanje: 52 mm Promjer kućišta za podizanje: 50 mm Masa uzorka: 460 g Masa punjenja za podizanje: 45 g Masa punjenja za djelovanje: 280 g
	T4C80 Ukupna duljina : 195 mm Duljina kućišta za efekt : 144 mm Promjer kućišta za efekt: 68 mm Duljina kućišta za podizanje: 51 mm Promjer kućišta za podizanje: 58 mm Masa uzorka: 605 g Masa punjenja za podizanje: 50 g Masa punjenja za djelovanje: 395 g

5.2 Postav ispitivanja

Ispitivanje je izvedeno na poligonu Vukmanički Cerovac, točnije na dijelu poligona koji se naziva Velika Pista. Prostor je pogodan za ispitivanje pirotehnike jer ima veliku horizontalnu betoniranu površinu približnih dimenzija 170 m x 100 m. Na slici 5-1. prikazan je tlocrt ispitnog poligona.

Slika 5-1. Tlocrt ispitnog poligona.

Mjerenje je izvedeno s dvije točke T1 i T2, a otpucavanje uzoraka izvedeno je na poziciji točke O. Položaj mjernih mjesta i točke otpucavanja uzoraka prikazan je na slici broj 5-2. Prije početka mjerenja određene su točne udaljenosti između mjernih točaka i točke otpucavanja uzoraka. Udaljenost između točke T1 i točke otpucavanja O je iznosila 99,73 m, a udaljenost između točke T2 i točke otpucavanja O je iznosila 93,89 m. Kut koji zatvaraju pravci O-T1 i O-T2 iznosio je 90° 8' 22". Izmjerena visina točke O je 121,89 m točke T1 je 121,91m a točke T2 124,42. Točke O i T1 su se nalazile na istoj visini a točka T2 je povišena za 2,5 m. Točka T2 je izmaknuta izvan granice betonskog poligona kako bi se osigurala odgovarajuća udaljenost mjerne točke. Zbog izmještanja mjerne točke T2 na travnatu površinu pojavila se razlika u visini mjerne točke T2.



Slika 5-2. Položaj mjernih mjesta i točke otpucavanja.

5.3 Mjerna oprema

Za mjerenje su korištene dvije totalne stanice i dvije digitalne kamere. Na svakoj od mjernih pozicija postavljena je po jedna totalna stanica i jedan digitalna kamera. Na poziciji P1 nalazila se totalna stanica PENTAX PTS-V3 i digitalna kamera PENTAX K-5, a na poziciji P2 se totalna stanica STONEX R2 PLUS i digitalna kamera CASIO EX-FH20. Na slikama od 5-3. do 5-6. dan je prikaz korištenih uređaja.

Slika 5-3. Totalna stanica PENTAX PTS-V3 (MLSTATIC).

Slika 5-4. Totalna stanica PENTAX PTS-V3.

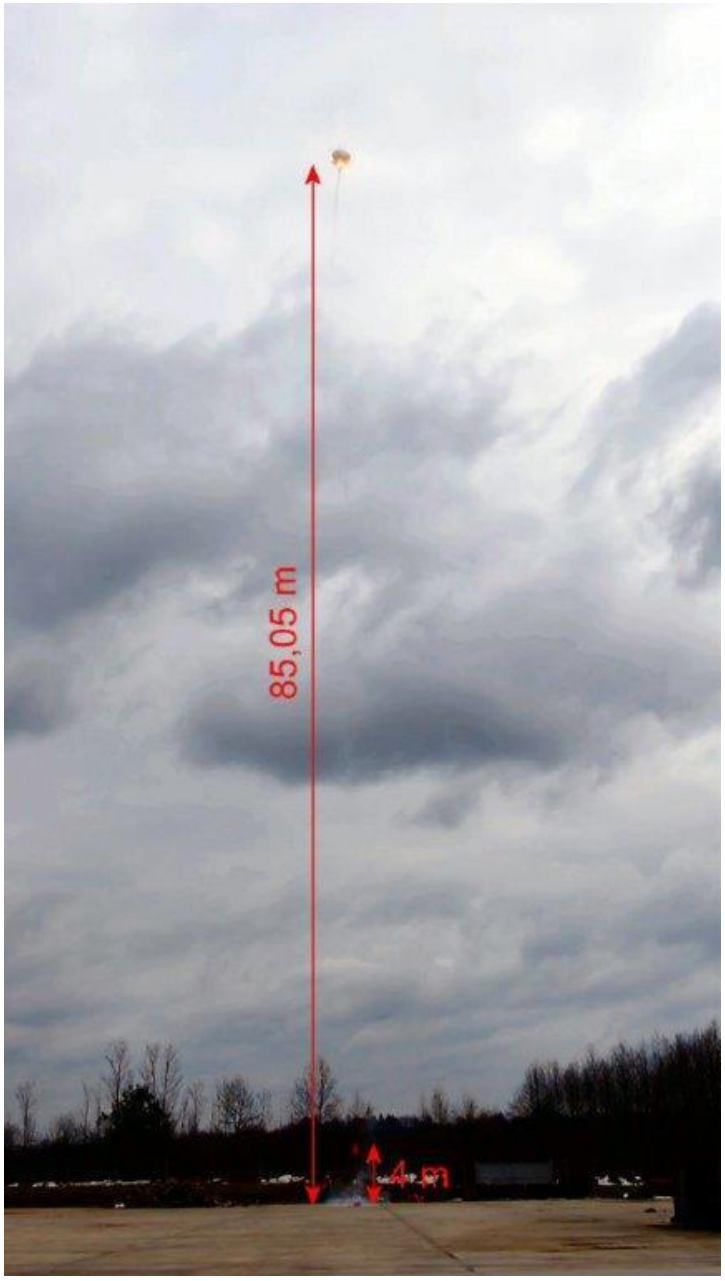
Slika 5-5. Digitalna kamera PENTAX K-5 (PCMAG).

