

# RIZICI SKLADIŠTENJA AMONIJEVOG NITRATA-SLUČAJ EKSPLOZIJE U BEJRUTU 2020. GODINE

---

**Mandić, Mathias**

**Master's thesis / Specijalistički diplomski stručni**

**2024**

*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:128:667248>

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

*Download date / Datum preuzimanja:* **2024-08-10**



**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 REPOZITORIJ

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

Mathias Mandić

**RIZICI SKLADIŠTENJA AMONIJEVOG  
NITRATA-SLUČAJ EKSPLOZIJE U  
BEJRUTU 2020.GODINE**

DIPLOMSKI RAD

Karlovac, 2024.

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

Mathias Mandić

**RISKS OF AMMONIUM NITRATE STORAGE  
- THE CASE OF THE EXPLOSION IN  
BEIRUT IN 2020.**

MASTER THESIS

Karlovac, 2024.

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

Mathias Mandić

**RIZICI SKLADIŠTENJA AMONIJEVOG  
NITRATA-SLUČAJ EKSPLOZIJE U  
BEJRUTU 2020.GODINE**

DIPLOMSKI RAD

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

Karlovac, 2024



**VELEUČILIŠTE  
U KARLOVCU**  
Karlovac University  
of Applied Sciences

**VELEUČILIŠTE U KARLOVCU**  
**KARLOVAC UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES**  
Trg J.J.Strossmayera 9  
HR-47000, Karlovac, Croatia  
Tel. +385 - (0)47 - 843 - 510  
Fax. +385 - (0)47 - 843 – 579



## **VELEUČILIŠTE U KARLOVCU**

Stručni / specijalistički studij: Stručni diplomski studij sigurnosti i zaštite

Usmjerenje: Zaštita od požara

Karlovac, 2024.

## **ZADATAK DIPLOMSKOG RADA**

Student: Mathias Mandić

Matični broj: 0415615062

Opis zadatka:

Predmet istraživanja diplomskog rada je eksplozija amonijevog nitrata koja se dogodila 2020. godine u Bejrutu, kroz koju će se ukazati na moguće posljedice u radu i skladištenju opasnih tvari, posebice tvari koje se ubrajaju u potencijalne eksplozive. Na konkretnom primjeru eksplozije u Bejrutu moguće je utvrditi brojne propuste koji su imali fatalne posljedice i štetne učinke ne samo na ljude već i na okoliš. Cilj rada je ukazati na važnost primjene zakona o rukovanju i skladištenju opasnim tvarima, posebice potencijalnim eksplozivima, kao i na aktivno djelovanje u pogledu sigurnosti i zaštite na radu, zaštiti od požara, a sukladno s time i zaštititi okoliša.

Zadatak zadan:

03/2023

Rok predaje:

03/2024

Predviđeni datum obrane:

05/2024

Mentor:

dr.sc. Jasna Halambek v. pred.

Predsjednik ispitnog povjerenstva:

Lidija Jakšić, mag.ing.cheming., pred.

## PREDGOVOR

Ovom prilikom bih iskazao zahvalnost svojoj mentorici dr.sc. Jasni Halambek na suradnji oko diplomskog rada i uloženog vremena. Kroz diplomski rad sam utvrdio naučeno gradivo koje sam slušao na predavanjima tijekom cijelog diplomskog studija. Zahvalio bih se i svim profesorima na prenesenom znanju koje će mi sigurno poslužiti u daljnjoj karijeri. Veleučilište u Karlovcu bih svakako preporučio i budućim generacijama studenata, kao i Stručni diplomski studij sigurnosti i zaštite.

Mathias Mandić

## SAŽETAK

Amonijev nitrat je tvar koja se uvelike koristi u poljoprivredi kao gnojivo, ali i kao jedan od glavnih sastojaka gospodarskih eksploziva tzv. ANFO eksploziva. Čisti amonijev nitrat je neosjetljiv na udarce i druga mehanička naprezanja, stoga je relativno siguran za rukovanje i skladištenje. Usprkos tome, prilikom skladištenja većih količina treba se pridržavati svih mjera predstrožnosti, odnosno moraju biti zadovoljeni osnovni uvjeti skladištenja amonijevog nitrata. Na primjeru eksplozije u Bejrutu moguće je utvrditi brojne ljudske propuste koji se prvenstveno odnose na nepropisno i neadekvatno skladištenje potencijalno opasne i eksplozivne tvari kao što je amonijev nitrat, a same posljedice eksplozije ne samo da su imale pogubne učinke na ljude već je došlo i do značajnog razaranja i onečišćenja okoliša.

**Ključne riječi:** amonijev nitrat, eksplozija, opasne tvari, skladištenje.

## **SUMMARY**

Ammonium nitrate is a substance that is widely used in agriculture as a fertilizer, but also as one of the main ingredients of industrial explosives, so-called ANFO explosives. Pure ammonium nitrate is insensitive to impacts and other mechanical stresses, so it is relatively safe to handle and store. Nevertheless, when storing large quantities, all precautionary measures should be observed, that is, the basic storage conditions for ammonium nitrate must be satisfied. On the example of the explosion in Beirut, it is possible to determine numerous human failures that primarily relate to the improper and inadequate storage of a potentially dangerous and explosive substance such as ammonium nitrate, and the consequences of the explosion itself not only had disastrous effects on people, but also resulted in a significant destruction and pollution of the environment.

**Key words:** ammonium nitrate, explosion, dangerous substances, storage.



# SADRŽAJ

<b>ZADATAK DIPLOMSKOG RADA</b> .....	I
<b>PREDGOVOR</b> .....	II
<b>SAŽETAK</b> .....	III
<b>SADRŽAJ</b> .....	V
<b>1. UVOD</b> .....	1
1.1. <i>Predmet i cilj rada</i> .....	1
1.2. <i>Izvori podataka i metode prikupljanja</i> .....	1
<b>2. KARAKTERISTIKE OPASNIH TVARI</b> .....	3
2.1. <i>Opće značajke opasnih tvari</i> .....	3
2.2. <i>Karakteristike eksplozivnih tvari</i> .....	5
2.2.1. <i>Vrste eksplozivnih tvari</i> .....	6
<b>3. AMONIJEV NITRAT</b> .....	9
3.1. <i>Fizikalno-kemijska svojstva amonijeva nitrata</i> .....	9
3.2. <i>Gospodarski eksplozivi koji sadrže AN</i> .....	14
3.3. <i>Cestovni prijevoz amonijevog nitrata</i> .....	16
3.3.1. <i>Potrebna dokumentacija za vozača opasnih tvari</i> .....	17
3.3.2. <i>Potrebna dokumentacija za vozilo</i> .....	18
3.3.2. <i>Potrebna dokumentacija za opasnu tvar</i> .....	20
3.3.5. <i>Sigurnosni savjetnik u prijevozu tvari cestovnim putem</i> .....	21
3.3.6. <i>Sigurnost i zaštita zdravlja pri prijevozu opasnih tvari</i> .....	22
3.3.7. <i>Obrazac „Isprava o prijevozu opasne tvari“</i> .....	23
3.3.8. <i>Upute o posebnim mjerama sigurnosti u slučaju nesreće s opasnom tvari</i> . 25	
<b>4. OPĆI SIGURNOSNI UVJETI ZA SKLADIŠTENJE EKSPLOZIVNIH TVARI I PREDMETA</b> .....	26
4.1. <i>Tehničke mjere i uvjeti skladištenja amonijeva nitrata</i> .....	27
4.1.1. <i>Skladišta amonijevog nitrata</i> .....	29
<b>5. EKSPLOZIJA SKLADIŠTA AMONIJEVOG NITRATA U BEJRUTU 2020. GODINE</b> ...	33
5.1. <i>Posljedice eksplozije u luci Bejrut</i> .....	35
5.2. <i>Postupanja nakon eksplozije</i> .....	38
5.3. <i>Utjecaj eksplozije na okoliš</i> .....	40
<b>6. ZAKLJUČAK</b> .....	42
<b>7. LITERATURA</b> .....	43

<b>1. PRILOZI</b> .....	46
1.1. <i>Popis ilustracija</i> .....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
1.2. <i>Popis tablica</i> .....	47

# 1. UVOD

Eksplozija u Bejrutu 2020. godine jedna je od najvećih mirnodopskih katastrofa u novijoj povijesti, s velikim brojem žrtava i razornom štetom za okoliš. Uzrok eksplozije bilo je čak 2750 tona amonijeva nitrata koji se uskladištio i godinama nalazio u skladištu u luci Bejrut.

