

METODE SIGURNOSTI I ZAŠTITE PRILIKOM SKLADIŠTENJA EKSPLOZIVA

Gorup, Tomislav

Master's thesis / Specijalistički diplomski stručni

2023

Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj: **Karlovac University of Applied Sciences / Veleučilište u Karlovcu**

Permanent link / Trajna poveznica: <https://um.nsk.hr/um:nbn:hr:128:740193>

Rights / Prava: [In copyright](#)/[Zaštićeno autorskim pravom.](#)

Download date / Datum preuzimanja: **2024-11-19**



VELEUČILIŠTE U KARLOVCU
Karlovac University of Applied Sciences

Repository / Repozitorij:

[Repository of Karlovac University of Applied Sciences - Institutional Repository](#)



zir.nsk.hr



DIGITALNI AKADEMSKI ARHIVI I REPOZITORIJI

Veleučilište u Karlovcu
Odjel Sigurnosti i zaštite
Stručni diplomski studij sigurnosti i zaštite

Tomislav Gorup

**METODE SIGURNOSTI I ZAŠTITE
PRILIKOM SKLADIŠTENJA
EKSPLOZIVA**

DIPLOMSKI RAD

Karlovac, 2023.

Karlovac University of Applied Sciences
Safety and Protection Department
Professional graduate study of Safety and Protection

Tomislav Gorup

**METHODS OF SECURITY AND
PROTECTION DURING EXPLOSIVES
STORAGE**

FINAL PAPER

Karlovac, 2023.

Veleučilište u Karlovcu
Odjel Sigurnosti i zaštite
Stručni diplomski studij sigurnosti i zaštite

Tomislav Gorup

**METODE SIGURNOSTI I ZAŠTITE
PRILIKOM SKLADIŠTENJA
EKSPLOZIVA**

DIPLOMSKI RAD

Mentor:
dr. sc. Jasna Halambek, v. pred.

Karlovac, 2023.

PREDGOVOR

Autor se želi zahvaliti:

1. Mentorici dr. sc. Jasna Halambek, v. pred. za mentorstvo prilikom pisanja završnog rada.
2. Svim predavačima Odjela Sigurnosti i zaštite na Veleučilištu u Karlovcu za nesebično i kvalitetno dijeljenje znanja.
3. Svojoj obitelji, rodbini, prijateljima i kolegama za podršku tijekom školovanja.

SAŽETAK

Eksplzivna sredstva dolaze u mnogim oblicima te imaju niz različitih namjena. S ciljem sigurnosti i zaštite eksplozivna sredstva zahtijevaju pravilno rukovanje, skladištenje te odgovornost prema zakonu. Predmet istraživanja ovog diplomskog rada je Sigurnost i zaštita pri čuvanju eksplozivnih sredstava, a cilj je prikazati načine na koji se iste provode te važnost pravilnog skladištenja i rukovanja. Zaključno je kako se skladištenje eksploziva i pirotehničkih sredstava mora provoditi u potpunosti sigurnosnim uvjetima i samo u za to uređenim i ovlaštenim skladišnim prostorima.

Ključne riječi: Eksplozivi, skladište, sigurnost i zaštita

SUMMARY

Explosives come in many forms and have a number of different purposes. With the aim of safety and protection, explosives require proper handling, storage and responsibility according to the law. The subject of research in this final thesis is Safety and protection when storing explosives, and the goal is to show the ways in which they are carried out and the importance of proper storage and handling. It is concluded that the storage of explosives and pyrotechnics must be carried out in full safety conditions and only in designated and authorized storage areas.

Key words: Explosives, storage, safety and protection

SADRŽAJ

SAŽETAK	III
SUMMARY	III
SADRŽAJ	IV
1. UVOD	1
1.1. Predmet i cilj rada	2
1.2. Izvori podataka i metode prikupljanja	2
2. EKSPLOZIVNA SREDSTVA	3
2.1. Podjela eksplozivnih sredstava	5
2.2. Sistemi detekcije eksploziva	11
3. SKLADIŠTENJE EKSPLOZIVNIH SREDSTAVA	15
3.1. Skladišni prostor	19
3.1.1. Nadzemni skladišni prostor U i PU	22
3.1.2. Podzemni skladišni prostor P.....	24
3.1.3. Ostali skladišni prostori M i S.....	26
3.2. Tipovi skladišta	27
4. MJERE SIGURNOSTI I ZAŠTITE	34
5. ZAKLJUČCI	42
6. LITERATURA	43
7. PRILOZI	45
7.1. Popis slika	45
7.2. Popis tablica	45

1. UVOD

Eksplzivni su raznolika grupa materijala koja ima široku primjenu u vojnim, industrijskim i komercijalnim područjima. Njihova raznolikost dolazi iz različitih svojstava i karakteristika, što im omogućava da se koriste za različite svrhe kao što su rudarstvo, građevina, pirotehnika, vojna oružja i mnoge druge. Međutim, s obzirom na potencijalnu opasnost koju eksplozivna sredstva predstavljaju, pravilno rukovanje, skladištenje i upravljanje njima igraju ključnu ulogu u očuvanju sigurnosti ljudi, imovine i okoliša. Sigurno i odgovorno postupanje s eksplozivima zahtijeva strogo pridržavanje zakona, regulacija i smjernica koje su uspostavljene kako bi se minimizirali rizici. Skladištenje eksplozivnih tvari i sredstava zahtijeva pažljivo planiranje. Spremnici moraju biti dizajnirani tako da osiguraju sigurno okruženje, sprječavaju neovlašteni pristup i minimiziraju potencijal za oštećenje ili propadanje materijala. Pravilna lokacija skladišta, kao i upotreba odgovarajuće tehnologije za praćenje i osiguravanje integriteta materijala, igraju ključnu ulogu u osiguravanju sigurnosti. Osoblje koje radi s eksplozivima mora biti posebno obučeno kako bi se nosilo s opasnim tvarima. Specijalizirana obuka omogućuje im razumijevanje karakteristika eksploziva, pravilno rukovanje, postupanje u slučaju hitnih situacija i zaštitu vlastitog zdravlja te sigurnost kolega i okoliša. Osiguravanje potrebne sigurnosne opreme, kao što su zaštitna odjeća, maski za disanje, rukavica i drugih zaštitnih pomagala, igra ključnu ulogu u minimiziranju rizika. Ova oprema pomaže osoblju da obavlja svoje zadatke učinkovito i sigurno, bez kompromitiranja svojeg zdravlja i okoliša.

U cjelini, pravilno rukovanje eksplozivnim sredstvima, od skladištenja do upravljanja i obuke osoblja, ključno je za očuvanje sigurnosti i zaštite ljudi, imovine i okoliša.

1.1. Predmet i cilj rada

Predmet istraživanja ovog završnoga rada je Sigurnost i zaštita pri čuvanju eksplozivnih sredstava, a cilj je prikazati načine na koji se iste provode te važnost pravilnog skladištenja i rukovanja.

1.2. Izvori podataka i metode prikupljanja

Prilikom izrade završnog radu korištena je stručna literatura o skladištenju i čuvanju eksplozivnih sredstava te Pravilnik iz Narodnih novina kao i relevantni Internet izvori.

2. EKSPLOZIVNA SREDSTVA

Eksplozivna tvar može biti kruta ili tekuća tvar koja je sama po sebi sposobna kemijskom reakcijom proizvesti plin na određenoj temperaturi i tlaku i pri velikoj brzini pri čemu može nanijeti štetu okolini. Pirotehničke tvari spadaju u eksplozivna sredstva čak i kada ne razvijaju plinove [1]. S navedenim se slaže i Meyer [2] koji ističe kako su eksplozivi čvrste ili tekuće tvari, same ili pomiješane jedna s drugom, koje su u metastabilnom stanju i sposobne su proći kroz brzu kemijsku reakciju bez sudjelovanja vanjskih reaktanata kao što je atmosferski kisik. Reakcija se može pokrenuti mehaničkim sredstvima (udarac, trenje), djelovanjem topline (iskre, otvorene plamen, užareni predmeti) ili detonirajućim udarom. Otpor od metastabilnog stanja prema toplini poznat je kao W stabilnost, dok je lakoća s kojom dolazi do kemijske reakcije poznata kao W osjetljivost.

Klasu eksploziva čine:

- Eksplozivne tvari
- Eksplozivna sredstva
- Tvari i materijali za pirotehniku [1].

Eksplozivne tvari su tvari koje same po sebi imaju potencijal da brzo reagiraju i proizvedu plinove, stvarajući eksplozivnu reakciju. To znači da su ove tvari inherentno eksplozivne i sklone brzom raspadanju s oslobađanjem velike količine energije. Primjeri eksplozivnih tvari uključuju TNT (trinitrotoluen), C-4 eksploziv i nitroglicerini [1]. U nastavku slijedi objašnjenje pojedinih eksplozivnih tvari:

- TNT (trinitrotoluen): TNT je jedan od najpoznatijih eksploziva. On se koristi u vojnoj industriji, kao i za civilne svrhe poput građevinarstva i rudarstva. TNT je stabilan, ali može brzo eksplodirati pod određenim uvjetima. Koristi se za razne vojne eksplozive i bombe.

- RDX (ciklotrimetilentrinitramin): RDX je vrlo moćan eksploziv koji se često koristi u vojnim eksplozivima, uključujući vojne mine i bombe. On je stabilniji od TNT-a i stvara vrlo snažnu eksploziju.
- HMX (cikloheksilitranitramin): HMX je još jedan moćan eksploziv koji se često koristi u vojnoj industriji. Koristi se za proizvodnju vojnih eksploziva i ima visoku energiju detonacije.
- Tetryl: Tetryl je eksploziv koji se koristi kao inicijator za detonaciju drugih eksploziva. On je vrlo osjetljiv na udarce i trenje, što ga čini idealnim za pokretanje glavnih eksploziva.
- PETN (pentaeritrol tetranitrat): PETN je još jedan eksploziv koji je vrlo snažan i stabilan. Koristi se u vojnim eksplozivima i eksplozivnim napravama te je poznat po svojoj visokoj brzini detonacije
- C-4 je visoki eksplozivni materijal koji se često koristi u vojne svrhe i industriji. To je plastični eksploziv s RDX-om kao glavnim komponentom. C-4 je stabilan, fleksibilan i otporan na vanjske utjecaje. Detonira brzo i nasilno uz odgovarajući inicijator. Važno je pažljivo rukovati i skladištiti C-4 zbog njegove eksplozivne prirode.
- Nitroglicerina je eksplozivna tvar i medicinski vazodilatator. Kao eksploziv, brzo detonira, dok se u medicini koristi za proširenje krvnih žila [2].

Eksplozivna sredstva se odnose na materijale koji su također eksplozivni, ali nisu nužno opasni ako su sigurno smješteni unutar naprava ili uređaja. To znači da eksplozivna sredstva postaju opasna tek kada su izložena nekom utjecaju, poput udara, topline ili električnog iskrenja. Ova definicija naglašava važnost sigurnog rukovanja i skladištenja eksplozivnih sredstava kako bi se spriječili neželjeni efekti izvan uređaja [1].

Tvari i materijali za pirotehniku uključuje tvari koje se koriste u pirotehničkim izvedbama i vatrometima. Ovi materijali su namjerno dizajnirani da proizvedu efekte poput svjetlosnih bljeskova, vatre, dima, topline i buke, ali su kontrolirani i sigurni za korištenje u zabavnim i umjetničkim svrhama. Primjeri materijala za

pirotehniku uključuju različite vrste pirotehničkih pištolja, fontane i vatrometne rakete [1].