Slika 5-6. Digitalna kamera CASIO EX-FH20 (LETSGODIGITAL).

Totalna stanica, mjerna stanica ili tahimetar je računalna inačica elektroničkog teodolita. Totalne stanice imaju u sebi računalo, memoriju i elektronički daljinomjer. Totalna stanica omogućava jednostavnije snimanje detalja, iskolčavanja, te brže i preciznije izvođenje radova. Elektronički daljinomjer je najveća prednost totalnih stanica.

Takvi daljinomjeri sastoje se od odašiljača koji emitira elektromagnetsko zračenje u infracrvenom ili radio spektru. Elektronički daljinomjer zahtjeva reflektor na kraju mjerenje dužine koji refletkira odaslane elektromagnetske valove. Preciznost elektroničkog daljinomjera kod totalnih stanica je oko 2 mm na 1 km mjerene duljine (Kavanagh i Bird, 1996). Instrumenti koji omogućuju mjerenje horizontalnog kuta, vertikalnog kuta i kose duljine nazivaju se tahimetri (grč. brzomjer). U 19. stoljeću pojavili su se optički tahimetri, a 1970-ih godina prošlog stoljeća prvi elektronički tahimetri. Tijekom razvoja automatiziran je tijek mjerenja, uspostavljena automatska registracija, omogućena razna računanja u samom instrumentu, te se danas takvi instrumenti nazivaju totalnim stanicama ili mjernim stanicama (engl. total station) (Lasić, 2007).

Rezultati mjerenja totalnim stanicama mjereni su sukladno metodi 2 za slučaj vertikalne trajektorije, a mjerenje video sustavom je izvedeno pomoću kompjuterskog programa i kalibracijske letve visine 4 m. Primjer mjerenja video sustavom dan je na slici 5-7..



Slika 5-7. Primjer mjerenja upotrebom video sustava.

6. REZULTATI I ANALIZA REZULTATA MJERENJA

U tablicama od 6-.1 do 6-4. dani su rezultati mjerenja za pojedini uređaj i pojedino mjerno mjesto.

Tablica 6-1. Rezultati mjerenja na poziciji T1, totalna stanica PENTAX PTS-V3.

PENTAX PTS-V3		*h* (m)
1	T1 C60	68,99
2		65,40
3		64,99
4	T1 C80	66,07
5		67,84
6		64,70
7	T2 C80	99,58
8		78,50
9		81,79
10	T3 C80	87,74
11		85,05
12		86,82
13	T4 C80	113,28
14		100,39
15		112,03

Tablica 6-2. Rezultati mjerenja na poziciji T1, digitalna kamera PENTAX K-5.