Amonijev nitrat se pretežno koristi u poljoprivredi kao gnojivo s visokim udjelom dušika, te kao komponenta eksplozivnih smjesa u rudarstvu, kamenolomu i građevinarstvu gdje je osnovni sastojak tzv. ANFO eksploziva. Čisti amonijev nitrat je neosjetljiv na udarce i druga mehanička naprezanja, stoga je relativno siguran za rukovanje i skladištenje. Bez premjesa amonijev nitrat nije opasan, ali je vrlo osjetljiv na toplinu. U mnogim se zemljama koristi samo uz pridržavanje strogih sigurnosnih propisa.

## 1.1. *Predmet i cilj rada*

Istraživanje diplomskog rada temeljeno je na primjeru eksplozije amonijevog nitrata koja se dogodila 2020. godine u Bejrutu kako bi se ukazalo na moguće posljedice u radu i skladištenju opasnih tvari, posebice tvari koje se ubrajaju u potencijalne eksplozive. Na konkretnom primjeru eksplozije u Bejrutu moguće je utvrditi brojne propuste koji su imali fatalne posljedice i štetne učinke ne samo na ljude već i na okoliš. Rad s opasnim tvarima zahtijeva visok stupanj pripremljenosti i pripravnosti zbog nepredvidive prirode takvih tvari. Napravljeni su mnogi tehnički i pravni propusti, a prekršena su ljudska prava i prava na život. Cilj rada je ukazati na važnost primjene zakona o rukovanju i skladištenju opasnim tvarima, posebice potencijalnim eksplozivima, kao i na aktivno djelovanje u pogledu sigurnosti i zaštite na radu, zaštiti od požara, a sukladno s time i zaštiti okoliša.

## 1.2. *Izvori podataka i metode prikupljanja*

Izradi rada doprinijela je literatura dostupna na internetskim stranicama, dijelovi zakonske regulative koji se odnose na zaštitu od požara te članci koji su prema svom sadržaju stavili fokus na sličnu problematiku. Rad je isključivo teoretske prirode i

upravo zbog toga je najizraženija znanstvena metoda deskripcije što znači da rad opisuje i proučava ključne pojmove vezane uz temu rada. Osim metode deskripcije, prilikom izrade korištena je i metoda analize što znači da su ključni pojmovi o kojima se govori u radu segmentirani i da se zasebno analizira svaki njihov manji dio. Iako je metoda analize vidljiva u gotovo svim poglavljima središnjeg dijela rada, u zaključku je izražena suprotna metoda, a to je metoda sinteze. Zaključak rada sintetizira prethodno utvrđena saznanja koja su navedena u radu.

## 2. KARAKTERISTIKE OPASNIH TVARI

### 2.1. *Opće značajke opasnih tvari*

Opasnim tvarima smatraju se tvari koje mogu ugroziti zdravlje ljudi, izazvati zagađivanje okoliša ili nanijeti materijalnu štetu. Prema Zakonu o zaštiti na radu opasne radne tvari dijele se na tvari koje su štetne po zdravlje, tvari koje su eksplozivne i tvari koje su zapaljive. Važno je naglasiti da opasne radne tvari mogu u isto vrijeme biti i eksplozivne i zapaljive i opasne po zdravlje. Definirane su zakonima, drugim propisima, te međunarodnim ugovorima, koje na temelju njihove prirode ili svojstava i stanja, a u vezi s prijevozom mogu biti opasne za javnu sigurnost ili koje imaju dokazane toksične, nagrizajuće, nadražujuće, zapaljive, eksplozivne ili radioaktivne učinke, odnosno, opasnim tvarima smatraju se i sirovine od kojih se proizvode opasne robe i otpadi ako imaju svojstva opasnih tvari. [1]

Opasne tvari možemo svrstati u četiri kategorije:

1. Izravno štetne tvari (uzrokuju štetu s kemijskom reakcijom ili bez nje)
2. Materijali osjetljivi na vodu (u dodiru s vodom ili parom stvaraju toplinu ili zapaljive eksplozivne plinove)
3. Nagrizajući agensi (izlaganjem toplini, proizvode kisik povećavajući rizik od požara i eksplozija)
4. Otrovne tvari (udisanjem, gutanjem ili apsorpcijom preko kože dovode do trovanja).

Također, s obzirom da se cestovni promet najčešće koristi za prijevoz opasnih tvari, prema ADR-u opasne tvari se klasificiraju kao:

- Klasa 1 - eksplozivne tvari i predmeti s eksplozivnim tvarima
- Klasa 2 - plinovi,
- Klasa 3 - zapaljive tekućine,
- Klasa 4.1 - zapaljive krute tvari, samoreaktivne tvari i kruti desenzibilizirajući eksplozivi

- Klasa 4.2 - tvari podložne spontanom samozapaljenju
- Klasa 4.3 - tvari koje u dodiru s vodom stvaraju zapaljive plinove
- Klasa 5.1 - oksidirajuće tvari
- Klasa 5.2 - organski peroksidi
- Klasa 6.1 - otrovne tvari
- Klasa 6.2 - infektivne tvari
- Klasa 7 - radioaktivni materijal
- Klasa 8 - nagrizajuće (korozivne) tvari
- Klasa 9 - ostale opasne tvari i predmeti. [1]

Opasne tvari pripremaju se za prijevoz pakiranjem u ambalažu. Ambalažom se štite osobe i okoliš od štetnog djelovanja opasne tvari koja se u njoj nalazi. Ona mora biti ispravna i nepropusna za opasnu tvar koja se u njoj nalazi te propisno označena [2].

Označavanje opasnih tvari važan je dio njihovog transporta jer daje važne informacije o prirodi i potencijalnim opasnostima tih tvari za sve osobe koje dolaze u kontakt s njima tijekom transporta. Oznake se primjenjuju na svim vozilima, kontejnerima, vrećama i drugim spremnicima i ambalažama koje se koriste za transport opasnih tvari, kao i na samim opasnim tvarima.

Označavanje opasnih tvari temelji se na sustavu UN o klasifikaciji i označavanju opasnih tvari, a ono na sebi mora sadržavati:

- UN broj
- Naziv i klasa opasne tvari
- Oznaka opasnosti – simbol koji se primjenjuje na spremniku kako bi se upozorilo na specifičnu opasnost koju predstavlja opasna tvar. Oznaka opasnosti obično se sastoji od simbola i boje, a primjenjuje se na temelju klase.
- Dodatna označavanja – u nekim slučajevima potrebno je primijeniti dodatne oznake kako bi se upozorilo na specifičnosti opasnosti koje predstavlja opasna tvar ili kako bi se pridodale dodatne upute za rukovanje opasnom tvari.
- Sigurnosno – tehnički list (STL) – osiguravaju sve potrebne podatke o opasnoj tvari ili materijalu s kojom se radnici susreću prilikom obavljanja posla. Listovi

pružaju svim sudionicima, radnicima i korisnicima sve važne informacije o kemijskoj opasnosti za čovjeka i okoliš te mjere i načine za postupanje u slučaju kontakta ili nesreće [2].

## **2.2. Karakteristike eksplozivnih tvari**

Eksplozivne tvari podrazumijevaju eksplozive, sredstva za iniciranje eksplozivnih tvari, pirotehnička sredstva, barut, streljivo, proizvodi punjeni eksplozivnim tvarima, kao i sirovine eksplozivnih svojstava koje služe za proizvodnju eksplozivnih tvari. Eksplozivne tvari obuhvaćaju i neispravna ili nekompletna sredstva, rezultat procesa razminiranja, nedovršene proizvodnje, dijelove sredstava ili nekog drugog izvora.

Tvari koje nisu definirane kao eksplozivne tvari, a po svojim svojstvima odgovaraju eksplozivnim tvarima, definiraju se prema istovrsnoj ili najsličnijoj eksplozivnoj tvari (neovisno o komercijalnom nazivu eksplozivne tvari, proizvođačkoj specifikaciji, kompoziciji ili mješavini eksplozivnih tvari), a detaljnija klasifikacija odredit će se na temelju fizikalno-kemijskih svojstava i funkcionalnih karakteristika te tvari. [3]

Za eksplozivne tvari karakteristično je to da kemijska reakcija može biti potaknuta ili inicirana, a jednom kad započne na jednom mjestu vrlo brzo se rasprostire po cijeloj masi, pri čemu nastaju plinovi visoke temperature pod visokim tlakom. Upravo iz tog razloga, odnosno brzim povećanjem tlaka u kratkom vremenu dolazi do nastanka eksplozije. Reakcija koja dovodi do eksplozije može se inicirati zagrijavanjem, udarom, trenjem ili drugim djelovanjem na eksplozivnu tvar, ovisno o vrsti eksplozivne tvari.