Sve ovo su koncepti koji se bave definicijom i klasifikacijom eksplozivnih materijala i njihovom sposobnošću da izazovu brze i kontrolirane kemijske reakcije koje rezultiraju stvaranjem plinova i energije.

2.1. Podjela eksplozivnih sredstava

Eksplozivna sredstva se često dijele u različite kategorije temeljem njihovih karakteristika i namjene. Klasična podjela eksplozivnih sredstava uključuje tri osnovne kategorije: industrijski, komercijalni i vojni eksplozivi. Svaka od ovih kategorija ima svoje specifične primjene i karakteristike, u nastavku slijedi više o svakoj [1].

- **Industrijski eksplozivi:** Ovi eksplozivi su namijenjeni za upotrebu u industrijskim procesima, poput građevinske industrije, rudarstva i slično. Primjeri industrijskih eksploziva uključuju dinamit i geliranu eksplozivnu smjesu. Koriste se za rušenje stijena, otvaranje rudarskih tunela i druge građevinske svrhe.
- **Komercijalni eksplozivi:** Ova kategorija obuhvaća eksplozive koji se koriste u komercijalne svrhe, kao što su vatrometi i pirotehnika za posebne prigode. Ovi eksplozivi su često manje moćni i kontrolirani kako bi se stvorili vizualno atraktivni efekti.
- **Vojni eksplozivi:** Vojni eksplozivi su namijenjeni vojnim operacijama i obrani. Ova kategorija uključuje razne tipove eksploziva, kao što su granate, mine, streljivo za vatreno oružje i drugi vojni eksplozivni materijal. Vojni eksplozivi mogu biti visoko sofisticirani i prilagođeni specifičnim vojnim potrebama.

U svakoj od ovih kategorija postoje različite vrste eksplozivnih sredstava s različitim svojstvima, načinima aktivacije i učincima. Važno je pridržavati se

stroge regulacije i sigurnosnih protokola prilikom rukovanja bilo kojom vrstom eksplozivnih tvari kako bi se osigurala sigurnost svih uključenih osoba i okoline.

Eksplozivni materijali mogu se podijeliti u tri klase:

Eksplozivi visokog reda (HE-high order explosives)

Dinamit, TNT (trinitrotoluen), C-4, nitroglicerinski eksplozivi, itd. Eksplozivi visokog reda su izrazito osjetljivi na inicijaciju i izazvat će detonaciju kad god budu izloženi odgovarajućem inicijatoru ili toplini. Detonacija je brza, nasilna kemijska reakcija koja se širi kroz materijal brzinom zvuka i oslobađa velike količine energije. Koriste se u vojne svrhe i građevinskim radovima gdje je potrebna brza i snažna eksplozija.

Eksplozivi niskog reda (LW- low oreder explosives)

Crni barut, osigurači, upaljači, užad za paljenje, upaljači sa fitiljima, pirotehnički proizvodi, itd. Eksplozivi niskog reda ne mogu izazvati detonaciju kada su zatvoreni ili kada su izloženi samo maloj količini topline. Umjesto toga, oni prolaze kroz proces deflagracije, sporije sagorijevanje koje ne uključuje širenje brze detonacije. Koriste se u vatrometima, pirotehničkim proizvodima, signalizaciji i drugim primjenama gdje je potrebno kontrolirano oslobađanje energije.

Sredstva za miniranje

Nitrati, loživo ulje, određeni vodeni gelovi, amonijev nitrat, itd. Sredstva za miniranje su tvari koje imaju potencijal za eksploziju, ali su izrazito neosjetljive na inicijaciju ili poticanje eksplozije u normalnim uvjetima. To znači da za njihovo detoniranje treba znatno više energije ili posebnih uvjeta. Koriste se u rudarstvu i građevinskim radovima gdje je potrebno kontrolirano razbijanje stijena ili tla. [1].

Kada je riječ o eksplozivnim tvarima u literaturi se mogu pronaći razne podjele, prema Pavelić [3] eksplozivne tvari dijele se na:

- primarne (inicijalne)
- sekundarne (brizantne)
- pirotehničke smjese
- eksplozivne smjese
- pogonske.

Primarni eksplozivi, za razliku od sekundarnih, pokazuju vrlo brz prijelaz izgaranja (ili deflagracije) u detonaciju i znatno su osjetljiviji na male podražaje, kao što su udar, trenje, elektrostatsko pražnjenje i toplina. Primarni eksplozivi stvaraju ili veliku količinu topline ili udarni val što omogućuje prijenos detonacije na manje osjetljivo pogonsko gorivo ili sekundarni eksploziv [4].

Najčešće korišteni industrijski proizvedeni primarni eksplozivi su:

- Olovni azid
- Tetrazen
- Diazodinitrofenol
- Olovni stifnat.

Najčešće proizvedeni improvizirani primarni eksplozivi:

- Triaceton triperoksid
- Heksametilentriperoksid diamin
- Živin fulminat
- Acetilidi teških metala.

Olovni azid, tetrazen, diazodinitrofenol i olovni stifnat su primarni eksplozivi koji se koriste u industriji i vojsci zbog svoje visoke osjetljivosti na inicijaciju i brze detonacije. S druge strane, improvizirani primarni eksplozivi kao što su triaceton triperoksid (TATP), heksametilentriperoksid diamin (HMTD), živin fulminat i acetilidi teških metala često se povezuju s nelegalnim ili terorističkim aktivnostima zbog svoje relativne jednostavnosti u izradi i opasnosti koju predstavljaju. Olovni azid je primarni eksploziv koji se često koristi kao inicijator u detonaciji drugih eksplozivnih materijala. To je vrlo osjetljiva tvar koja brzo detonira pod utjecajem inicijatora. Tetrazen je još jedan primarni eksploziv koji

se koristi za inicijaciju drugih eksplozivnih materijala. Također je osjetljiv na inicijaciju i brz je u detonaciji. Diazodinitrofenol je primarni eksploziv koji se koristi u industriji. Ima slične karakteristike kao olovni azid i tetrazen. Olovni stiftnat koristi se kao inicijator u detonaciji. Ima slične karakteristike kao olovni azid i tetrazen. Improvizirani primarni eksplozivi: Triaceton triperoksid (TATP), heksametilentriperoksid diamin (HMTD), živin fulminat i acetilidi teških metala su eksplozivne tvari koje se često izrađuju nelegalno i koriste u ilegalnim ili terorističkim aktivnostima. Oni su opasni jer su relativno lako dostupni s osnovnim kemikalijama i mogu izazvati ozbiljne eksplozije. Zbog njihove opasnosti, kontrola i regulacija ovih tvari izuzetno su važne kako bi se spriječile potencijalne opasnosti [5]. Primarni eksplozivi su ključne komponente u detonatorima koji su pokretački elementi za mnoge vojne predmete kao što su streljivo malog, srednjeg i velikog kalibra, minobacači, topništvo itd. [4].

Sekundarne eksplozivne naprave su mine postavljene na mjesto intervencije u nuždi koja je u tijeku i čija je namjera uzrokovati žrtve među osobama koje su reagirale. Sekundarne eksplozivne naprave dizajnirane su tako da eksplodiraju nakon što primarna eksplozija ili drugi veliki hitni događaj privuče veliki broj osoba koje reagiraju na mjesto događaja kako bi nanijele dodatne ozljede, štetu i strah. Ti uređaji obično su skriveni na mjestima izvan vidokruga ili kamuflirani postavljanjem uređaja u obične predmete kao što su vozila, svjetiljke, aktovke, posude za cvijeće ili kante za smeće. Obično se naprave detoniraju s vremenskom odgodom, iako se mogu koristiti i radio-upravljani uređaji ili uređaji koji se aktiviraju mobilnim telefonom [6].

Pirotehničke smjese su posebne mješavine materijala koje se koriste za stvaranje vizualnih i zvučnih efekata u pirotehnici, kao što su vatrometi i spektakularne priredbe. Te smjese su pažljivo dizajnirane kako bi omogućile kontrolirano izgaranje ili eksploziju pod određenim uvjetima.

Pirotehničke smjese se koriste za postizanje različitih efekata. Primjerice, kombinacija amonijeva nitrata i aluminija, poznata kao "Ammonal," ili amonijeva

nitrata i TNT-a, poznata kao "Tovex," omogućuje kontrolirano izgaranje koje rezultira svjetlosnim efektima u vatrometu. Osim toga, postoje i razne druge smjese koje se koriste za proizvodnju raznobojnih iskri i eksplozija koje doprinose spektaklu. Eksplozivne smjese su mješavine materijala koje imaju potencijal za brzu detonaciju pod određenim uvjetima. Ove smjese koriste se u raznim industrijskim i rudarskim primjenama za razbijanje stijena i druge svrhe gdje je potrebna kontrolirana eksplozija. S druge strane, pogonske smjese se koriste kao goriva u raketnim motorima i drugim propelentima. One omogućuju kontrolirano oslobađanje energije kako bi se postigao potisak i potaknulo kretanje raketnih sustava. Ove različite vrste smjesa igraju ključnu ulogu u pirotehnici i svemirskim tehnologijama, pružajući impresivne vizualne i zvučne efekte te omogućujući kretanje i lansiranje raketa i svemirskih letjelica. [4].

Eksplozivna sredstva dijele se u jedan od sljedećih šest odjeljaka ovisno o vrsti opasnosti koju predstavljaju [1]:

- Predmeti ili tvari koje mogu prouzročiti masovnu eksploziju odnosno eksploziju koja gotovo trenutačno utječe na gotovo cijelo opterećenje;
- Predmeti ili tvari koje posjeduju opasnost od izbacivanja, ne i masovne eksplozije;
- Predmeti i tvari koje potencijalno mogu prouzročiti požar i manju eksploziju ili posjeduju malu opasnost od izbacivanja ili oboje. Nema opasnosti za masovnu eksploziju:
 - čije izgaranje dovodi do značajnog isijavanja topline;
 - koji gore jedan za drugim, proizvodeći manje efekte eksplozije ili projekcije ili oba;
- Predmeti ili tvari koje ne predstavljaju značajnu opasnost, odnosno predstavljaju samo malu opasnost u slučaju paljenja ili pokretanja. Efekti su većinom limitirani na paket i nema projekcije fragmenata.
- Veoma neosjetljive tvari koje mogu prouzročiti masovnu eksploziju.
- Krajnje neosjetljivi predmeti kod kojih nema opasnost od masovne eksplozije: sadrže jedino potpuno neosjetljive detonirajuće tvari te pokazuju zanemarivu vjerojatnost od nehotičnog širenja i pokretanja.