PENTAX K-5		*h* (m)
1	T1 C60	61,2
2		59,7
3		51,1
4	T1 C80	70,8
5		58,0
6		49,5
7	T2 C80	77,7
8		69,5
9		72,3
10	T3 C80	71,0
11		70,4
12		69,8
13	T4 C80	75,8
14		75,5
15		81,4

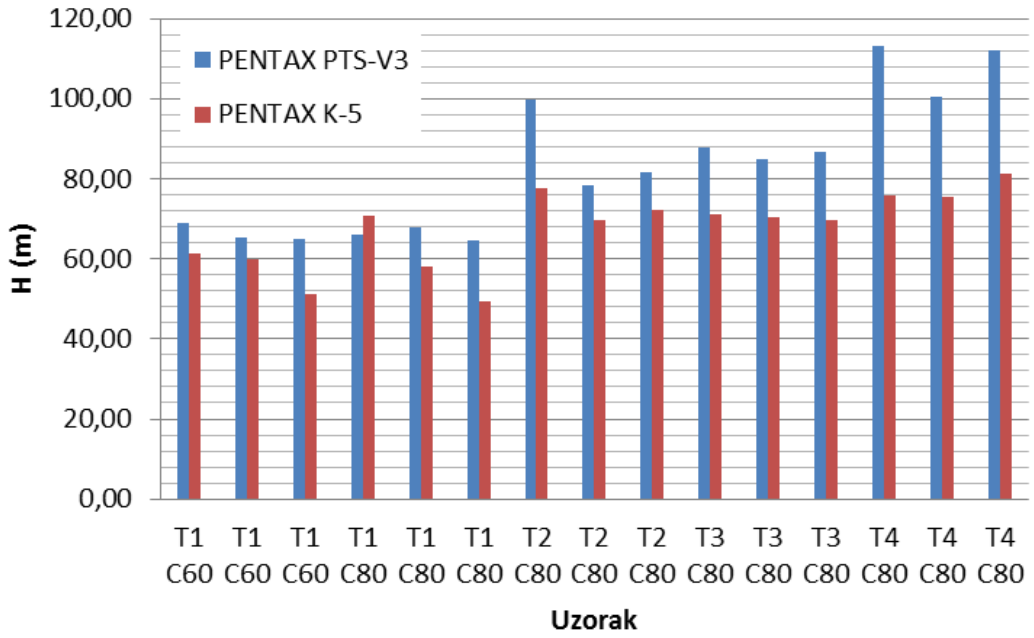
Tablica 6-3. Rezultati mjerenja na poziciji T2, totalna stanica STONEX R2 PLUS.

STONEX R2 PLUS		*h* (m)
1	T1 C60	64,85
2		61,45
3		64,75
4	T1 C80	65,11
5		61,43
6		65,97
7	T2 C80	96,76
8		76,53
9		79,69
10	T3 C80	82,64
11		82,77
12		83,46
13	T4 C80	110,00
14		97,02
15		110,85

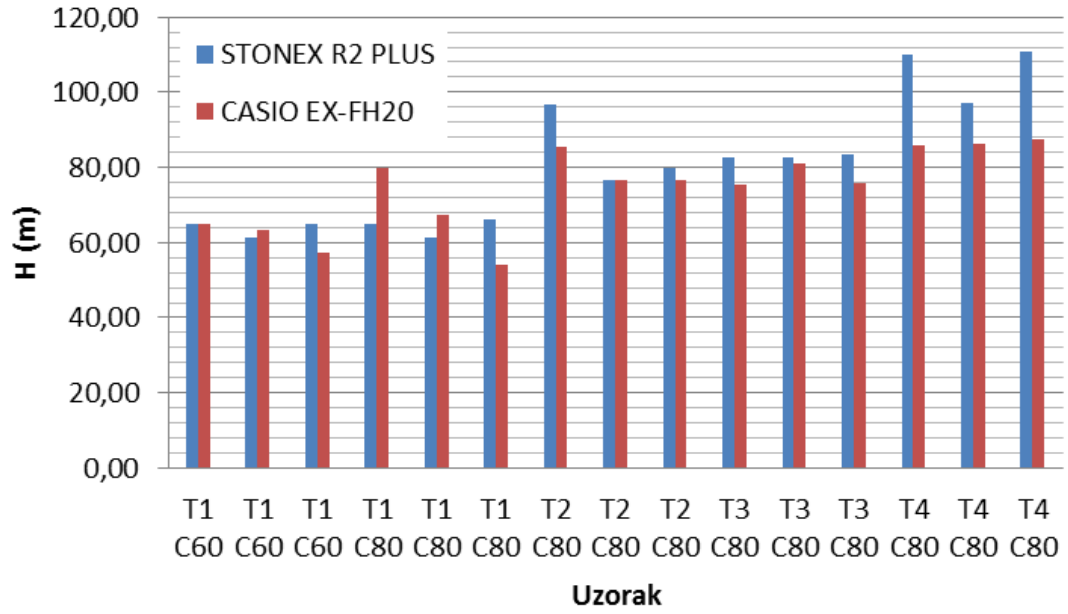
Tablica 6-4. Rezultati mjerenja na poziciji T2, digitalna kamera CASIO EX-FH20.