Eksplozivi mogu sadržavati, pored osnovne eksplozivne tvari i sastojke koji im poboljšavaju djelovanje, olakšavaju preradu i/ili smanjuju osjetljivost (lakoću iniciranja), čime se omogućava sigurno rukovanje s istima.

Eksplozivi mogu biti i kemijski spojevi koji pod djelovanjem vanjskog impulsa (mehanički, toplinski ili njihova kombinacija) u djeliću sekunde prelaze u plinovito stanje pri čemu nastaje tlak do 20 000 MPa i toplina od oko 6 000°C [4].

### **2.2.1. Vrste eksplozivnih tvari**

Eksplozivne tvari različite su po kemijskom sastavu, konzistenciji, agregatnom stanju, fizikalnim osobinama i eksplozivnim karakteristikama. Upravo iz tog razloga postoje različite podjele eksplozivnih tvari, a neke od najčešćih su sljedeće:

- I. Podjela s obzirom na agregacijsko stanje: plinovite, tekuće i čvrste eksplozivne tvari.
  
- II. Podjela eksploziva prema konzistenciji:
  - granulirani eksplozivi
  - kompaktni eksplozivi
  - mljeveni eksplozivi
  - emulzije i gelovi
  - plastični eksplozivi.
  
- III. Podjela eksploziva prema namjeni:
  - eksplozivi za vojne namjene- vojni eksplozivi
  - eksplozivi i pirotehničke smjese za gospodarske (civilne) namjene- gospodarski eksplozivi
  - pirotehničke smjese –komercijalni eksplozivi.
  
- IV. U smislu kemijskog razlaganja eksplozivi se dijele na:
  - potisne (deflagracijske) eksplozive
  - brizantne eksplozive (razorne, sekundarne)
  - inicijalne (primarne) [5].



Eksplzivne tvari dijele se prema ADR-u i u šest skupina ovisno o vrsti opasnosti koju predstavljaju, odnosno klasifikacijska šifra klase 1 sastoji se od brojčane oznake diobene skupine (podklase) i pridruženog slova kompatibilnosti.

1.1. tvari i predmeti kod kojih postoji opasnost od masovne eksplozije,

1.2. tvari i predmeti kod kojih postoji opasnost od „ispaljivanja“, ali ne masovne eksplozije,

1.3. tvari i predmeti kod kojih postoji opasnost od zapaljenja i manja eksplozivna opasnost ili „ispaljivanje“, ali ne opasnost od masovne eksplozije,

1.4. tvari i predmeti koji ne predstavljaju značajnu opasnost,

1.5. vrlo neosjetljive tvari kod kojih postoji opasnost od masovne eksplozije,

1.6. ekstremno neosjetljive tvari kod kojih ne postoji opasnost od masovne eksplozije [6].

Slova kompatibilnosti eksplozivnih tvari i predmeta imaju slijedeće značenje:

**A** primarno eksplozivna tvar (upaljač)

**B** predmet koji sadrži primarnu eksplozivnu tvar (upaljač) i koji nema više od dva djelotvorna zaštitna uređaja.

**C** potisna eksplozivna tvar (upaljač) ili druga brzo izgarajuća eksplozivna tvar ili predmet koji takvu tvar sadrži.

**D** sekundarno detonirajuća eksplozivna tvar ili crni barut ili predmet koji sadrži sekundarno detonirajuću eksplozivnu tvar, u slučaju bez aktivatora i bez potisnog punjenja.

**E** predmet sa sekundarnom detonirajućom eksplozivnom tvari, bez aktivatora, a potisnim punjenjem (osim onoga koji sadrži zapaljivu tekućinu ili želatinu ili hipergoličku tekućinu).

**F** predmet sa sekundarnom detonirajućom eksplozivnom tvari, s vlastitim upaljačem, s potisnim punjenjem (osim onoga koji sadrži zapaljivu tekućinu ili želatinu ili hipergoličku tekućinu) ili bez potisnog punjenja.

**G** pirotehnička tvar ili predmet koji sadrži tu tvar, ili predmet koji sadrži eksplozivnu tvar kao i onu koja ima svjetlosne, zapaljive, suzne ili dimne učinke (osim vodom aktivirajućih predmeta ili onih koji sadrže bije fosfor, fosfine, piroforičku tvar, zapaljivu tekućinu ili želatinu ili hipergoličku tekućinu)

**H** predmet koji sadrži eksplozivnu tvar i bije fosfor **J** predmet koji sadrži eksplozivnu tvar i zapaljivu tekućinu ili želatinu.

**K** predmet koji sadrži eksplozivnu tvar i otrovne kemikalije.

**L** eksplozivna tvari ili predmet koji sadrži eksplozivnu tvar, a predstavlja poseban rizik, te treba biti na više načina izoliran.

**N** predmet koji sadrži samo izrazito najosjetljivije detonirajuće tvari.

**S** tvar ili predmet tako zapakiran ili napravljen da su bilo kakvi opasni utjecaji nehotečajnog aktiviranja ograničeni pakiranjem, osim kada je pakiranje oštećeno vatrom, no i u tom slučaju izloženosti vatri, tvar ili predmet ne smije imati djelovanje rasprskavanja krhotina takvima da ograničavaju i sprječavaju gašenje požara ili druge intervencije u neposrednoj blizini paketa [6].

### 3. AMONIJEV NITRAT

#### 3.1. Fizikalno-kemijska svojstva amonijevog nitrata

Amonijev nitrat ( $\text{NH}_4\text{NO}_3$ ) je bezbojna kristalna tvar bez mirisa (slika 1.). Vrlo je topljiv u vodi, a samim time i vrlo higroskopian. Njegova higroskopnost dovodi do toga da tijekom skladištenja može upiti vlagu te se stvrdnuti i zbiti. Kada se izloži pritisku ili zagrije iznad  $160^\circ\text{C}$  u blizini vatre ili kada se podvrgne jakom udaru, može postati sve nestabilniji i eksplodirati. Najviše se upotrebljava u poljoprivredi kao umjetno gnojivo te kao sastojak gospodarskih eksploziva. Nažalost, komercijalna dostupnost kao gnojiva učinila ga je privlačnim teroristima za izradu improviziranih eksplozivnih naprava.

U poljoprivredi se koristi kao gnojivo s visokim udjelom dušika (slika 2.), a također se koristi kao komponenta eksplozivnih smjesa u rudarstvu, kamenolomu i građevinarstvu (ANFO eksplozivi). Nije podložan eksploziji osim ako nije pomiješan s prahovima različitih metala, ali i tu je riječ o eksplozivnosti samo pod uvjetom da se koriste srednji detonatori. Čisti amonijev nitrat je neosjetljiv na udarce i druga mehanička naprezanja, stoga je relativno siguran za rukovanje i skladištenje.

Amonijev nitrat ( $\text{NH}_4\text{NO}_3$ ) je tvar dobivena reakcijom amonijaka s dušičnom kiselinom. Na tržištu se nalazi u obliku prozirnih kristala ili bijelog praha. Najčešće se dobiva na takav način da se u amonijevu lužinu ( $\text{NH}_4\text{OH}$ ) dodaje dušična kiselina ( $\text{HNO}_3$ ) i kad većina tekućine ishlapi i bude manje  $\text{NO}_x$  plinova, na dnu posude ostaju kristali soli koji su pri toj reakciji nastali. Višak tekućine se odlije, a novo nastala sol izvadi i posuši [7,8].



*Slika 1.: Amonijev nitrat [9].*

Amonijev nitrat se prodaje u nekoliko oblika, ovisno o upotrebi. Tekući amonijev nitrat može se prodavati kao gnojivo, općenito u kombinaciji s ureom ili se tekući amonijev nitrat može koncentrirati da se dobije talina amonijevog nitrata za upotrebu u procesima stvaranja krutih tvari.