U nastavku slijede različite kategorije eksplozivnih sredstava koje su definirane na temelju opasnosti koje predstavljaju [2]:

- Masovna eksplozija uključuje predmete i tvari koje mogu uzrokovati trenutačnu i snažnu eksploziju koja zahvaća gotovo cijelu masu materijala. To znači da se eksplozija događa vrlo brzo i da može zahvatiti veću površinu. Opasnost je ogromna i utječe na široko područje.
- Opasnost od izbacivanja, ovdje se radi o predmetima i tvarima koje nisu nužno masivno eksplozivne, ali imaju sposobnost izbacivanja fragmenata i dijelova pri eksploziji. To može uzrokovati ozljede ili štetu u okolini, iako eksplozija sama po sebi nije nužno toliko snažna kao u prvom slučaju.
- Opasnost od požara i manje eksplozije, ova kategorija uključuje materijale koji imaju potencijal za izazivanje požara i manjih eksplozija. Masovna eksplozija nije vjerojatna, ali izgaranje može stvoriti značajnu količinu topline. Također, ovi materijali mogu reagirati tako da jedan za drugim izazivaju manje eksplozije ili projekcije.
- Mala opasnost pri paljenju ili pokretanju su predmeti ili tvari koje predstavljaju samo malu opasnost kad su izloženi paljenju ili pokretanju. Učinci eksplozije su ograničeni na sam paket, ne uzrokujući ozbiljne projekcije fragmenata ili opasnost za šire okruženje.
- Veoma neosjetljive tvari s potencijalom za masovnu eksploziju su materijali koji su izuzetno otporni na vanjske poticaje i reagiraju tek pod vrlo specifičnim uvjetima. No kada reakcija krene, ona može rezultirati snažnom i brzom eksplozijom koja utječe na veliko područje.
- Krajnje neosjetljivi predmeti su potpuno neosjetljive tvari koje sadrže detonirajuće materijale. One su toliko stabilne da je vrlo malo vjerojatno

da će doći do nehotičnog pokretanja ili eksplozije. Opasnost od masovne eksplozije gotovo je nepostojeća.

Razvrstavanje eksplozivnih sredstava po vrsti opasnosti omogućava bolju sigurnost jer pomaže u razumijevanju i upravljanju potencijalnim rizicima. To je važno za planiranje, regulacije i pravilno obučavanje kako bi se izbjegle ozljede, šteta i štetni utjecaji na ljude, imovinu i okoliš.

2.2. Sistemi detekcije eksploziva

Otkrivanje eksploziva i spojeva povezanih s eksplozivom postalo je povećani prioritet posljednjih godina za domovinsku sigurnost i protuterorističke primjene.

Postoji više od sto vrsta vojnog i civilnog eksploziva. Brojna eksplozivna svojstva mogu se koristiti za njihovo otkrivanje [7]:

- Geometrija: Analiza oblika eksplozivnog objekta može pomoći u otkrivanju prisutnosti metalnog detonatora ili drugih karakterističnih dijelova. Detekcija neobičnih ili sumnjivih oblika može ukazivati na prisutnost eksploziva.
- Gustoća materijala: Eksplozivni materijali obično imaju veću gustoću od većine organskih materijala. Analizom gustoće materijala, posebno u određenim kontekstima poput prtljage ili tereta, može se identificirati prisutnost eksploziva.
- Elementarni sastav: Analizom elementarnog sastava materijala, primjerice kroz spektralne analize ili detekciju specifičnih kemijskih elemenata, moguće je otkriti prisutnost karakterističnih sastojaka eksploziva.
- Emisije pare: Eksplozivni materijali često emitiraju pare ili plinove tijekom određenih procesa, kao što je njihovo zagrijavanje ili aktivacija. Analizom

ovih emisija para ili plinova, posebno detektiranjem specifičnih spojeva ili elemenata, moguće je otkriti prisutnost eksploziva.

- Specifični plinovi: Eksplozivne tvari, kao što su nitratne soli, mogu emitirati specifične plinove kao rezultat njihovog razgradnje ili aktivacije. Detekcija ovih specifičnih plinova, kao što su dušik ili njegovi spojevi, može ukazivati na prisutnost eksploziva.

Sve ove metode koriste karakteristike materijala kako bi se identificirala prisutnost eksploziva. To je ključno za osiguravanje sigurnosti u različitim situacijama, uključujući nadzor transporta, terorističke prijetnje i druge potencijalne opasnosti.

Kao što je prethodno navedeno, otkrivanje eksplozivnih spojeva nije jednostavan zadatak zbog različitih razloga [7,8]:

- Složeni sastav: Eksplozivni spojevi sastoje se od različitih kemijskih komponenti koje imaju različitu hlapljivost i svojstva. To znači da se različiti dijelovi eksploziva mogu ponašati na različite načine i emitirati različite plinove ili pare.
- Niska hlapljivost: Mnogi eksplozivni spojevi imaju izuzetno nisku hlapljivost, što znači da emitiraju vrlo male količine plinova ili para. To ih čini teško za detekciju konvencionalnim metodama.
- Niski tlakovi: Eksplozivni spojevi kao što su TNT, RDX, HMX, Tetryl i PETN imaju vrlo niske tlakove tijekom isparavanja ili sublimacije. To znači da emitiraju male količine plinova koji se mogu brzo razrijediti u okolini.
- Variranje svojstava: Različiti eksplozivni spojevi imaju različite fizičke i kemijske karakteristike. To otežava stvaranje jedinstvenih detekcijskih metoda koje bi pokrile širok spektar različitih eksploziva.

Zbog ovih izazova, istraživanje i razvoj novih tehnika i tehnologija za otkrivanje eksplozivnih spojeva od iznimne su važnosti. Razvijanje osjetljivih senzora, detektora plinova i drugih inovativnih tehnika igra ključnu ulogu u poboljšanju

otkrivanja eksplozivnih materijala. Ovo je posebno važno kako bi se smanjio rizik od nesreća, uključujući smrtonosne nagazne mine među civilima, te kako bi se olakšalo praćenje, lociranje i neutralizacija eksplozivnih materijala u različitim situacijama.

Kao što je prethodno navedeno, jedan veliki problem je to što eksplozivne tvari često nije lako otkriti konvencionalnim pristupima. Detekcija hlapljivih tvari, kao što je spektrometrija radi na principu mobilnosti iona u kombinaciji s uzimanjem brisova. Za otkrivanje tragova eksplozivnih tvari u zraku javljaju se problemi vezani uz niske tlakove pare što se samo dodatno pogoršava kada su ti eksplozivi zamotani ili pakirani kako bi se izbjeglo otkrivanje. Sve veća uporaba eksploziva na bazi peroksida dovela je do brojnih istraživanja otkrivanja ove skupine eksplozivnih tvari, a problem je u tome što se mnoge trenutne tehnike kemijske identifikacije temelje na sadržaju dušika i ugljika u tvari za identifikaciju te navedena praksa nije prikladna za peroksidne eksplozive [8].

Načelo metode spektroskopije je da se uzorci izvlače iz zraka u spektrometar gdje se ioniziraju, nastali ioni odvajaju električnim i magnetskim poljima prema omjeru masenog naboja te detektiraju i kvantificiraju. Ove metode pokazuju vrlo visoku osjetljivost i selektivnost, ali su često skupe i zahtijevaju laboratorijsku opremu [8]. Detekcija pare odnosi se na molekule u plinovitom stanju koje emitira kruti ili tekući eksploziv. Koncentracija eksploziva u zraku povezana je s tlakom pare eksplozivnog materijala i drugih čimbenika, prisutnosti eksplozivnog materijala na danom mjestu, njegovo pakiranje, temperatura, cirkulacija zraka itd. [7].

Smatra se da postoje dvije vrste olfaktornih senzora, prirodni i umjetni. Psi se već dugo koriste za otkrivanje eksploziva, a istražuju se i druge vrste, međutim, problemi s kojima se suočavaju te metode su vrijeme i troškovi dresure životinja te nedostatak kvantitativnih informacija. Elektronski nos, ili umjetni olfaktorni senzori, razvijaju se kako bi imitirali sposobnost osjetila mirisa živih bića. Ovi senzori reagiraju na kemijske spojeve prisutne u zraku i mogu detektirati

prisutnost eksploziva. Međutim, trenutno se suočavaju s izazovima u pogledu specifičnosti i pouzdanosti. Elektronski nosovi još uvijek nisu dovoljno razvijeni da bi se koristili u terenskim uvjetima, jer mogu reagirati na različite tvari sličnog kemijskog sastava ili mirisa, što može rezultirati lažno pozitivnim ili negativnim rezultatima [8]. U detekciji mikroskopskih čestica eksplozivnog materijala, čestice čvrstih eksplozivnih tvari mogu prianjati na površinu predmeta, kao što su tkanine, ruke ili drugi predmeti. Detekcija ovih čestica može se postići putem forenzičkih analiza površina ili upotrebom uređaja koji mogu uzeti uzorke i analizirati ih kako bi utvrdili prisutnost eksploziva. Ova metoda može biti korisna za otkrivanje tragova eksploziva čak i kad su prisutni u mikroskopskim količinama [7].

Jedna tehnika koja potencijalno može riješiti mnoga pitanja potrebna za ponovljivo otkrivanje eksploziva jesu senzori koji mogu biti jeftini, prenosivi i specifični. Princip senzora je da sadrže imobiliziranu aktivnu vrstu, kao što je enzim koji može selektivno prepoznati potreban eksploziv [8]. Niz tehnika koje se temelje na X-zrakama, gama-zrakama, infracrvenim, teraherc-valovima i milimetarskim valovima korišteni su za otkrivanje oružja i eksploziva. Najčešće spominjana je detekcija koja uključuje X zrake. Kod metode detekcije X-zraka, dubina prodiranja zračenja je visoka u većini materijala. Omogućuje istraživanje sadržaja u spremnicima, paketima i koferima [7].

Važno je istaknuti kako je otkrivanje eksplozivnih spojeva vrlo značajan zadatak, koji bi mogao pomoći u smanjenju stalnih smrtnih slučajeva od nagaznih mina među civilima, kao i u praćenju i lociranju eksplozivnih materijala. Ali budući da se eksplozivi sastoje od mnogih kemikalija različite hlapljivosti i imaju izuzetno niske tlakove (npr. TNT, RDX, HMX, Tetryl i PETN), njihovo otkrivanje vrlo je kompliciran zadatak [9].

3. SKLADIŠTENJE EKSPLOZIVNIH SREDSTAVA

Kod proizvodnje ili skladištenja eksploziva postoji nekoliko posebnih pravila za upravljanje zdravljem i sigurnošću mjesta i rada. Složenost aranžmana upravljanja ovisi o složenosti operacije. Malo poduzeće koje skladišti malu količinu eksploziva treba jednostavnije upravljanje od velikog proizvođača. Signifikantno je sastaviti aranžmane upravljanja kako bi se osigurao odgovarajući aranžman za zdravlje i sigurnost na radnom mjestu te da su uloge i odgovornosti specificirane i shvaćene [10].

Gotovo svaka država ima svoje zakone i propise koji reguliraju nabavu i uporabu eksploziva. Ti su zakoni doneseni kako bi se zaštitila javnost i kako bi se korištenje eksploziva za kriminalne svrhe karakteriziralo kao teško kažnjivo djelo. Način izgradnje objekata koji služe kao skladišta, dopušteno slaganje, te najmanji razmak između stambenih zgrada i zgrade u kojima se skladišti (ili proizvodi) eksploziv su u većini slučajeva službeno navedeni [2].

„Da bi eksplozivi bili sigurni za uporabu, njima se mora ispravno rukovati, te provoditi požarno preventivne mjere. Mjere se provode preventivno, od načina skladištenja, utovara i istovara, ponašanja osoblja koje manipulira eksplozivnim tvarima, potrebnih sredstava i opreme za provođenje preventivnih mjera zaštite od požara (vatrogasna oprema, vatrodojavni sustav) do upoznavanja osoba koje manipuliraju eksplozivnim tvarima sa svim glavnim značajkama tih tvari i postupcima za sigurno rukovanje, tj. stručno osposobljavanje osoba za rukovanje eksplozivnim tvarima“ [3]. Ključna mjera za smanjenje ozbiljnosti eksplozije je odvajanje skladišnih zgrada od proizvodnih zgrada. Cilj je osigurati da eksplozija koja se dogodi u proizvodnom prostoru (gdje je opasnost od eksplozije najveća) ne zahvati skladišne zgrade gdje se nalazi najveća količina eksplozivnih tvari ili predmeta, pa je stoga i opasnost najveća [10].