CASIO EX-FH20		*h* (m)
1	T1 C60	65,1
2		63,5
3		57,1
4	T1 C80	80,0
5		67,2
6		54,1
7	T2 C80	85,4
8		76,6
9		76,7
10	T3 C80	75,3
11		81,1
12		75,8
13	T4 C80	86,0
14		86,1
15		87,5

Na slikama 6-1. i 6-2. dan je usporedni prikaz rezultata mjerenja po pojedinom mjernom mjestu.

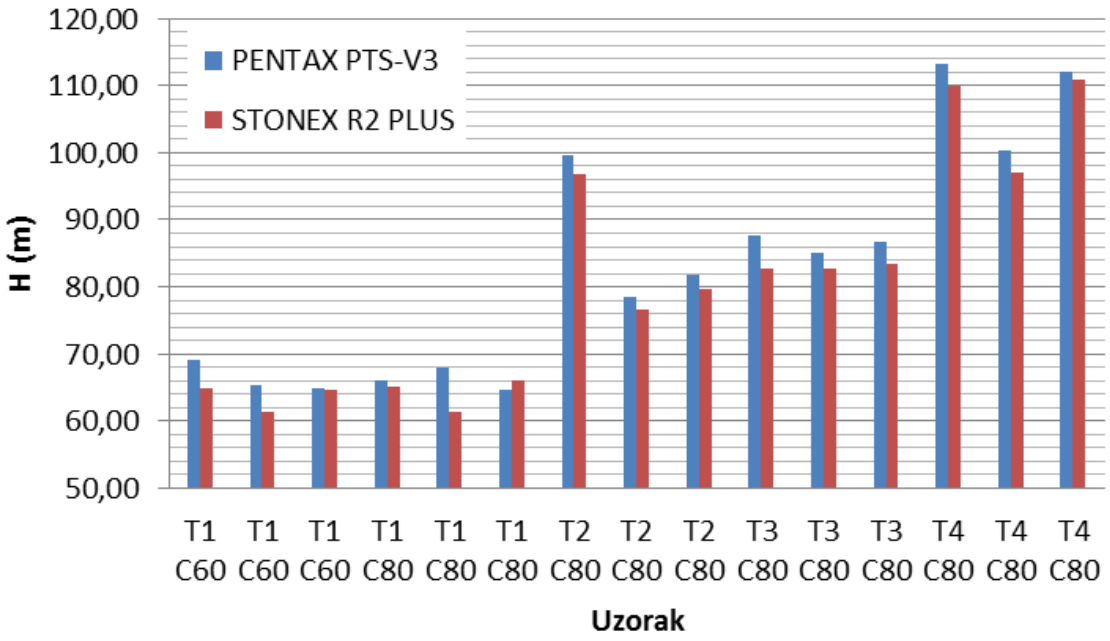


Slika 6-1. Usporedni prikaz mjerni rezultata na mjernom mjestu T1.