Čvrsti amonijev nitrat može se proizvesti u obliku kuglica, zrna, granula ili kristala. Kuglice amonijevog nitrata mogu se proizvesti u obliku visoke ili niske gustoće, ovisno o koncentraciji taline. Kuglice, granule i kristali visoke gustoće koriste se kao gnojivo, dok se zrnca amonijevog nitrata koriste isključivo u eksplozivima, a čestice niske gustoće koje su mali agregati ili kuglice materijala - najčešće suhe kuglice - formirane od otopljene tekućine.



*Slika 2.:Komercijalno dostupni amonijev nitrat kao gnojivo [10]*

Za čisti amonijev nitrat (gnojivo) treba posebna poljoprivredna dozvola. Osim što se koristi za poljoprivredu, njegove soli se miješaju s tekućim eksplozivima i koristi se kao eksploziv. Dodaje mu se pijesak (dolomit) u obliku kalcija, i ostali spojevi, da bi se smanjila mogućnost od eksplozije. Eksplozivi na bazi amonijeva nitrata su najjeftiniji i najčešće su korišteni gospodarski eksplozivi [7]. Fizikalno-kemijska svojstva amonijevog nitrata prikazana su u Tablici 1.

Tablica 1. Fizikalna i kemijska svojstva amonijeva nitrata [5].

<b>Molekularna težina</b>	<b>80</b>
<b>Energija formiranja (KJ/kg)</b>	<b>-4424</b>
<b>Entalpija formiranja (KJ/kg)</b>	<b>- 4563</b>
<b>Bilanca kisika %</b>	<b>+ 19.99</b>
<b>Sadržaj dušika %</b>	<b>34.98</b>
<b>Volumen plinovitih produkata detonacije (1/kg)</b>	<b>980</b>
<b>Toplina eksplozije (KJ/kg)</b>	<b>1601</b>
<b>Gustoća (kg/m<sup>3</sup>)</b>	<b>1720</b>
<b>Talište ( °C)</b>	<b>169.6</b>
<b>Proširenje olovnog bloka ( cm<sup>3</sup>/10 g)</b>	<b>180</b>
<b>Brzina detonacije (m/s)</b>	<b>2700</b>
<b>Osjetljivost na udar ( Nm)</b>	<b>49</b>

Kao oksidirajuća tvar amonijak nitrat pripada u klasu 5., podskupinu 5.1. To su tvari koje se u dodiru s drugim tvarima razlažu i pritom lako otpuštaju kisik te mogu uzrokovati vatru [9].

Opasnosti od ove tvari su:

- Oksidiranje
- Eksplozivnost
- Otrovnost
- Opasnost od nagrizanja [2].

Pakirne skupine su skupine koje u svrhu pakiranja, pouzdano označavaju stupanj potencijalne opasnosti tvari [2]. Amonijev nitrat ubraja se u Pakirnu skupinu II., a to su tvari koje predstavljaju srednju opasnost. Listice opasnosti ili naljepnice su naljepnice koje označavaju klase opasnih tvari pri transportu ili skladištenju. Listice kojima se označavaju prijevozna sredstva su oblika romba dužine stranice najmanje 250 mm unutar kojih se nalazi ucrtan crni rub na odaljenosti od 5 mm od vanjskog ruba listice [11].

Za listice osnovne opasnosti karakterističan je broj klase u donjem dijelu. U slučaju amonijevog nitrata to je listica prikazana na slici 2.



*Slika 3.: Simbol za oksidirajuće tvari [3]*

Simbol je grafički prikaz plamena iznad prstena, crne boje na žutoj podlozi. Pokraj znaka stavlja se natpis oksidirajuće.

Znakom za oksidirajuće djelovanje (O) i simbolom označuju se otrovi koji u dodiru s drugom tvari daju jaku egzotermnu reakciju (oslobađanje topline) ili pri tome nastaju druge promjene koje povećavaju stupanj opasnosti.

Svako pakiranje mora biti označeno sa znakovima opasnosti, upozorenja i obavijesti. Znakovi opasnosti bojom i simbolom ukazuju na oksidativnost, a kao i svi ostali znakovi opasnosti narančaste je boje sa crnim znakom. Oksidansi daju drugim tvarima kisik i na taj način omogućuju gorenje, a sami ne gore. Jako je opasno ako dođu u doticaj s gorivim tvarima, npr. šećerom, brašnom, uljem i sl. Isto tako je opasno ako dođu u dodir s tekućim kiselinama [12].

Čisti amonijev nitrat može se eksplozivno razgraditi i odgovoran je za nekoliko industrijskih katastrofa, uključujući sljedeće:

- Eksplozija u Oppau, Njemačka 1921. godine.
- Katastrofa Texas Cityja u Teksasu 1947. godine
- Ryongchon katastrofa u Sjevernoj Koreji 2004. godine
- Norveški napadi na Oslo, 2011. godine
- Eksplozija West Fertilizer Company u Westu, 2013. godine
- Eksplozije u Tianjinu, 2015. godine
- Eksplozija u Bejrutu, 2020. godine.

### **3.2. Gospodarski eksplozivi koji sadrže AN**

Važno je naglasiti da skupini složenih brizantnih eksploziva pripadaju i gospodarski eksplozivi koji se rabe za lomljenje, rastresanje i usitnjavanje mineralnih sirovina i drugih materijala, rušenje građevinskih i drugih objekata te oblikovanje predmeta i materijala.

Prema konzistenciji ili agregatnom stanju gospodarske eksplozive dijelimo na:

- praškaste
- granulirane
- poluplastične
- plastične
- vodoplastične-kašaste brizantne eksplozive.

Amonijev nitrat se koristi kao komponenta mnogih eksploziva, kao što su amatoli i amonali. Međutim, u kombinaciji s loživim uljima koristi se za stvaranje relativno sigurnih ANFO eksploziva, sa svojstvima sličnim ostalim vrstama eksploziva. Kada se AN koristi za proizvodnju eksploziva, njegova poroznost je jedan od najvažnijih parametara. Ovo svojstvo povezano je s učinkovitošću materijala kao adsorbensa, što je posebno važno u slučaju mješavina AN/mineralnog ulja.

Najpoznatiju skupinu gospodarskih eksploziva čine tzv. ANFO eksplozivi koji su smjesa amonijevog nitrata i nafte (dizelsko ulje) u odnosu oko 95% i 5%. Važno je da



se mogu pripremati na licu mjesta jednostavnim miješanjem amonijevog nitrata i goriva. ANFO eksplozivi vrlo su sigurni i smataju se jednim od najsigurnijih eksploziva, a također i jednostavni i ekonomični. ANFO je tehnički jak eksploziv jer se raspada detonacijom, a ne deflagracijom i to brzinom većom od brzine zvuka u materijalu, ali niska osjetljivost znači da općenito nije reguliran kao takav.

S obzirom da je AN vrlo higroskopan, lako upija vodu iz zraka. U vlažnom okruženju, apsorbirana voda ometa njegovu eksplozivnu funkciju. S druge strane, AN je potpuno topiv u vodi te kao takav, ne može se puniti u bušotine koje sadrže stajaću vodu. Kada se koristi u vlažnim uvjetima rudarenja, potrebno je uložiti znatan napor da se ukloni stajaća voda i ugradi obloga u bušotinu; općenito je produktivnije umjesto toga koristiti vodootporni eksploziv kao što je emulzija.

Gospodarski eksplozivi su sigurni u smislu osjetljivosti na iniciranje ili mehaničke osjetljivosti na udar i trenje te toplinska djelovanja prilikom njihova transporta, skladištenja i rukovanja [4].



- Ime vlasnika ili korisnika
- Masa praznog vozila
- Najveća dopuštena ukupna masa [12].

Pritom vozilo mora biti na objema uzdužnim stranama (bočnim) i stražnjem dijelu označeno sa velikim listicama opasnosti.

Osnovna oznaka je ploča 400 x 300 mm, ploča je narančaste boje s crnim obrubom od 15 mm, ploča je vodoravno podijeljena na dva jednaka dijel crnom crtom od 15 mm, u gornjem dijelu se nalazi Kemlerov broj, a u donjem UN broj – listice opasnosti su naljepnice propisanih dimenzija, boja i brojeva kojima se dodatno obavještavaju sudionici u prometu o opasnim tvarima - listice o osnovnoj opasnosti i dodatnoj opasnosti, propisane su za određenu klasu, razlikuju se bojom i simbolom a u donjem dijelu mogu imati zvjezdicu i broj pripadajuće klase opasnosti [14].