U RH Pravilnik o uvjetima i načinu provedbe sigurnosnih mjera [u nastavku Pravilnik] [11] propisuje prostorne i tehničke uvjete za skladišta eksplozivnih

sredstava, a obuhvaćaju „mjere zaštite od požara, eksplozija i ostale mjere sigurnosti koje se provode pri skladištenju eksplozivnih tvari pravnih i fizičkih osoba koje skladište eksplozivne tvari za gospodarsku i/ili vojnu uporabu, uključujući i neupotrebljive eksplozivne tvari (gospodarskog ili vojnog podrijetla) koje su rezultat procesa razminiranja ili nekog drugog izvora“ [3].

„Eksplozivne tvari i predmeti smještaju se, čuvaju i drže u građevinama (skladištima, priručnim skladištima, spremnicima) izgrađenim odnosno postavljenim za tu namjenu te odobrenim za uporabu od tijela nadležnog za građenje, odnosno ovog ministarstva sukladno posebnom propisu, a smiju se skladištiti unutar temperaturnih intervala sukladno deklaraciji proizvođača.“ [11].

Najvažnije načelo je da se eksplozivi moraju skladištiti sigurno u osiguran licencirani smještaj. Pod normalnim okolnostima, skladišta eksploziva ne smiju se koristiti za skladištenje druge opreme, materijala ili opasnih roba. Potreban prostor za skladištenje eksploziva ovisi o veličini predmeta ili paketa i najveća dopuštena visina slaganja dotičnog eksploziva, ili dostupna visina ako je manja. Budući da je potrebno omogućiti prolaze, radni prostor, kratke dimnjake itd., samo udio ukupnog kubičnog kapaciteta zgrade može se uzeti kao efektivni kapacitet za skladištenje eksploziva. Normalno se efektivni kapacitet procjenjuje kao 50% od površina poda pomnožena s visinom hrpe. Međutim, za skladištenje prema kriterijima NATO-a kapacitet se procjenjuje kao 70% površine poda pomnoženo s visinom. Iako je efektivni kapacitet čimbenik koji će najvjerojatnije ograničiti količinu eksploziva koji se može smjestiti [12].

Pod pojmom skladištenje eksplozivnih tvari podrazumijeva se njihovo smještanje, čuvanje i držanje u određenim prostorima. Jedan od elemenata prilikom skladištenja je poznavati spojivost eksplozivnih sredstava (Tablica 1).

Tablica 1 Spojivosti eksplozivnih sredstava [13].

Redni broj	Vrsta eksplozivnih sredstava i dijelova koje treba razvrstati	Skupina spojivosti	Skupina opasnosti
1.	Inicijalni eksploziv	A	1.1.A
2.	Dijelovi eksplozivnih sredstava koji sadrže inicijalni eksploziv, a nemaju ugrađena dva ili više neovisnih mehanizama ili uređaja za prijekid inicijalnog lanca.	B	1.1.B 1.2.B 1.4.B
3.	Barut (klasični i raketni, osim crnoga) i dijelovi eksplozivnih sredstava koji sadrže te barute s inicijalnom kapsulom ili bez nje.	C	1.1.C 1.2.C 1.3.C 1.4.C
4.	Crni barut, brizantni eksploziv, predmeti i roba ES koji sadrže brizantni eksploziv, u svakom slučaju bez vlastitog načina iniciranja i bez pogonskog naboja, ili predmeti i roba koji sadrže inicijalni eksploziv i imaju dva ili više neovisnih osiguranja za prekid inicijalnog lanca.	D	1.1.D 1.2.D 1.4.D 1.5.D
5.	Predmeti i roba ES koji sadrže brizantni eksploziv bez vlastitog načina iniciranja, s krutim pogonskim nabojem.	E	1.1.E 1.2.E 1.4.E
6.	Predmeti i roba ES koji sadrže brizantni eksploziv s vlastitim načinom iniciranja ili bez njega, s krutim pogonskim nabojem ili bez njega.	F	1.1.F 1.2.F 1.3.F 1.4.F
7.	Pirotehničke mješavine ili predmeti i roba koji sadrže pirotehničke mješavine, ili predmeti i roba koji sadrže skupa i eksplozivnu tvar (barut i eksploziv) i pirotehničku mješavinu (svijetleću, zapaljivu, suzavac ili dimnu mješavinu), osim onih predmeta i robe koji se aktiviraju u prisutnosti vode ili zraka i onih koji imaju zapaljivu tekućinu ili želatinu.	G	1.1.G 1.2.G 1.3.G 1.4.G
8.	Predmeti i roba ES koji sadrže i eksplozivnu tvar i bijeli fosfor.	H	1.2.H 1.3.H

Kod skladištenja i čuvanja eksplozivnih sredstava vrlo je važno znati odnos spojivog miješanja vidljiv u tablici 2. Gdje oznaka X pokazuje skupine koje mogu biti združene prilikom prijevoza, skladištenja i čuvanja. Oznaka Z samo uz dodatno odobrenje.

Tablica 2 Odnosi spojivog miješanja [13].

	A	B	C	D	E	F	G	H	J	K	L	N	S
A	X	Z											
B	Z	X	Z	Z	Z	Z	Z					X	X
C		Z	X	Z	Z	Z	Z					X	X
D		Z	Z	X	X	Z	Z					X	X
E		Z	Z	X	X	Z	Z					X	X
F		Z	Z	Z	Z	X	Z					Z	X
G		Z	Z	Z	Z	Z	X					Z	X
H								X					X
J									X				X
K										Z			
L													
N		X	X	X	X	Z	Z					X	X
S		X	X	X	X	X	X	X	X			X	X

3.1. Skladišni prostor

Prema Todorovski [13] namjenski skladišni objekti za skladištenje i čuvanje eksplozivnih sredstava dijele se na vrste M, S, U, PU i P (tablica 4). Razlike su u površini i veličini. Skladišni prostor može biti namijenjen za privremeno i stalno čuvanje i smještanje eksplozivnih sredstava (tablica 3) [8].

Tablica 3 Obilježja skladišnih objekata za čuvanje eksplozivnih sredstava [13]

Vrsta objekta	Značajke	Nedostatci	Prednosti
M M-5 do M-40	-namjenski objekt -maksimalno 400 tone eksplozivnih sredstava -opterećenje poda do 3000 kg/m ²	-stupovi ometaju stokiranje i rad viličara i premještanje između skladišnih objekata -veliki gubitci kod izravnog raketiranja -premještanje eksplozivnih sredstava u ratu obvezatno -visoke cijene izrade -velika ugroženost okoliša	-povoljni klimatski uvjeti za čuvanje eksplozivnih sredstava -primjena paletnih sustava moguća uz adaptaciju
S S-2 do S-40	-namjenski objekt -maksimalno 400 tone eksplozivnih sredstava -opterećenje poda do 5000 kg/m ²	-veliki gubitci kod izravnog raketiranja -premještanje eksplozivnih sredstava u ratu obvezatno -nije osigurano od diverzanata -velika ugroženost	-povoljni klimatski uvjeti za čuvanje eksplozivnih sredstava -primjena paletnih sustava moguća -premještanje između skladišnih objekata uz pomoć viličara

		okoliša	
U PU i IGLO	<ul style="list-style-type: none"> -namjenski objekt -maksimalno 400 tone eksplozivnih sredstava -opterećenje poda do 6000 kg/m² 	-visoka cijena	<ul style="list-style-type: none"> -vrlo dobri klimatski uvjeti za čuvanje eksplozivnih sredstava -dobra otpornost na raketiranje -paletni sustav je moguć -nije potrebno premještanje u ratu - niska ugroženost okoliša
P	<ul style="list-style-type: none"> -namjenski objekt - količina sukladna proračunu Različiti oblici i skladišna površina 	-skupa adaptacija i izgradnja	<ul style="list-style-type: none"> -vrlo dobri klimatski uvjeti za čuvanje eksplozivnih sredstava -izvanredna otpornost na raketiranje -paletni sustav je moguć -nije potrebno premještanje u ratu - niska ugroženost okoliša

Skladištenje eksplozivnih tvari zahtijeva posebne mjere sigurnosti kako bi se spriječile potencijalne opasnosti i rizici. Navedeni elementi, koje treba zaštititi prilikom skladištenja, uključuju [13]:

- Eksplozije u susjednom objektu: Ako se eksplozivne tvari skladište u blizini drugih objekata koji bi mogli biti izloženi riziku eksplozije, važno je osigurati adekvatno udaljenost i zaštitne barijere kako bi se spriječilo da eventualna eksplozija u jednom objektu izazove reakciju u drugom objektu.
- Diverzija: Da bi se spriječilo namjerno izazivanje eksplozija ili neovlašteno rukovanje eksplozivnim materijalima, potrebno je osigurati zaštićene i sigurne prostorije ili spremnike te primjenjivati sigurnosne protokole i kontrole pristupa.
- Požar: Eksplozivne tvari često mogu biti osjetljive na visoke temperature i vatre. Stoga je važno osigurati da su skladišta zaštićena od potencijalnih požara, te primijeniti preventivne mjere poput protupožarnih sustava, dobre ventilacije i smanjenja mogućnosti paljenja.
- Atmosferske prilike: Ekstremne vremenske uvjete kao što su oluje, poplave ili ekstremne temperature mogu utjecati na sigurnost skladištenja. Stoga je važno osigurati da su objekti i spremnici dobro izolirani i zaštićeni od vremenskih utjecaja.
- Podzemne i nadzemne vode: Da bi se spriječila kontaminacija tla ili vodnih izvora, skladišta trebaju biti projektirana tako da spriječe prodor eksplozivnih tvari u podzemne i nadzemne vode. Ovo je osobito važno za očuvanje okoliša.
- Štetočine: Da bi se spriječilo oštećenje ili onečišćenje eksplozivnih tvari, skladišta trebaju biti zaštićena od ulaska štetočina kao što su insekti i glodavci.
- Krađa: Eksplozivni materijali mogu privući pažnju ljudi koji ih žele zloupotrijebiti. Stoga je važno osigurati čvrste mjere sigurnosti i nadzora kako bi se spriječila krađa ili neovlašten pristup.

Osiguranje ovih mjera sigurnosti ključno je za očuvanje sigurnosti ljudi, okoliša i imovine prilikom skladištenja eksplozivnih tvari.

Kako je prethodno navedeno skladištenje se može obavljati u više vrsta objekata i prostora to su nadzemni, podzemni i ostale vrste [13] u tablici 4 su prikazani kratki opisi, dok u nastavku slijedi detaljni opis navedenih vrsta.

Tablica 4 Vrste skladišta [13]

Vrsta Skladišta	Opis
Nadzemna skladišta	Skladišta koja su izgrađena iznad razine tla i obično se sastoje od čvrstih građevina sa specijalnim sigurnosnim mjerama, uključujući ojačane zidove i krovove.
Podzemna skladišta	Spremnici smješteni ispod razine tla, koji se koriste za dugotrajno skladištenje eksplozivnih materijala. Mogu imati dodatne sigurnosne karakteristike.
Ostale vrste	Ovo uključuje različite druge vrste skladišnih objekata i prostora koji se mogu koristiti za skladištenje eksplozivnih materijala. Ovi prostori mogu biti mobilni ili privremeni.