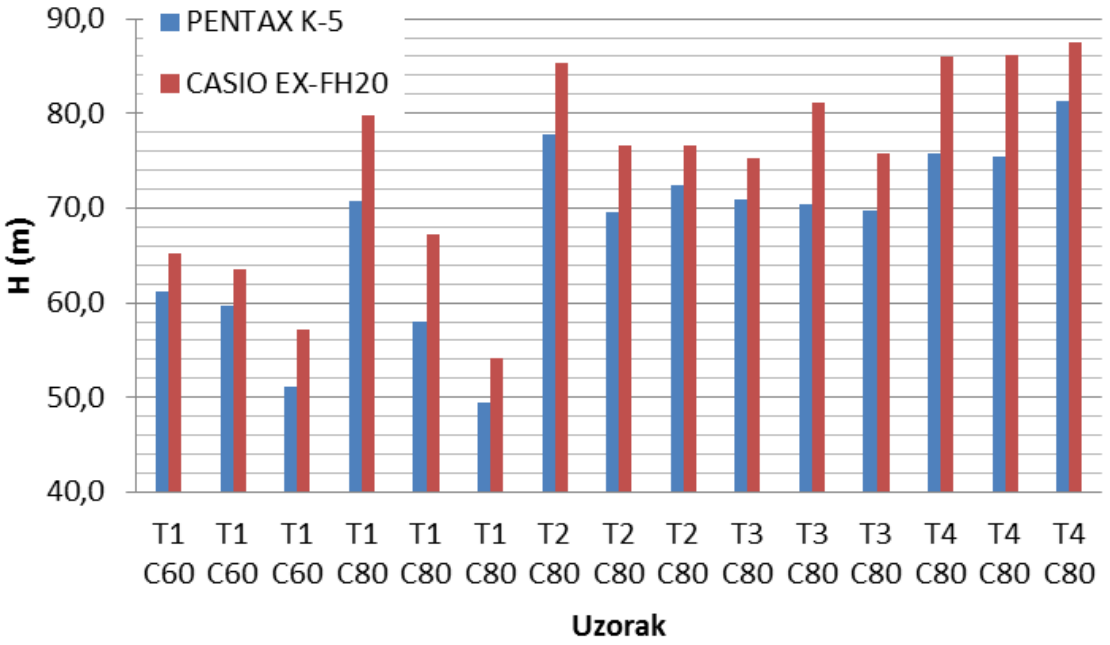


Slika 6-2. Usporedni prikaz mjerni rezultata na mjernom mjestu T2.

Na slikama 6-3. i 6-4. dan je usporedni prikaz rezultata mjerenja na dva različiti mjerna mjesta pomoću totalnih stanica i video sustava.

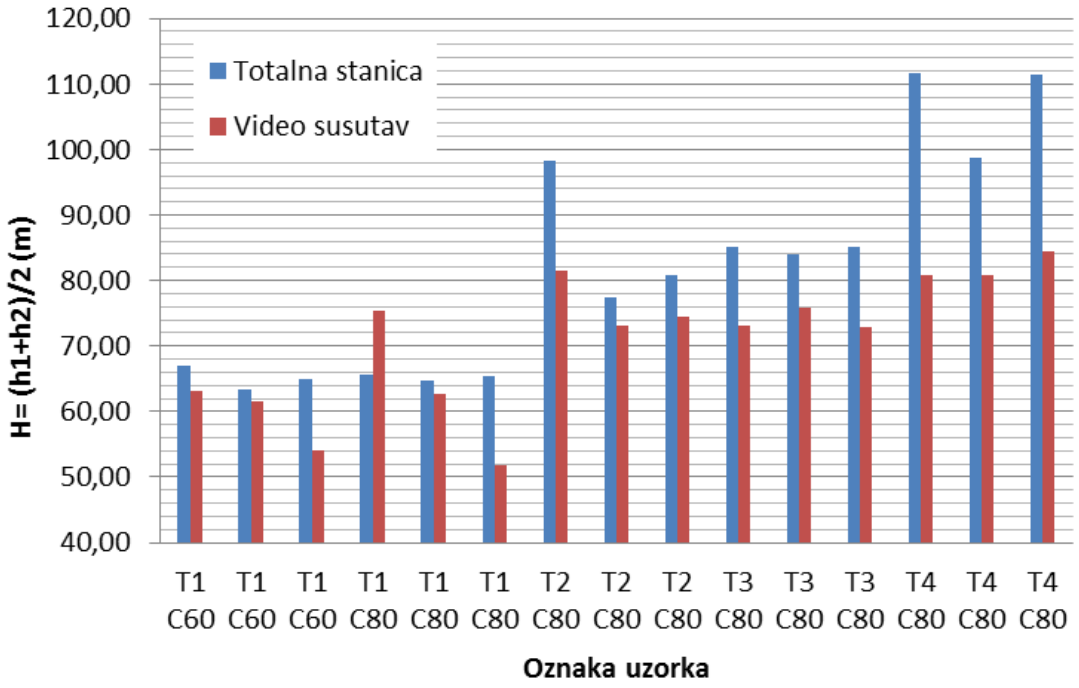


Slika 6-3. Usporedni prikaz mjerni rezultata mjerenja pomoću totalnih stanica.



Slika 6-4. Usporedni prikaz mjerni rezultata mjerenja pomoću video sustava.