Prijevozna jedinica mora biti označena dvjema pravokutnim reflektirajućim narančastim pločama. One moraju biti pričvršćene jedna na prednjoj strani, a druga na stražnjoj strani prijevozne jedinice okomite na uzdužnu os prijevozne jedinice i jasno vidljive ostalim sudionicima u prometu [2].

### **3.3.1. Potrebna dokumentacija za vozača opasnih tvari**

- *Certifikat o osposobljenosti vozača*

Vozači koji prevoze opasne tvari u cisternama moraju imati uza se važeći certifikat o obavljenom osposobljavanju za prijevoz opasnih tvari cisternama. S tim certifikatom mogu prevoziti opasne tvari u paketima.

- *Identifikacijski dokument s fotografijom*

Svaki član posade vozila mora imati prilikom prijevoza opasnih tvari uza se identifikacijski dokument s fotografijom. To može biti:

1. Vozačka dozvola
2. Osobna iskaznica
3. Putovnica.

### **3.2.2. Potrebna dokumentacija za vozilo**

- *Potvrde o pojedinim pregledima vozila*

Temeljem hrvatskih propisa potrebno je napraviti pojedine preglede na vozilu: [12]

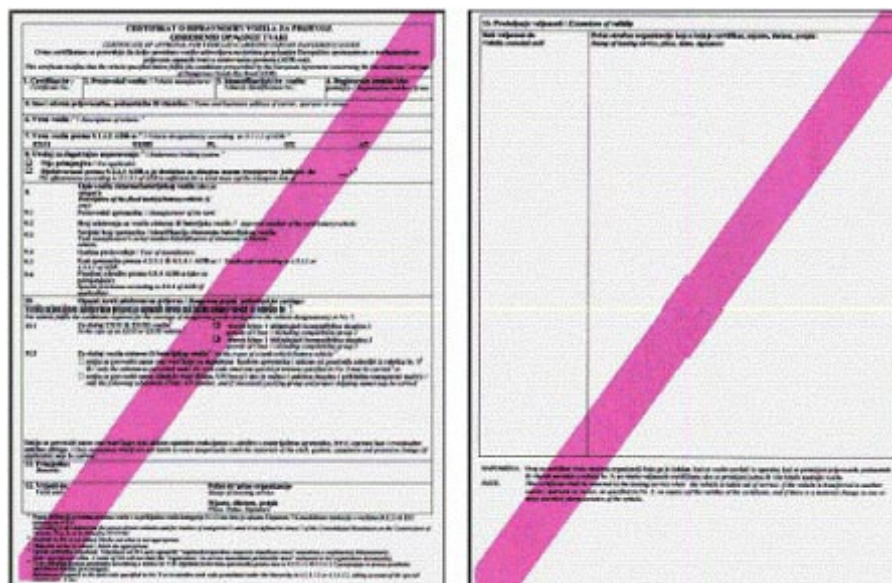
- a) Tehnički pregled vozila (jednom godišnje)
- b) Periodični pregled kočnica (jednom godišnje)
- c) Periodični pregled (svaka dva mjeseca)
- d) Pregled zaštite od statičkog elektriciteta – ako je potrebno (svakih 6 mjeseci)
- e) Pisana uputa o postupanju u slučaju nesreće
- f) Kao pomoć u nesreći prilikom izvanrednih događaja, koji se pojave ili nastanu kod prijevoza, u vozačevoj kabini na lako dostupnome mjestu mora se nalaziti uputa u pisanom obliku o postupanju u slučaju nesreće. Uputa mora biti napisana na jeziku koji razumije vozač, na 4 stranice.
- g) Tu su opisani postupci prilikom nesreće s obzirom na opasnost.
- h) Certifikat o ispravnosti vozila
- i) Certifikat izdaje ovlaštena organizacija, koja provjerava da li vozilo udovoljava odredbama ADR-a i prometno-sigurnosnim propisima. Taj zahtjev vrijedi i za priključna vozila. [10]

- *Dodatno osiguranje i odobrenje za prijevoz*

Vozila za prijevoz opasnih tvari registrirana u Hrvatskoj moraju biti dodatno osigurana za štetu nanijetu trećim osobama.

- *Certifikati o ispravnosti vozila*

Certifikati o ispravnosti vozila (slika 5.) za prijevoz određenih opasnih tvari (u daljnjem tekstu certifikati) se izdaju samo za vozila tipa EXII, EXIII, FL, OX i AT opisana ADR-om i Zakonom o izmjeni zakona o prijevozu opasnih tvari (N.N. 151/2003). Općenito možemo reći, uz rizik da budemo neprecizni, da se obveza certificiranja vozila za prijevoz opasnih roba odnosi na vozila-cisterne, vozila za prijevoz eksploziva kao i na tegljače za vuču tih vozila. Ta vozila trebaju biti podvrgnuta ispitivanju temeljem kojeg se izdaje Potvrda o ispitivanju vozila i Certifikat o ispravnosti vozila za prijevoz određenih opasnih tvari, te moraju biti podvrgnuta godišnjim pregledima kako bi se dokazala njihova sukladnost odredbama ADR-a, nacionalnim propisima, te sukladnost općim sigurnosnim propisima (kočenje, svjetlosna oprema itd.). Ako je riječ o priključnim vozilima (prikolice i poluprikolice), tada i vučna vozila moraju biti ispitana pod istim uvjetima. Certifikati će biti izdani samo za vozila kategorije N i O, koja u cijelosti odgovaraju zahtjevima ADR-a. Certifikati su bijele boje s ružičastom dijagonalnom crtom, a dimenzija 210 mm x 297 mm (A4 format). Valjanost Certifikata ističe nakon ne dulje od jedne godine nakon datuma izdavanja Certifikata. Potvrda o ispitivanju vozila i Certifikat će biti izdani od ovlaštene institucije za svako vozilo koje udovolji ispitivanju.



Slika 5.:Certifikat o ispravnosti vozila [15].

### **3.3.2. Potrebna dokumentacija za opasnu tvar**

- *Isprava o prijevozu opasne tvari*

Za prijevoz u cisterni pošiljatelj mora izdati odgovarajuću ispravu o prijevozu opasne tvari, koja mora sadržavati:

- a) Slova UN i UN broj
- b) Tehničko ime tvari (napisano velikim tiskanim slovima u popisu tvari)
- c) Listica opasnosti ( prema potrebi dodatne listice opasnosti koje se navode u zagradi)
- d) Pakirna skupina ispred koje mogu doći slova „PG“
- e) Tunelski kod s obzirom na ograničenje
- f) Ukupna količina svake opasne tvari
- g) Ime i adresa pošiljatelja
- h) Ime i adresa primatelja [12].

Isprava o prijevozu opasne tvari mora biti napisana na jeziku države pošiljatelja, a ako se opasna tvar upućuje u inozemstvo, onda i na engleskom.

### **3.3.3. Potrebna dodatna oprema za vozača i vozilo**

Vozilo mora biti opremljeno sa:

- Klinastim podmetačem za kotače
- Dva samostojeća znaka za upozorenje
- Tekućina za ispiranje očiju
- Vatrogasni aparat
- Lopata
- Posuda za sakupljanje

Svaki član posade mora imati:

- Primjereni reflektirajući prsluk ili reflektirajuću odjeću
- Jednu ručnu svjetiljku u sigurnosnoj izvedbi
- Par zaštitnih rukavica
- Zaštitu za oči [12].

### **3.3.5. Sigurnosni savjetnik u prijevozu tvari cestovnim putem**

Sigurnosni savjetnik je osoba koja ima valjano uvjerenje o stručnom osposobljavanju za obavljanje poslova vezanih uz prijevoz opasnih tvari, odnosno pakiranje, utovar i istovar povezan s tim prijevozom, a u skladu s odredbama ADR-a. Savjetnik mora posjedovati važeće Uvjerenje o stručnoj osposobljenosti za prijevoz opasnih tvari. Dužnost savjetnika može obavljati osoba koja je zaposlena u pravnoj ili kod fizičke osobe i ima druge obveze, odnosno osoba koje nije zaposlena u toj pravnoj ili kod te fizičke osobe ako je stručno osposobljena za obavljanje poslova savjetnika. Uvjerenja o stručnoj osposobljenosti savjetnika koja su izdali nadležna tijela drugih država jednako pravne su uvjerenjima izdanim u Republici Hrvatskoj, ako su izdana sukladno odredbama ADR-a. Pravne i fizičke osobe koje prevoze opasne tvari prema izuzeće ima određenim odredbama ADR-a nisu dužne imenovati savjetnika. Ministar uz suglasnost ministra nadležnog za obrazovanje propisuje program, provedbu i način stručnog osposobljavanja kao i način provjere znanja savjetnika.