3.1.1. Nadzemni skladišni prostor U i PU

Prema Pravilniku [11] položajno se nadzemni skladišni prostor dijeli na vanjski i unutarnji. Navedeno zavisi o postavljanju prostora. Tako isti mogu biti postavljeni kao posebne građevine na otvorenom prostoru, kao dio građevine te u obliku nepokretnog i pokretnog skladišta u sklopu građevine. „*Nadzemna*

skladišta se s obzirom na razinu poda dijele na površinska, poluukopana i ukopana. Površinska skladišta su ona koja su smještena u razini ili iznad razine okolnog terena. Poluukopana skladišta su ona kod kojih je najviše dvije trećine visine ispod razine okolnog terena. Ukopana skladišta su ona kod kojih se više od dvije trećine visine nalazi ispod razine okolnog terena.“ [3].

U pravilu nadzemni skladišni prostor postavlja se izvan građevnih objekata i nije dozvoljeno postavljati ih ispod razine zemljišta. U slučaju kada ukupna zapremina više spremnika prelazi 3.000 ml, nužno je da su isti grupirani u skupine zapremine do 3.000 ml s najmanjom međusobnom udaljenosti od 50 m. Kada je riječ o stabilnim nadzemnim skladišnim prostorima neophodno je da imaju temelje vatrootpornosti najmanje 2 sata. Navedeni prostor treba biti podržan tako da se na plaštu spremnika sprječava koncentracija suvišnog tereta, dok točka dodira plašta i temelja treba biti zaštićena od korozije. Isti moraju biti obojani reflektirajućom bojom. Važno je istaknuti kako skladišta koja su valjkastog oblika trebaju imati bar dva temelja, neophodno je da je jedan temelj ima nagib od 0,5-1% u smjeru drenažnog otvora s mogućnošću toplinske dilatacije [11].

Nadzemni skladišni prostori su oni čija se konstrukcija nalazi iznad razine zemlje [djelomično ili potpuno] i za njih se koriste monolitna mjerila za izračun dozvoljene udaljenosti dezintegriranja. Odličja najkvalitetnijih skladišta su svodovi od armiranog betona posuti zemljom (slika 1), kapaciteta za skladištenje i do 100 000 kg neto mase eksplozivnih sredstava. Osim navedenog koji se smatra najkvalitetnijim i najboljim odabirom za skladištenje postoje i skladišni prostori čiji je svod od posebnih vrsta plastika ili valovitog lima koji su također zasuti zemljom [13].



Slika 1. Nadzemni skladišni prostor [14].

3.1.2. Podzemni skladišni prostor P

Karakteristike podzemnih skladišnih prostora za skladištenje eksplozivnih sredstava su jedna ili više komora koje su odvojene pregradama i povezane pristupnim hodnicima i iste se ne smiju međusobno povezivati kako bi se u slučaju aktivacije unutar jedne komore ne aktiviraju eksplozivna sredstva u drugim [11].

Skladištenje podzemnih skladišnih prostora za eksplozivne materijale podliježe određenim uvjetima kako bi se osigurala sigurnost i pravilno rukovanje. Ovi uvjeti uključuju, između ostalog, zahtjeve za izradu i testiranje spremnika, zaštitu od korozije, osiguravanje nepropusnosti komora i, ako je potrebno, provjetravanje komore. Ovi uvjeti su ključni za osiguranje sigurnosti i pouzdanosti podzemnih skladišta za eksplozivne materijale. Prema Pravilniku [11] postoje uvjeti koji moraju biti ispunjeni prije ukapanja podzemnih skladišnih prostora:

- „da je spremnik izrađen i opremljen za podzemnu ugradnju,

- *da je spremnik ispitan nakon postavljanja,*
- *da su vanjske površine spremnika zaštićene od korozije.*
- *prije zatrpavanja pijeskom podzemnog spremnika u komore, moraju biti ispunjeni ovi uvjeti:*
- *da je spremnik izrađen i opremljen za podzemnu ugradnju,*
- *da je spremnik ispitan nakon postavljanja,*
- *da su vanjske površine spremnika zaštićene od korozije,*
- *da je komora izvedena nepropusno na spoju dna i okomitih zidova,*
- *da je dno komore izvedeno u nagibu od najmanje 1% prema taložniku,*
- *da je u komori osigurano djelotvorno provjetravanje ukoliko komora nije zapunjena pijeskom.“*

Podzemni skladišni prostori ukopani su ili smješteni u komore gdje je razina plašta ispod razine zemljišta najmanje 60 cm. Osim navedenog postoje i prostori koji su lokalizirani u prirodnim podzemnim šupljinama (slika 2) ukoliko su svi uvjeti osigurani. Podzemni skladišni prostori potpuno su zaklonjeni naslagom pijeska i zemlje debljine 60 cm (bez okna). Pijesak mora biti čist bez kamenja i šljunka te suh. Prilikom izrade potrebno je poduzeti mjere protiv podzemnih voda te obratiti pozornost na dubinu smrzavanja tla prilikom ukopavanja [11].



Slika 2 Podzemni skladišni prostor u prirodnim šupljinama [16]

3.1.3. Ostali skladišni prostori M i S

„Od ostalih vrsta skladišnih objekata za skladištenje i čuvanje eksplozivnih sredstava koji se najčešće susreću, u uporabi su objekti vrste M i S. Svi se oni, mogu upotrebljavati za skladištenje i čuvanje eksplozivnih sredstava dulje vrijeme (godinama), s tim da se redovito nadzire i analizira njihova lokacija s obzirom na okružje i građevinsko stanje kako bi svi propisi o sigurnosti i uvjetima čuvanja eksplozivnih sredstava bili stalno ispunjeni. Ta je vrsta skladišnih objekata zastarjela. Objekti su izgrađeni prije više desetaka godina, kad je gradnja bila razmjerno brza i jeftina. Veoma su osjetljivi na požar slučajno izazvan u objektu, iz okolice ili neprijateljskim napadom“ [3].

Objekti vrste M i S su stariji skladišni prostori koji su korišteni za dugotrajno skladištenje eksplozivnih sredstava. Međutim, smatraju se zastarjelima jer nisu izgrađeni u skladu s modernim standardima sigurnosti. Ovi objekti su osjetljivi na požare i nisu otporni na neprijateljske napade. Stoga je važno redovito nadzirati i analizirati njihovu lokaciju i građevinsko stanje kako bi se osigurala sigurnost i ispunili propisi o skladištenju eksplozivnih sredstava [3].

Kao što je prethodno navedeno prostori M vrste starija su generacija i njihovo odličje je dobra nepropusnost, veći broj vidljivih i ne vidljivih vrata mogućnost primjene paletnog sustava te niska otpornost na požare [13].

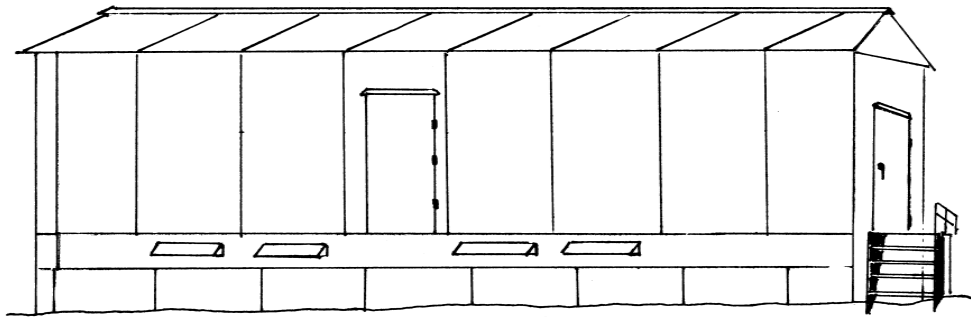
Skladišni objekti vrste S karakteristične su prema tome što se pod nalazi u razini platforme ispred objekta te omogućen prolaz za vozila i viličare zahvaljujući gabaritnim vratima [13].

Osim navedenih tu su i privremena skladišta koja mogu biti prijenosni spremnici ili druge građevine koje zadovoljavaju uvjete iz Pravilnika te posjeduju odobrenje MUP-a (Ministarstva unutarnjih poslova) [11].

3.2. Tipovi skladišta

Svaka kategorija skladišta eksploziva ima specifikacije i zahtjeve. Spremište tipa 1 ispunjava zahtjeve za zidane zidove, metalne zidove i drvene zidove; temelje i podove; krov i vrata; i šarke, kopče i brave. Tu su i interijerske specifikacije i standardi za ventilaciju, rasvjetu i održavanje. Uređaji za pohranjivanje tipa 2, detonatorske kutije, imaju zahtjeve za šarke, zatvarače i brave, kao i za rasvjetu i održavanje. Postoje određena ograničenja za vanjska i unutarnja skladišta tipa 2. Neophodno je da su proizvodi za skladištenje eksploziva tipa 3 izrađeni od čelika debljine 12mm i obloženi šperpločom ili lesonitom. Skladištenje bez nadzora nije dopušteno. Skladište eksploziva tipa 4 i skladište eksploziva tipa 5 također imaju navedene specifikacije i zahtjeve [1].

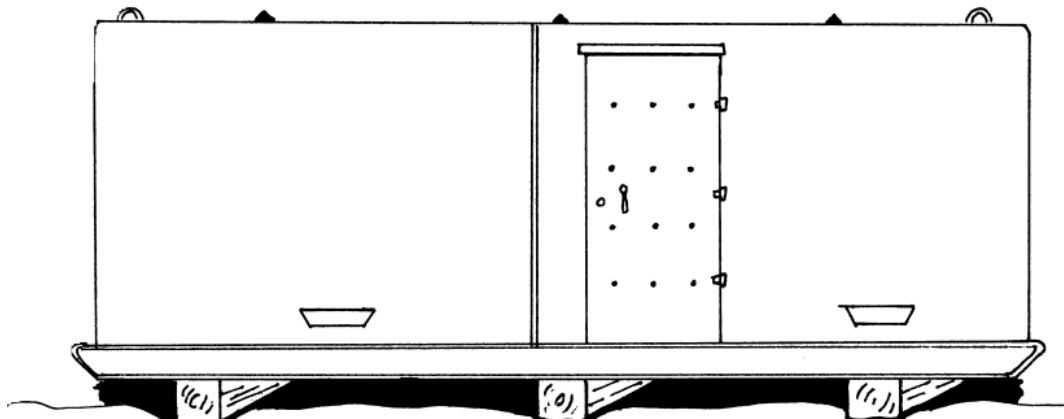
Skladišta tipa 1 (slika 3) moraju biti otporna na metke, vatru, vremenske uvjete, krađu i ventilirani. Zidovi moraju biti izrađeni od strukturno zdravih kombinacija čelika, betona ili drugih materijala otpornih na vatru. Svako drvo na vanjskoj strani spremnika mora biti prekriveno vatrootpornim materijalom. Praznine u standardnim betonskim blokovima moraju se ispuniti dobro nabijenim suhim pijeskom ili dobro nabijenim pijeskom i cementom. Rešetkasta obloga mora biti postavljena kako bi se olakšala ventilacija. Pod mora biti izrađen od drveta ili drugog prikladnog materijala. Krov ili strop mogu biti izgrađeni od bilo koje vrste strukturno čvrstog materijala koji je otporan na vatru. Kada prirodni teren oko spremnika omogućuje ispaljivanje metka kroz strop ili krov koji bi mogao pogoditi eksplozivni materijal, konstrukcija krova ili stropa mora biti otporna na metke. Vrata moraju biti čvrsto pričvršćena. Šarke, kopče i sklopovlje za zaključavanje moraju biti čvrsto osigurani i pričvršćeni zavarivanjem ili kroz zasune koji se ne mogu ukloniti kada su vrata zaključana [15].