Na slici 6-5. dane su srednje izmjerene visine mjerene pomoću totanih stanica i video sustava.



Slika 6-5. Srednje izmjerene visine pomoću totalnih stanica i video sustava.

Iz rezultata mjerenja na poziciji T1 može se zaključiti da su video sustavom dobivene manje izmjerene vrijednosti visine leta u odnosu na visine izmjerene upotrebom totalnim stanicama. Samo na jednom od 15 mjerenja zabilježena je veća visina izmjerena upotrebom video sustava. Na mjernom mjestu T2 na pet od petnaest mjerenja uočena je veća dobivena visina izmjerena upotrebom video sustava.

Općenito se može reći da su prilikom mjerenja visine djelovanja upotrebom video sustava izmjerene manje visine. Najveća odstupanja između dvije metode mjerenja zabilježeno je kod uzoraka kod kojih su zabilježene najviše visine leta. Riječ je o uzorcima s oznakom T4C80 čija visina djelovanja viša od 100 m.

Kod uzoraka s manjom izmjerenom visinom djelovanja odstupanja su manja. Ukoliko se usporede mjerenja izvedena istim mjernim sustavom na dvije različite pozicije vidljivo je da su odstupanja u izmjerenim visina pomoću totalnih stanica manja u odnosu na rezultate dobivene upotrebom video sustava. Odstupanja visine leta pomoću totalnih stanica na mjernim mjestima T1 i T2 iznose od 0,2 m do 5,1 m, srednja vrijednost odstupanja za svih

petnaest uzoraka iznosi 2,8 m. Kod video sustava zabilježena odstupanja iznose od 3,8 m do 10,7 m a srednja vrijednost odstupanja iznosi 6,9 m.

7. ZAKLJUČAK

U radu su prikazane metode za mjerenje visine leta pirotehničkih sredstava IV razreda, rezultati međulaboratorijskih usporednih ispitivanja te su prikazani i analizirani rezultati mjerenja Laboratorija za ispitivanje eksplozivnih tvari RGN Fakulteta. Rezultati međulaboratorijskih usporednih ispitivanja su pokazale znatno odstupanje u izmjerenim visinama. Zbog različitih izmjerenih visina Forum tijela za ocjenu sukladnosti odlučio je osnovati tehničku radnu skupinu koja bi trebala izraditi smjernice za obuku osoblja koje je zaduženo za mjerenje visine djelovanja pirotehničkih sredstava IV razreda. Rezultati mjerenja visine djelovanja Laboratorija za ispitivanje eksplozivnih tvari također su pokazala odstupanja između rezultata mjerenja pomoću dvije različite metode. Mjerenjem pomoću totalnih stanica dobiveni su ujednačeniji rezultati u odnosu na mjerenja izvedena uporabom video sustava.

8. LITERATURA

CEN, 2012. Annex B, Procedures for calculation of heights

HRN EN 16261-1:2012 Pirotehnički proizvodi -Vatrometi, kategorija 4 - 1. dio: Nazivlje (EN 16261-1:2012)

HRN EN 16261-3:2012 Pirotehnički proizvodi -Vatrometi, kategorija 4 - 3. dio: Metode ispitivanja (EN 16261-3:2012)

INERIS, 2014, Round Robin Tests on Pyrotechnics 2014 (1st draft Report)

KAVANAGH B. F. AND BIRD G., S. J., 1996. Surveying principles and applications, Prentice Hall.

LASIĆ, Z., 2007. Geodetski instrumenti - Predavanja. Zagreb: Geodetski fakultet. Sveučilište u Zagrebu. URL: http://www2.geof.unizg.hr/~zlasic/Geodetski%20instrumenti_predavanja.pdf (07.10.2015.)

LETSGODIGITAL, Osvrt na svojstva digitalne kamere CASIO EX-FH20, URL: http://www.letsgodigital.org/images/artikelen/7/casio-ex-fh20-reviews.jpg (28.10.2015.)

MLSTATIC, Slika totalne stanice PENTAX PTS-V3 http://mco-s1-p.mlstatic.com/111401-MCO20321235300_062015-O.jpg (28.10.2015.)

NARODNE NOVINE, br. 178/2004, 109/2007, 67/2008, 144/2010. Zakon o eksplozivnim tvarima.

PCMAG, Slika digitalne kamere PENTAX K-5 URL: http://www3.pcmag.com/media/images/335728-pentax-k-5.jpg?thumb=y (28.10.2015.)