Poslovi savjetnika su prvenstveno:

- a) praćenje propisa u području prijevoza opasnih tvari,
- b) nadzor nad rukovanjem opasnim tvarima u pravnoj ili fizičkoj osobi u skladu s propisima kojima se uređuje prijevoz opasnih tvari,
- c) savjetovanje uprave pravne osobe ili fizičke osobe,
- d) savjetovanje drugih zaposlenih u pravnoj i kod fizičke osobe,
- e) nadgledanje i praćenje stručne izobrazbe zaposlenih u pravnoj ili kod fizičke osobe te vođenje evidencije o njihovom osposobljavanju,
- f) provođenje odgovarajućih mjera radi sprečavanja nesreća, odnosno težih kršenja propisa

- g) donošenje odgovarajućih mjera u slučaju nesreće,
- h) sastavljanje godišnjeg izvješća i obavljanje drugih poslova.

### ***3.3.6. Sigurnost i zaštita zdravlja pri prijevozu opasnih tvari***

Svaka osoba koja se bavi radom s opasnim tvarima ili mogu doći u dodir s njima, izloženi su riziku od nezgode, koja može ugroziti sigurnost i zdravlje ljudi te onečistiti okoliš. Kako bi se smanjio rizik od nezgode poduzima se niz organizacijskih i tehničkih mjera za smanjenje prisutne opasnosti. Znanje i iskustvo su zasigurno najbitniji čimbenici u prevenciji ozlijeda, smrtnih slučajeva, velike materijalne štete, štete na ekosustavima i drugih katastrofa. Interes svakog društva je smanjiti štete i štetne posljedice na najmanju moguću mjeru. To se može postići prevencijom nezgoda, tj. utvrđivanjem i analizom potencijalnih opasnosti u svim fazama prijevoza opasne tvari. Problem i ključ sigurnosti, pri prijevozu opasnih tvari, leži u utvrđivanju i analizi opasnosti i potencijalnih opasnosti, te definiranju i klasifikaciji opasne tvari koja se prevozi. Nadalje, treba utvrditi zahtjeve za vozila koja prevoze opasne tvari, a oni moraju poštovati zakonske propise. Prijevoz opasne tvari dijelimo u tri glavne faze: ukrcaj, prijevoz i iskrcaj. Za siguran prijevoz opasnih tvari treba analizirati potencijalne opasnosti i mjere zaštite u svim fazama prijevoza [16].



### 3.3.7. Obrazac „Isprava o prijevozu opasne tvari“

Tablica 2. Primjer obrasca Isprava o prijevozu opasne tvari [2].

<b>ISPRAVA O PRIJEVOZU OPASNE TVARI</b>	
Pošiljatelj (naziv, adresa i telefonski broj) KEMIKA d.d., Heinzelova 53, Zagreb	Broj isprave: 12345678 Broj isprave o osiguranju tereta: 12345678
Rezervirano za tekst, instrukcije ili ostalo	Naziv prijevoznika ( ili njegovog predstavnika) KEMIKA d.d., Heinzelova 53, Zagreb
Vrsta prijevoza: Kopneni cestovni promet Luka ili mjesto polaska: Zagreb	Primatelj ( naziv, adresa i telefonski broj) TRADE D.D. , Riva 8, Rijeka, 051/ 222-222
Kemijski, tehnički i trgovački naziv, kemijska formula opasne tvari, klasa kojoj pripada i redni broj u toj klasi, UN broj, grupa pakiranja, plamište, donja i gornja granica eksplozivnosti, relativna gustoća, granična i kontrolna temperatura u C (kada se traži) Amonijev nitrat – emulzija, suspenzija ili gel, NH <sub>4</sub> NO <sub>3</sub> , Klasa 5.1., UN 3375, Grupa pakiranja II., 169 ° C.	Bruto težina (kg): 50  Neto težina (kg) (kada se traži)  Broj komada: 10
Dopunska informacija za radioaktivne tvari klase 7 i određene samoreaktivne i srodne tvari klase 4.1. i određenih organskih peroksida klase 5. 2.	
Izjavljuje se da je udovoljeno uvjetima propisanim za prijevoz gore navedene opasne tvari te da su prijevozniku predana pisana uputstva o posebnim mjerama sigurnosti koje se prilikom prijevoza opasne tvari trebaju poduzeti.	

<p>Potpisom članovi posade prijevoznika potvrđuju da su primili gore navedenu opasnu tvar na prijevoz i da su primili i proučili pismeno uputstvo o posebnim mjerama sigurnosti</p>	<p>Mjesto i datum</p> <p>Zagreb, 5.12.2012.</p> <p>Potpis i pečat pošiljatelja</p>
---	--

### **3.3.8. Upute o posebnim mjerama sigurnosti u slučaju nesreće s opasnom tvari**

U slučaju nesreće potrebno je osigurati prometnu površinu, upozoriti ostale sudionike u prometu te obavijestiti policiju i vatrogasce uz navođenje UN broja i oznaku opasnosti. Vozač je dužan:

- Ugasiti motor
- Prekinuti sve strujne krugove glavnim sklopkom (ako postoji)
- Osigurati vozilo parkirnom kočnicom izbjegavati izvor zapaljenje
- Pokušati ugasiti početne požare
- Spašavati ozlijeđene [2].

Pri prijevozu amonijeva nitrata, najčešća vrsta nesreća su požari. Gorenje je vrsta kemijske reakcije nazvana oksidacijom u kojoj se goriva tvar spaja s kisikom uz prisutnost izvora paljenje, pri čemu i nastaju toplina i svjetlo. U nastavku su upute o postupanju u slučaju nesreće:

- a) Ako je tvar ušla u oči, hitno isprati većom količinom vode. Nastaviti tretman do dolaska medicinske pomoći.
- b) Ukoliko je odjeća u plamenu, ugasiti obilnom količinom vode.
- c) Ukloniti slobodne dijelove odjeće, ali ne pokušavati skinuti dijelove odjeće prilijepljene uz tijelo
- d) Pokriti zahvaćene dijelove tijela s dobro navlaženim tekstilnim pokrivačem
- e) Unesrećenog hitno prevesti u bolnicu uz stalno namakanje odjeće i pokrivača
- f) Ako kontaminirana odjeća nije u plamenu, također hitno natopiti velikim količinama vode
- g) Tražiti liječničku pomoć ako bilo tko pokazuje simptome kao da su izazvani udisanjem, gutanjem ili dodiranjem s kožom ili očima [12].

#### **4. OPĆI SIGURNOSNI UVJETI ZA SKLADIŠTENJE EKSPLOZIVNIH TVARI I PREDMETA**

Eksplzivne tvari i predmeti smještaju se, čuvaju i drže u građevinama (skladištima, priručnim skladištima, spremnicima) izgrađenim za tu namjenu te odobrenim za uporabu od tijela nadležnog za građenje, a smiju se skladištiti unutar temperaturnih intervala sukladno deklaraciji proizvođača.