Slika 3. Grafički prikaz nadzemnog skladišnog prostora [15].

Spremnici tipa 2 (slika 4, slika 5) prema izvedbi mogu biti smješteni u građevini ili na vanjskom prostoru [11]. Sve pojedinosti za zahtjeve prikazane za spremnik tipa 1 prihvatljive su za spremnik tipa 2 za vanjske prostore. Spremnici tipa 2 za zatvorene prostore moraju biti otporni na vatru i krađu, ali ne i na metke [15]. Ista mogu biti fiksna, prenosiva i pokretna [kontejneri] te se koristiti kao trajni ili privremeni smještaj [11].

„Konstrukcija se u pravilu izvodi kao rešetkasta konstrukcija od čeličnih profila, s vanjske strane obložena čeličnim limom debljine najmanje 6 mm, a iznutra obložena materijalom, gore propisane vatrootpornosti, ako se unutarnja obloga izvodi od (tvrdo drvo i sl.), debljina ne smije biti manja od 50 mm, te se glede postizavanja tražene otpornosti na požar između vanjskog lima i unutarnje obloge stavlja sloj od negorivog materijala odgovarajuće debljine“ [11]. Metalna vrata moraju imati stranice, dno i vrata izrađena od metala i moraju biti obložena materijalom koji ne iskri. Šarke i zatvarači moraju biti pričvršćeni na vrata zavarivanjem, zakivanjem ili vijcima. Svaka vrata moraju biti opremljena s dvije utorne brave ili dva katanca [15].



Slika 4. Grafički prikaz spremnika tipa 2 [15].

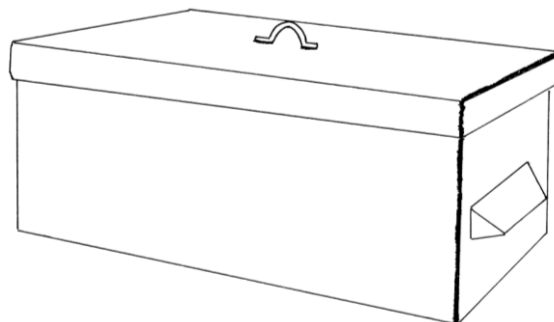


Slika 5. Spremnik tipa 2 [16].

Spremnik tipa 3 je "dnevna kutija" ili drugi prijenosni spremnik (slika 5). Mora biti otporan na krađu, vatru i vremenske uvjete otporan, ali ne nužno otporan na metke. Eksplozivni materijali ne smiju se ostavljati bez nadzora u spremniku tipa 3 [15]. Najčešće služe pri izravnom radu na gradilištu [11]. Nakon korištenja, moraju se ukloniti u spremnik tipa 1 ili tipa 2.

Prema Pravilniku [11] skladišta tipa 3 moraju biti izrađena od tvrdog drveta minimalne debljine 25 mm kao što su npr. hrast, bukva obložene čeličnim limom minimalne debljine 3 mm za navedeno skladište neophodan je jedan

ventilacijski otvor. Brava za spremnik mora biti čelični lokot s najmanje pet preklopa i ne mora biti zaštićena poklopcem [15].

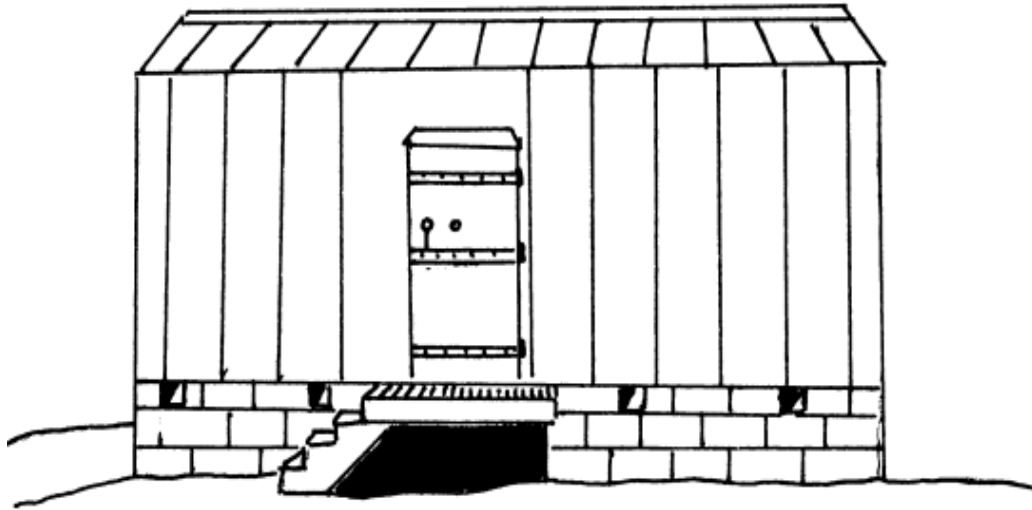


Slika 5. Grafički prikaz spremnika tipa 3 [15].

Spremnici tipa 4 dizajnirani su za pohranjivanje niskih eksploziva i mogu se postaviti u zatvorenom ili otvorenom prostoru. Spremnici tipa 4 izrađeni su od čelika i otporni su na sve vremenske uvjete, krađu i vatru. Ove jedinice izrađuju se od oblikovanog vanjskog zida debljine 12mm, a iznutra su obložene pločama od šperploče. Na vratima se postavljaju 2 zatvorene kopče za lokote radi sprječavanja neovlaštenog otvaranja i nasilnog ulaska [2].

Prema Pravilniku [11] spremnik tipa 4 je trajna, prijenosna ili pokretna struktura poput zgrade (slika 7). Ne mora biti otporan na metke. Konstrukcija mora biti od drva prekrivenog metalom, zida, metala ili kombinacije tih materijala. Vrata moraju biti metalna ili drvena presvučena metalom. Brave na vratima moraju biti dvije brave na urez ili dva lokota. Lokoti moraju imati najmanje pet preklopnika. Lokoti moraju biti zaštićeni čeličnim poklopcima. Kada su bez nadzora, spremnici moraju biti imobilizirani.

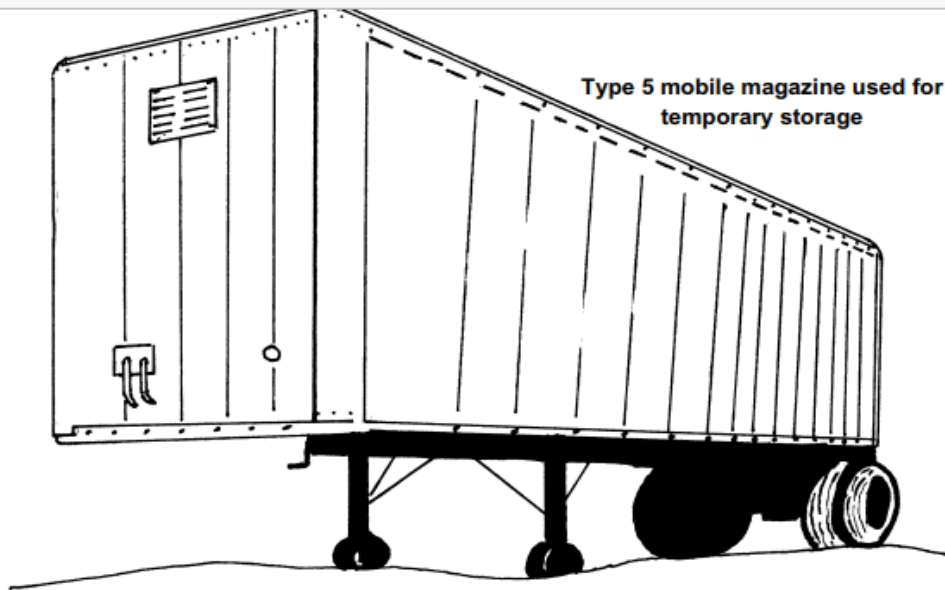
„Služe za smještaj niskoeksplozivnih tvari do 140 tona ako je konstrukcija kao tip 1 odnosno do 40 tona ako je konstrukcija kao tip 2“ [11].



Slika 6. Grafički prikaz spremnika tipa 4 [15]

Spremnici tipa 4 za zatvorene prostore moraju biti otporni na vatru i krađu. Ne moraju biti otporni na vremenske uvjete ako je zgrada u kojem su pohranjeni pruža zaštitu od vremenskih nepogoda. Unutarnji spremnici tipa 4 moraju biti izrađeni od zida, drva prekrivenog metalom, metala ili kombinacije navedenih materijala. Zidovi i podovi moraju biti izrađeni ili prekriveni materijalom koji ne iskri. Vrata moraju biti metal ili puno drvo prekriveno metalom. Šarke i kopče moraju biti pričvršćene na vrata zavarivanjem, zakivanjem ili vijcima (matice s unutarnje strane vrata). Svaka vrata moraju biti opremljena s dvije brave s urezima ili s dva lokota pričvršćena posebnim kopčama i spajalicama [15].

Spremnik tipa 5 je stalna, prijenosna ili pokretna struktura kao što je zgrada, kutija, spremnik, poluprikolica, prikolica za rasuti teret, prikolica cisterna, kamion za rasuti teret, kamion cisterna ili drugi mobilni kontejneri [11].



Slika 7. Grafički prikaz mobilnog privremenog spremnika tipa 5 [15]

Ovisno o specifikacijama, ovi spremnici mogu biti izrađeni od različitih materijala, uključujući drvo prekriveno metalom, čisti metal ili kombinaciju oba materijala. Ovakva konstrukcija pruža čvrstu zaštitu i sprječava neovlašten pristup eksplozivnim materijalima. Vrata na spremnicima trebaju biti izrađena od čvrstog materijala poput punog drveta ili metala kako bi se osigurala sigurnost skladišta i spriječio neovlašten pristup. Ako se radi o trajnim spremnicima, zahtjevi za izgradnju se podudaraju s onima za skladišta tipa 1. To znači da moraju imati stabilne temelje, sigurne podove, dobar sustav ventilacije i siguran način zaključavanja kako bi se osigurala maksimalna sigurnost. Ako se spremnici koriste za vozila (npr. kamioni cisterna), važno je osigurati da se vozila mogu imobilizirati kad nisu pod nadzorom kako bi se spriječila neovlaštena uporaba ili pristup opasnim materijalima.

Spremnici tipa 5 su posebno dizajnirani i konstruirani za skladištenje tvari koje su relativno stabilne i nisu tako osjetljive na eksplozije kao neki drugi eksplozivni materijali. Ovo uključuje postojane tvari tipa i/ili amonijev nitrat. Važno je napomenuti da se ove tvari obično skladište u svojim originalnim pakiranjima koje je proizvođač eksplozivnih materijala osmislio. To je važno

kako bi se osigurala sigurnost i stabilnost ovih materijala tijekom skladištenja i transporta. Originalna pakiranja često su dizajnirana s posebnim mjerama sigurnosti kako bi se smanjila opasnost od nekontroliranih reakcija i osigurala zaštita od vanjskih čimbenika poput vlage, topline ili udaraca. Spremnici tipa 5 igraju ključnu ulogu u očuvanju integriteta i sigurnosti tih materijala, što je od iznimne važnosti kako bi se spriječile potencijalno opasne situacije. [11].