Svaka pravna i fizička osoba koja provodi skladištenje eksplozivnih tvari dužna je:

- a) Izraditi Elaborat o skladištenju eksplozivnih tvari, na temelju važećeg Pravilnika o uvjetima i načinu provedbe sigurnosnih mjera kod skladištenja eksplozivnih tvari (NN NN 26/09, 41/09, 41/09, 66/10), koji obuhvaća vrste i količine eksplozivnih tvari, način skladištenja i rada te primijenjene mjere zaštite.
- b) Izraditi Plan intervencije u zaštiti okoliša za slučaj incidenta u skladištu, sukladno uputama iz Plana intervencije u zaštiti okoliša (NN 82/99.).
- c) Provjeravati ispravnost ugrađenih električnih uređaja (instalacija, gromobrana i dr.), opreme i antistatik površina uz:
  - ispitivanje od strane ovlaštene osobe jednom godišnje
  - tehnički nadzor od strane Agencije za prostore ugrožene eksplozivnom atmosferom svake 3 godine.
- d) Donijeti Pravilnik o rukovanju eksplozivnim tvarima na siguran način (način rada, posebne mjere zaštite na radu, postupanje u slučaju incidenta, korištenje zaštitnih sredstava i opreme, sredstava za gašenje požara te pružanje prve pomoći pri ozljeđivanju). Svi zaposlenici koji rukuju eksplozivnim tvarima trebaju pisano potvrditi da su upoznati sa sadržajem Pravilnika.
- e) Izraditi program i održavati vježbe za zaposlenike koji rade u skladištu ili su u neposrednoj blizini skladišta eksplozivnih tvari (najmanje jednom godišnje u trajanju od 6 sati), radi osposobljavanja za:
  - korištenje zaštitnih sredstava i opreme
  - korištenje aparata i drugih sredstava za gašenje požara
  - pružanje zdravstvene skrbi i postupanje s eventualno ozljeđenim osobama

Skladišta moraju odgovarati općim uvjetima glede:

- a) sigurnosne udaljenosti
- b) otpornosti na požar
- c) otpornosti na streljivo
- d) ugrađene opreme, materijala i izvedbe na način da se spriječi pojava unutarnjeg i vanjskog iskrenja
- e) mogućnosti prirodnog ili prisilnog provjetravanja
- f) zaštićenosti od provale i krađe
- g) zaštićenosti od vremenskih utjecaja (oborine, atmosferska pražnjenja i sl.)
- h) opremljenosti odgovarajućim sredstvima za gašenje početnih požara (broj, količina, vrsta i raspored).
- i) Osim općih uvjeta iz stavka 3. ovog članka, skladišta moraju ispunjavati i posebne uvjete s obzirom na njihovu izvedbu [17].

#### **4.1. Tehničke mjere i uvjeti skladištenja amonijeva nitrata**

Glavni nedostatak amonijevog nitrata je njegova velika osjetljivost na vlagu zbog higroskopnosti. Stabilan je pri sobnoj temperaturi, no brzo se raspada pri temperaturama iznad 210°C. Raspadom amonijevog nitrata nastaju toksični plinovi kao što su amonijak i NO<sub>2</sub> koji u kombinaciji s kisikom mogu inicirati eksploziju. Iz amonijevog nitrata zahvaćenog požarom može nastati talina amonijevog nitrata koja uzrokuje toplinske i kemijske opekline kože.

Kako bi se osiguralo sigurno skladištenje amonijevog nitrata bitno je fokusirati se na najveće opasnosti i njima povezanim mjerama kontrole sigurnog skladištenja. Opasnosti od AN prema redoslijedu važnosti – od najveće opasnosti od eksplozije do najmanje značajne opasnosti za zdravlje – navedene su kako slijedi:

- a) opasnost od eksplozije
- b) opasnost od reakcije – AN je oksidirajuća tvar i opasno reagira s mnogim materijalima potencijalno uzrokujući požare i eksplozije
- c) opasnost od toksičnih plinova – razgradnje na visokim temperaturama razvijaju amonijak, pare dušične kiseline i dušikov dioksid

- d) opasnost za okoliš – AN je dušično gnojivo i može izazvati cvjetanje algi i eutrofikaciju kopnenih i obalnih voda
- e) opasnost po zdravlje – AN je umjereno toksičan pri gutanju, kao i svi anorganski nitrati. Kontakt s kožom dovodi do iritacije kože.

Ako je amonijev nitrat direktno izložen požaru, osjetljivost na eksploziju nastale taline koja se raspada, opasno se povećava s porastom temperature i dodatno se povećava:

- a) ako je AN nečist ili se talina miješa s onečišćivačima i/ili gorivima i/ili
- b) ako rastaljeni AN ostane zatvoren u odvodima, cijevima, postrojenjima ili strojevima i plinovi raspadanja ne mogu slobodno izaći.

AN koji se raspada također može eksplodirati ako se na vruću talinu djeluje mehaničkim udarom. Požari koji su nastali u blizini ili u skladištima amonijevog nitrata uzrokovali su eksplozije, pa tako AN ima dugu povijest uključenosti u slučajne eksplozije, najčešće kao rezultat nekontroliranog požara zbog prisutnosti zapaljivih tvari [18].

### **4.1.1. Skladišta amonijevog nitrata**

Sve mjere kontrole rizika skladištenja amonijevog nitrata mogu se grupirati prema jednom od sljedećih šest načela sigurnog skladištenja:

1. Spriječiti utjecaj vanjskih požara na AN uklanjanjem svih zapaljivih materijala i izvora paljenja iz blizine AN. Ovo je najvažnije od šest načela.
2. Očuvati čistoću AN i spriječiti miješanje nekompatibilnih materijala s AN. Za sve tvari mora se sumnjati da su nekompatibilne osim ako se zna da su kompatibilne; stoga su obično potrebne namjenske zgrade za skladištenje AN-a.
3. Zaštititi od krađe i sabotaze sprječavanjem neovlaštenog pristupa mjestu skladištenja.
4. Ne skladištiti i ostavljati rastaljeni AN koji se raspada. Pobriniti se da plinoviti produkti raspadanja mogu slobodno izlaziti osiguravajući prirodnu ventilaciju, usmjeriti protok rastaljenog AN prema vanjskoj strani zgrade i spriječiti protok da uđe u zatvorene odvode i prostore.
5. Provesti sigurnosne udaljenosti kako bi smanjili posljedice eksplozije u obližnjim mjestima:
  - (i) mjesto skladištenja treba biti odvojeno od izloženih mjesta ili zaštićenih objekata minimalnim sigurnosnim udaljenostima
  - (ii) AN treba podijeliti u dovoljno odvojene hrpe kako bi se spriječila simpatička detonacija između hrpa i smanjile posljedice eksplozije.
6. Pripremiti plan za hitne slučajeve specifičan za lokaciju, vježbati evakuaciju ljudi i osigurati da se oprema za gašenje požara održava u dobrom stanju i održava u skladu s važećim zakonima i pravilnicima [18].

Unaprijed zapakirani amonijev nitrat može se skladištiti u skladištima (slika 7.), šupama ili na otvorenim mjestima (slika 6.). Nezapakirani amonijev nitrat može se skladištiti u skladištima.

Zabranjeno je skladištenje nepakiranog amonijevog nitrata na otvorenom.



*Slika 6.:Skladištenje zapakiranog amonijevog nitrata na otvorenom [18].*

Osnovni uvjeti skladištenja amonijevog nitrata u skladištima su sljedeći:

- a) Skladišta moraju biti zatvorena, natkrivena, suha, prozračena i čista.
- b) Skladišni prostor mora biti jednokatna zgrada, bez podruma i polusuterena.
- c) Skladišta amonijevog nitrata moraju biti izgrađena od nezapaljivih materijala.
- d) Pod skladišta u kojem se nalazi amonijev nitrat mora biti od negorivog materijala, odnosno betona, bez bitumenskih spojeva i prijelaza.
- e) Ne smije biti unutarnjih rupa, utora ili kanala.
- f) Držati dalje od nekompatibilnih materijala, vrućine, vlage i izravne sunčeve svjetlosti.
- g) Proizvod se ne smije skladištiti na temperaturi većoj od 55 °C. Postoji li potreba skladištenja iznad navedene temperature, potrebno je izvršiti procjenu rizika.
- h) Ne parkirati vozila u zgradi/prostoru za skladištenje osim za potrebe utovara ili istovara i ne ostavljati motor upaljen.
- i) Osigurati da su slogovi vreća ili hrpe udaljeni najmanje jedan metar od krovne potporne grede ili rasvjetnih instalacija.
- j) Svaki slog treba imati dovoljno širok prolaz za pristup vozila kako bi se olakšalo uklanjanje u hitnom slučaju.



Amonijev nitrat je higroskopan, tako da može apsorbirati vlagu iz zraka kada se skladišti u nepakiranoj hrpi. Moraju se poduzeti odgovarajuće mjere za zaštitu amonijevog nitrata od vlage prekrivanjem hrpa amonijevog nitrata vodonepropusnim filmom. Vrata takvog skladišta trebaju biti zatvorena što je više moguće.

Materijali koji su termalnostabilni i za koje je poznato da ne reagiraju s amonijevim nitratom (npr. diamonijev fosfat - DAP, natrijev nitrat, vapnenac i KAN gnojiva) mogu se skladištiti u istom prostoru za skladištenje kao AN gnojiva.

Ako se urea skladišti u istoj zgradi s gnojivima na bazi amonijevog nitrata, organizirati skladište tako da se ovi proizvodi ne mogu međusobno kontaminirati ili djelovati u slučaju požara [19].