4. MJERE SIGURNOSTI I ZAŠTITE

„Mjere se provode preventivno, od načina skladištenja, utovara i istovara, ponašanja osoblja koje manipulira eksplozivnim tvarima, potrebnih sredstava i opreme za provođenje preventivnih mjera zaštite od požara (vatrogasna oprema, vatrodojavni sustav) do upoznavanja osoba koje manipuliraju eksplozivnim tvarima sa svim glavnim značajkama tih tvari i postupcima za sigurno rukovanje, tj. stručno osposobljavanje osoba za rukovanje eksplozivnim tvarima“ [3]. Ovaj citat opisuje preventivne mjere za sigurno rukovanje eksplozivnim tvarima. To uključuje pravilno skladištenje, postupke utovara/istovara, osposobljavanje osoblja, vatrogasnu opremu i informiranje o svojstvima tvari radi smanjenja rizika od nesreća.

Prema Pravilniku [11] o sigurnosti i zaštiti eksplozivnih tvari, osobe koje su odgovorne za provedbu mjera zaštite i sigurnosti u skladištu eksplozivnih tvari moraju ispunjavati određene uvjete kako bi osigurale sigurno i odgovorno rukovanje tim tvarima. U nastavku slijedi objašnjenja svakog od navedenih uvjeta:

- Navršene 18 godina života: Osobe koje su odgovorne za sigurnost skladišta eksplozivnih tvari moraju biti punoljetne, tj. imati najmanje 18 godina života. Ovaj uvjet osigurava da osoba ima dovoljno zrelosti i odgovornosti za upravljanje potencijalno opasnim tvarima.
- Srednja stručna sprema: Osobe trebaju imati završenu srednju stručnu spremu, što ukazuje na minimalni razinu obrazovanja i stručnosti potrebne za razumijevanje i primjenu sigurnosnih postupaka prilikom rukovanja eksplozivima.
- Osposobljenost za rukovanje eksplozivnim tvarima: Osobe trebaju proći odgovarajuću obuku ili osposobljavanje koje će im omogućiti razumijevanje karakteristika, sigurnosnih mjera i postupaka pri rukovanju eksplozivnim tvarima. To uključuje tehničko znanje i vještine potrebne za sigurno rukovanje.

- Zdravstvena sposobnost za rukovanje eksplozivnim tvarima: Osobe moraju biti fizički sposobne za rukovanje eksplozivnim tvarima. To uključuje provjeru zdravstvenog stanja kako bi se osiguralo da nema medicinskih problema ili stanja koja bi mogla ugroziti njihovu sigurnost ili sigurnost drugih prilikom rukovanja eksplozivima.

Svi ovi uvjeti osiguravaju da osobe koje su odgovorne za sigurnost i zaštitu eksplozivnih tvari imaju potrebnu stručnost, obuku, iskustvo i zdravlje kako bi se osiguralo sigurno rukovanje tim materijalima i minimiziranje rizika.

Kod odgovornih osoba koji rade u skladištu eksplozivnih sredstava važno je da su psihofizički sposobne i da prilikom rada nisu pod utjecajem alkohola ili drugih opijata. Nužno je da su skladišta (osim tipa 3) pod konstantnom tehničkom i/ili tjelesnom zaštitom. Kada je riječ o zaštiti istu može izvoditi sukladno propisima obrtnici ili pravne osobe koje posjeduju odobrenje Ministarstva unutarnjih poslova. Tehnička zaštita skladišta mora biti na višoj razini odnosno koristiti mehaničku i tehničku zaštitu sa sustavom za signaliziranje u dojavni sustav (CDS) prilikom neovlaštenog ulaska, također neophodan je video nadzor skladišta i okoline. Ukoliko dođe do obavijesti u dojavni sustav odgovorna osoba dužna je momentalno provjeriti stanje na terenu [11].

U uobičajenim okolnostima u skladište eksplozivnih sredstava ulazi se kod [11]:

- unošenja eksplozivnih sredstava
- iznošenja eksplozivnih sredstava
- kontrole skladišta uz nadzor odgovorne osobe
- kontrole od stanja organa države u RH Ministarstva unutarnjih poslova.

Unošenje eksplozivnih sredstava se odnosi na situaciju kada se eksplozivna sredstva unose u skladište radi pohrane ili daljnje obrade. Prilikom unošenja, važno je osigurati da se sredstva pravilno i sigurno pohrane te da se pridržavaju svi relevantni protokoli i sigurnosne mjere. Iznošenje eksplozivnih sredstava: odnosi se na situaciju kada se eksplozivna sredstva iz skladišta uzimaju radi korištenja, transporta ili bilo koje druge svrhe. Iznošenje eksplozivnih sredstava

treba biti strogo kontrolirano kako bi se spriječili potencijalni rizici i osigurala njihova odgovorna upotreba. Kontrola skladišta uz nadzor odgovorne osobe ukazuje na proces redovite kontrole skladišta uz prisutnost odgovorne osobe. To može uključivati nadzor nad stanjem, zalihama, sigurnosnim mjerenjima i drugim aspektima kako bi se osigurala sigurnost i spriječile nepravilnosti. Državni organi, kao što je Ministarstvo unutarnjih poslova u slučaju Hrvatske, mogu provoditi inspekcije i kontrole skladišta eksplozivnih sredstava kako bi osigurali usklađenost s propisima i sigurnosnim standardima. Ove kontrole provode se kako bi se osigurala sigurnost društva i spriječila moguća kršenja zakona [11].

Kao mjera zaštite osobe koje ulaze u skladište ne bi trebale nositi odjeću koja stvara statički elektricitet kao ni obuću koja može stvoriti iskre, te bilo kakve zapaljive predmete ili predmete koji mogu prouzročiti iskrenje ili požar. Kao mjera sigurnosti radi se popis s imenom i prezimenom, identifikacijskim brojem (osobna iskaznica) te razlogom i mjestom izdavanja dozvole za ulazak. Kada je riječ o vozilima također je neophodan popis vozača, tipa i registracijske oznake vozila. Posebna pisana evidencija vodi se za skladište odnosno ulaz i izlaz eksplozivnih sredstava [11].

Praćenje i kontrola eksploziva uključuje niz mjera i postupaka usmjerenih na osiguranje sigurnog i odgovornog rukovanja, skladištenja te praćenja zaliha eksplozivnih tvari. Navedene mjere, kako su opisane, osiguravaju transparentnost, preventivne mjere i brzu reakciju u slučaju nepravilnosti ili odstupanja. U nastavku slijedi objašnjenja svake od navedenih točaka:

- **Određivanje odgovornosti:** Svako skladište treba imati odgovornu osobu koja je zadužena za praćenje, upravljanje i sigurnost eksplozivnih tvari u tom skladištu. Ovo osigurava jasnoću i odgovornost za sve aspekte rukovanja eksplozivima.
- **Praćenje zaliha:** Redovito praćenje količina eksplozivnih tvari u skladištu omogućuje rano otkrivanje bilo kakvih nepravilnosti ili gubitaka. Ovo je

važno kako bi se spriječila mogućnost nestanka eksploziva ili njegovog neovlaštenog korištenja.

- Provjera spremnika: Redovita provjera spremnika osigurava da su oni u dobrom stanju i da nisu oštećeni. Ovo je ključno kako bi se spriječili incidenti uzrokovani oštećenim ili istrošenim spremnicima.
- Prijavljivanje odstupanja: Svako otkriće nepravilnosti ili odstupanja, poput nestanka eksploziva ili oštećenja spremnika, treba odmah prijaviti nadležnim tijelima kao što su policija ili specijalizirane inspekcije za eksplozive i mine.
- Istraga odstupanja: Svako otkriće nepravilnosti treba detaljno istražiti kako bi se utvrdili uzroci i okolnosti. Izvješća o istraživanju pružaju informacije o incidentima i preporuke za buduće preventivne mjere.
- Dodatne mjere: Identifikacija dodatnih mjera koje se trebaju poduzeti nakon otkrića razlika u eksplozivima osigurava brzu i učinkovitu reakciju kako bi se spriječila daljnja nepravilnost ili gubitak kontrole nad eksplozivima.
- Usklađivanje eksploziva: Redovita usklađenost eksploziva koji se koristi i eksploziva koji se izvlači iz spremnika omogućuje otkrivanje eventualnih razlika ili nepravilnosti koje se mogu pojaviti tijekom korištenja eksploziva.

Ovaj sustav praćenja i kontrole osigurava sigurno, odgovorno i pouzdano rukovanje eksplozivima te minimizira rizike i opasnosti koje takve tvari mogu predstavljati.

Sigurnost i upravljanje skladištima eksploziva moraju biti u skladu sa zahtjevima pravilnika države. Eksplozivi se moraju držati u zaključanom spremniku ili spremniku ili prostoru. Spremište ili spremnik eksploziva mora biti označen. Za skladište eksploziva potrebno je osigurati odgovarajuću sigurnost. Samo oni ljudi koji su ovlašteni za nenadzirani pristup eksplozivima (sukladno planu gospodarenja eksplozivima) može imati sredstva za otključavanje spremnika eksploziva. Skladišta eksploziva moraju biti zaključana osim kada se proizvod

prenosi u ili iz spremnika, ili kada je pod stalnim nadzorom [18]. „*Ključevi skladišta moraju biti dostupni samo osobi zaduženoj za skladište i odgovornoj osobi u pravnoj osobi. Na ključevima se mora nalaziti oznaka skladišta te oznaka vrata za čiju bravu su namijenjeni*“ [11].

Sigurnosna svjetla koja se aktiviraju na baterije ili sigurnosne svjetiljke koje se aktiviraju na baterije mogu se koristiti u spremištima za skladištenje eksplozivnih materijala. Električna rasvjeta koja se koristi u bilo kojem skladištu eksploziva mora ispunjavati standarde za stanje prisutno u spremniku u bilo kojem trenutku. Svi električni prekidači moraju nalaziti izvan spremnika i moraju zadovoljiti standarde propisane nacionalnim električnim kodeksom [15].

Prije popravka unutrašnjosti spremnika moraju se ukloniti svi eksplozivni materijali. Prije popravljivanja vanjskog izgleda spremnika, svi eksplozivni materijali moraju biti uklonjeni ako postoji bilo kakva mogućnost da popravci mogu proizvesti iskre ili plamen [13].

Eksplozivni materijali uklonjeni iz spremnika koji se popravljaju moraju [16]:

- se staviti u druge spremnike prikladne za skladištenje eksplozivnih materijala.
- Biti postavljen na sigurnu udaljenost od spremnika na popravku gdje su materijali pravilno čuvani i zaštićeni do završetka popravka.

Skladišta moraju biti čista, suha i bez pijeska, papira, praznih pakiranja, spremnika i smeća. Podovi moraju biti redovito meteni. Metle i drugi pribor koji se koristi za čišćenje i održavanje skladišta mogu se držati u spremištima, a posuđe ne smije imati metalne dijelove koji stvaraju iskrenje. Kada se eksplozivni materijali pokvare, moraju se uništiti u skladu sa savjetom ili uputama proizvođača. Područje oko spremnika mora biti čisto od smeća, grmlja, suhe trave i drveća (osim živog drveća) u svim smjerovima. Isparljivi materijali moraju se držati na udaljenosti od vanjskih spremnika. Živo lišće koje se koristi za stabilizaciju zemljanog pokrova spremnika ne mora se uklanjati [15].

Proizvođači ili uvoznici dužni su većinu civilnih eksploziva označiti jedinstvenim identifikacijskim kodom. Gdje je potrebno, jedinstveni identifikacijski kod mora biti označen (ili u određenim slučajevima priložen) svakoj pojedinačnoj stavci. Ovisno o veličini eksploziva, primjenjuju se različiti zahtjevi za označavanje. Ovaj se zahtjev odnosi na sve eksplozive za civilnu uporabu [2].

Prema Pravilniku [11] postoje neke osnovne mjere sigurnosti i zaštite pri čuvanju eksplozivnih sredstava u skladišnim objektima. U nastavku je navedeno nekoliko.

Treba poduzeti odgovarajuće mjere kako bi spriječili požar ili eksploziju, ograničiti opseg požara ili eksplozije uključujući mjere za sprječavanje širenja požara i prijenosa eksplozija s jednog mjesta na drugo, upotrijebiti odgovarajuće mjere za zaštitu ljudi od posljedica požara ili eksplozije. Bitno je da ljudi koji skladište eksplozive poštuju održavanja razmaka razdvajanja, utvrđuju okolnosti u kojima se razmaci razdvajanja ne moraju primjenjivati i utvrđuju kako se razmaci razdvajanja primjenjuju na određena mjesta. U većini slučajeva mora se održavati razmak između zgrade s eksplozivima i susjednih stambenih zgrada. Ovo je kako bi se rizici za one koji žive ili rade u tom području držali na prihvatljivoj razini. Svi eksplozivi moraju biti evidentirani u svakom trenutku. Eksplozivi koji se ne koriste i kojima se ne upravlja moraju se držati u skladištima ili spremnicima koji zadovoljava zahtjeve za skladištenje. Svaka odgovorna osoba mora voditi popis i evidenciju uporabe svih eksploziva u posjedu. Ovlaštena osoba dužna je pridržavati se svih važećih lokalnih i državnih zakona i propisa koji zahtijevaju obavijest o bilo kakvom gubitku, krađi ili neovlaštenom ulasku u skladište ili spremnik. [11].

Skladište eksplozivnih sredstava je opasno mjesto je mjesto gdje može doći do eksplozije ili požara zbog prisutnosti zapaljivih plinova ili drugih zapaljivih para. Opasna mjesta klasificiraju se prema vjerojatnosti paljenja zapaljivog

materijala u koncentriranom području. Neke od oznaka navedene su na slici 9. [8].



Slika 8. Znakovi opasnosti (eksplozivna sredstva) [19]

Oznake na skladištu eksplozivnih tvari igraju ključnu ulogu u identifikaciji i sigurnom rukovanju tim opasnim materijalima. Pravilno označavanje pomaže osoblju i nadležnim službama prepoznati vrstu eksplozivnih tvari, pridržavati se sigurnosnih protokola i odgovarajuće reagirati u hitnim situacijama. Evo nekoliko osnovnih oznaka koje se često koriste [8]:

- Piktogram opasnosti: Ova oznaka obično sadrži sliku ili simbol koji ukazuje na opasnost eksplozivnih tvari. To može biti slika bombe ili nekog drugog eksplozivnog uređaja. Piktogram opasnosti često prati riječi poput "Eksplozivno" ili "Oprez - Eksplozivi".
- Oznaka za klasifikaciju: Eksplozivne tvari su obično klasificirane u različite klase prema njihovim karakteristikama i opasnostima koje

predstavljaju. Oznaka za klasifikaciju obično sadrži brojčanu oznaku koja označava klasu, npr. "Klasa 1".

- Naziv tvari: Na skladištu se često nalazi oznaka koja jasno navodi ime eksplozivne tvari koja se tamo pohranjuje. Ovo je važno kako bi se izbjegla zabuna i osigurala pravilna identifikacija.
- Sigurnosni upozorenja: Oznake često sadrže sigurnosna upozorenja i informacije o pravilnom postupanju u slučaju nesreće ili incidenta. To može uključivati informacije o tome kako postupiti u slučaju požara, curenja ili druge opasne situacije.
- Informacije o datumu: Na nekim skladištima možda će biti označeno i kada su eksplozivne tvari pohranjene ili kada ističe njihov rok trajanja. Ovo je važno za održavanje sigurnosti i sprječavanje upotrebe istrošenih ili neispravnih tvari.
- Upozorenje na pristup: Ovisno o lokalnim zakonima i pravilima, skladišta eksplozivnih tvari mogu imati oznake koje upozoravaju na zabranjen pristup neovlaštenim osobama. To može uključivati ograde, natpise ili druge oznake.
- Razina opasnosti: Neki sustavi označavanja koriste različite boje kako bi označili razinu opasnosti. Na primjer, crvena boja može označavati visoku opasnost, dok žuta označava srednju opasnost.

Ove oznake trebaju biti jasno vidljive i čitljive kako bi se osigurala sigurnost pri rukovanju eksplozivnim tvarima. U nekim slučajevima, posebno u industrijskim postavkama, mogu se primjenjivati i dodatne oznake i protokoli u skladu s lokalnim i nacionalnim standardima i regulacijama.

5. ZAKLJUČCI

Iz rada možemo izvući sljedeće zaključke:

- Eksplozivi imaju široku primjenu u različitim sektorima, uključujući vojne, industrijske i komercijalne područja, te se koriste u različite svrhe kao što su rudarstvo, građevina, pirotehnika i vojno oružje.
- Zbog svojih karakteristika, eksplozivna sredstva imaju potencijalnu opasnost za sigurnost ljudi, okoliša i imovine.
- Mjere za sigurno rukovanje eksplozivnim tvarima temelje se na preventivi, kako bi se minimizirao rizik od nesreća i neželjenih događaja.
- Pravilno rukovanje, skladištenje i upravljanje eksplozivima ključno je za očuvanje sigurnosti. Strogo pridržavanje zakona, regulacija i smjernica pomaže minimiziranju rizika.
- Skladištenje eksplozivnih tvari zahtijeva temeljito planiranje. Spremnici trebaju biti dizajnirani tako da osiguravaju sigurno okruženje, sprječavaju neovlašten pristup te minimiziraju mogućnost oštećenja ili propadanja materijala.
- Osoblje koje radi s eksplozivima mora biti posebno obučeno kako bi se nosilo s opasnim tvarima. Specijalizirana obuka omogućuje razumijevanje karakteristika eksploziva, pravilno rukovanje te postupanje u hitnim situacijama radi zaštite zdravlja i okoliša.
- Osiguravanje odgovarajuće sigurnosne opreme, poput zaštitne odjeće, maski za disanje i rukavica, ključno je za minimiziranje rizika prilikom rukovanja eksplozivima, čime se osigurava sigurnost osoblja i okoline.
- Važno je surađivati s nadležnim tijelima i pridržavati se propisa kako bi se osigurala sigurnost pri rukovanju eksplozivima.

Rad ističe važnost sveobuhvatnog pristupa u rukovanju eksplozivnim sredstvima kako bi se osigurala sigurnost i zaštita svih relevantnih aspekata.

6. LITERATURA

- [1] Wright, J. D., & Singer, J. *Fire and Explosives*. Routledge. (2014).
- [2] Meyer, R., Köhler, J., & Homburg, A. *Explosives*. John Wiley & Sons, (2016).
- [3] Pavelić, Đ. Sigurna primjena eksploziva. *Sigurnost: časopis za sigurnost u radnoj i životnoj okolini*, (2010), 52[1], 73-76.
- [4] Mehta, N., Oyler, K., Cheng, G., Shah, A., Marin, J., & Yee, K. Primary explosives. *Zeitschrift für anorganische und allgemeine Chemie*, 640 (2014), 7, 1309-1313.
- [5] Matyáš, R., Šelešovský, J., & Musil, T. Sensitivity to friction for primary explosives. *Journal of hazardous materials*, 213 (2012), 236-241.
- [6] Goodrich, D. C., & Edwards, F. L. *Improvised explosive devices*. In *Crisis and Emergency Management*, Routledge, (2017).
- [7] Bielecki, Z., Janucki, J., Kawalec, A., Mikołajczyk, J., Pałka, N., Pasternak, M., Stacewicz, T. Sensors and systems for the detection of explosive devices-an overview. *Metrology and Measurement Systems*, 19 (2012), 1, 3-28.
- [8] Caygill, J. S., Davis, F., & Higson, S. P. Current trends in explosive detection techniques. *Talanta*, 88 (2012), 14-29.
- [9] Singh, S. Sensors—An effective approach for the detection of explosives. *Journal of hazardous materials*, 144 (2007), 1-2, 15-28.
- [10] Akhavan, J. *The Chemistry of Explosives 4E*. Royal Society of Chemistry, (2022).
- [11] Pravilnik o uvjetima i načinu provedbe sigurnosnih mjera kod skladištenja eksplozivnih tvari, [Pravilnik o uvjetima i načinu provedbe sigurnosnih mjera kod skladištenja eksplozivnih tvari – pročišćeni tekst - Zakon.hr](#) Pristupljeno: 10.05.2023
- [12] GOV. UK Service and Operational safety management, [\[Withdrawn\] DSA03 OME part 2: In-Service and Operational Safety Management of OME - GOV.UK \[www.gov.uk\]](#) Pristupljeno: 10.05.2023

- [13] Todorovski, Đ. Skladištenje, čuvanje i održavanje ubojitih sredstava, priručnik, MORH, Zagreb, (1998).
- [14] South Texas New explosives storage <https://www.kiiitv.com/article/news/south-texas/new-explosives-storage-facilities-in-store-for-nask/503-446040920> Pristupljeno: 15.05.2023
- [15] N.C. Department of Labor Occupational Safety and Health Division A Guide to the Safe Storage of Explosive Materials [Explosive Materials.qxp \[nc.gov\]](#) 15.05.2023
- [16] Flickr Workshop and explosives storage [Workshop and explosives storage | Underground Explorers | Flickr](#) Pristupljeno: 15.05.2023
- [17] Resources Safety, and Health Queensland. "Security in the storage and use of blasting explosives." [Security in the storage and use of blasting explosives | Resources Safety & Health Queensland \[rshq.qld.gov.au\]](#) 15.05.2023
- [18] Government of Australia, Storage of explosives [Storage of explosives - Dangerous Goods Safety Guidance Note \[dmp.wa.gov.au\]](#) Pristupljeno: 15.05.2023
- [19] Sefir znakovi opće sigurnosti [Skladište opasnih tvari – Znakovi Sigurnosti \[znakovi-sigurnosti.hr\]](#) 25.05.2023

7. PRILOZI

7.1. Popis slika

Slika 1. Nadzemni skladišni prostor [14].....	24
Slika 2 Podzemni skladišni prostor u prirodnim šupljinama [16]	26
Slika 3. Grafički prikaz nadzemnog skladišnog prostora [15].	28
Slika 4. Grafički prikaz spremnika tipa 2 [15].....	29
Slika 5. Grafički prikaz spremnika tipa 3 [15].....	30
Slika 6. Grafički prikaz spremnika tipa 4 [15].....	31
Slika 7. Grafički prikaz mobilnog privremenog spremnika tipa 5 [15].....	32
Slika 8. Znakovi opasnosti (eksplozivna sredstva) [19]	40

7.2. Popis tablica

Tablica 1 Spojivosti eksplozivnih sredstava [13].	17
Tablica 2 Odnosi spojivog miješanja [13].	18
Tablica 3 Obilježja skladišnih objekata za čuvanje eksplozivnih sredstava [13] 19	
Tablica 4 Vrste skladišta [13]	22