*Slika 7.:Skladištenje amonijevog nitrata u zatvorenom prostoru [20].*

Amonijev nitrat mora se skladištiti kako bi se izbjegao kontakt sa zapaljivim tvarima, jakim kiselinama, metalnim solima, oksidacijskim sredstvima itd. Nekompatibilan je sa sljedećim materijalima uključujući:

- a) Zapaljive tekućine kao što su benzin, dizel, ulja, masti, boje i organski materijal.
- b) Zapaljive krutine.
- c) Metali u prahu, alkalijski metali, cink ili pocinčano željezo, bakar ili bakrene legure.
- d) Organske kemikalije, kiseline, lužine i drugi korozivni materijali.
- e) Komprimirani zapaljivi plinovi.

f) Pesticidi na bazi ulja

g) Zagađujući materijali uključujući NaOH, cement, drveni ugljen, riblje ulje, pjenastu gumu, naftalin, biljna ulja i druga ulja za sušenje.

Amonijev nitrat ne smije se skladištiti u istoj zgradi s nekompatibilnim materijalima. Rizik od požara ili eksplozije povećava se ako se amonijev nitrat pomiješa sa zapaljivim ili nekompatibilnim materijalima.

Ono što je itekako važno je da se amonijev nitrat nikako ne smije skladištiti u blizini eksploziva [21].

## **5. EKSPLOZIJA SKLADIŠTA AMONIJEVOG NITRATA U BEJRUTU 2020. GODINE**

Libanon, zemlja s višim srednjim dohotkom, nalazi se na Sredozemnom moru. Luka Bejrut glavna je ulazna točka Libanona u njegov glavni grad Bejrut sa svojim strateškim geografskim položajem na spoju triju kontinenata: Europe, istočne Azije i Afrike. Luka Bejrut je jedna od najvećih luka na Bliskom istoku, regionalno središte koje osigurava veliki uvoz za regiju istočnog Sredozemlja uključujući Siriju, Jordan, Irak i države Perzijskog zaljeva. Prostire se na površini od 1,2 km<sup>2</sup> s terminalima za putnike, teret i kontejnere, uz silos za žitarice i bescarinsku zonu. Opći teretni prostor prije eksplozije obuhvaćao je 12 skladišta.

Teret od 2750 tona amonijevog nitrata (što odgovara oko 1,1 kilotona TNT -a) bio je pohranjen u skladištu bez odgovarajućih sigurnosnih mjera i to punih šest godina nakon što su ga libanonske vlasti zaplijenile s napuštenog broda MV Rhosus .

Priča o dolasku Rhosusa, broda pod moldavskom zastavom, u luku Bejrut u studenom 2013. koji nosi 2750 tona amonijevog nitrata visoke gustoće je sljedeća. Brod je bio na putu za Mozambik; ušao je u bejrutsku luku kako bi utovario seizmičku opremu koju je potom trebao isporučiti u Jordan prije nego što je otputovao u Mozambik; vlasnik broda bio je ruski državljanin Igor Grečuškin; a vlasnik amonijevog nitrata koji se nalazio na brodu, Savaro Limited, kompanija za trgovinu kemikalijama u Ujedinjenom Kraljevstvu.

Amonijev nitrat je s broda iskrcao u hangar 12 u bejrutskoj luci 23. i 24. listopada 2014. godine [22].

Nakon desetljeća lošeg upravljanja vlade i korupcije u bejrutskoj luci, 4. kolovoza 2020. jedna od najvećih nenuklearnih eksplozija u povijesti uništila je luku i oštetila više od pola grada. Eksplozija je nastala uslijed detonacije 2750 tona amonijevog nitrata, zapaljivog kemijskog spoja koji se obično koristi u poljoprivredi kao gnojivo s visokim udjelom nitrata, ali se također može koristiti za proizvodnju eksploziva.

Hangar 12 (slika 8.) je bilo skladište namijenjeno opasnim i zapaljivim materijalima. U vrijeme eksplozije, amonijev nitrat je navodno bio uskladišten uz kerozin, klorovodičnu kiselinu, 23 tone vatrometa, 50 tona amonijevog fosfata i 5 smotaka sporogorećeg detonirajućeg užeta.

U 17:55 u utorak 4. kolovoza 2020., izbio je nekontrolirani požar u skladištu vatrometa u Hangaru 12. Bejrutska vatrogasna postrojba poslala je tim od devet vatrogasaca i bolničara na mjesto događaja, međutim tim nije uspio obuzdati vatru. Početna eksplozija, oko 18:07, vjerojatno izazvana pohranjenim vatrometom, teško je oštetila Skladište 12 snagom ekvivalentnom oko 1,5–2,5 tona TNT-a. Druga eksplozija, 33 do 35 sekundi kasnije, bila je mnogo snažnija i osjetila se u sjevernom Izraelu i na Cipru, 240 kilometara daleko.

U rujnu 2020. New York Times je izvijestio: "Vreće s amonijevim nitratom bile su nasumično nagomilane u blizini goriva i osigurača te na vrhu nekih vatrometa." Objekt nije bio primjereno čuvan. Skladištenje amonijevog nitrata u bejrutskoj luci i blizina skladišta stambenim područjima također su bili u suprotnosti sa standardima sigurnog skladištenja i rukovanja. Smjernice AMAT-a navode da hrpe amonijevog nitrata ne smiju biti više od dva metra visoke i tri metra široke, a trebaju postojati najmanje jedan metar široki prolazi između gomila amonijevog nitrata i između gomile i zidova skladišne zgrade. AMAT je procijenio da je na temelju količine amonijevog nitrata u bejrutskoj luci najbliža naseljena zgrada trebala biti udaljena 2292 metra, umjesto 480 metara koliko je bilo. Prema standardima UK-a, hrpe amonijevog nitrata moraju biti ograničene na 300 tona s najmanje jednim metrom između hrpa. Australški standardi navode da hrpe mogu biti teške 500 tona, ali trebaju biti udaljene 890 metara od najbližih stambenih zgrada [22].



*Slika 8.: Hangar 12 u bejrutskoj luci [22].*

### **5.1. Posljedice eksplozije u luci Bejrut**

U eksploziji u Bejrutu poginulo je 218 ljudi, uključujući državljane Libanona, Sirije, Egipta, Etiopije, Bangladeša, Filipina, Pakistana, Palestine, Nizozemske, Kanade, Njemačke, Francuske, Australije i Sjedinjenih Država. Ranjeno je 7000 ljudi, od kojih je najmanje 150 zadobilo tjelesni invaliditet te prouzročio neopisivu psihološku štetu.

U eksploziji je oštećeno 77.000 stanova, nakon čega je raseljeno preko 300.000 ljudi. Život je izgubilo najmanje troje djece u dobi od 2 do 15 godina. Za 31 dijete je bilo potrebno bolničko liječenje, 1.000 djece je ozlijeđeno, a 80.000 djece ostalo je bez doma. Eksplozija je zahvatila 163 javne i privatne škole i učinila polovicu bejrutskih zdravstvenih centara nefunkcionalnim, a utjecala je i na 56 posto privatnih tvrtki u Bejrutu. Došlo je do velike štete na infrastrukturi, uključujući promet, energiju, vodoopskrbu i kanalizaciju, te komunalne usluge s ukupnim gubicima od 390 do 475 milijuna USD. Prema podacima Svjetske banke, eksplozija je uzrokovala materijalnu štetu od 3,8 do 4,6 milijardi dolara [22]. Na slici 9. prikazani su silosi koji su se nalazili u blizini skladišta 12.



*Slika 9.: Izgled silosa u luci Bejrut nakon eksplozije [23].*

Eksplorzija u Beirutu izazvala je snažnu eksploziju koja je proizvela krater širine 140 m i potres magnitude 3,3 po Richteru. Eksplozija je također rezultirala ispuštanjem plina amonijaka i dušikovih oksida u zrak (Slika 10.), uz potencijalno opasne toksične tvari iz drugih materijala koji su se također mogli zapaliti kao posljedica eksplozije. Plin amonijak i dušikovi oksidi štetni su za okoliš kao i za dišni sustav. Crveno-narančastu boju dima uzrokovao je dušikov dioksid,  $\text{NO}_2$ , produkt razgradnje AN. Crveno-narančasti oblak je nakratko bio okružen bijelim oblakom kondenzacije.

Eksplorzija u Beirutu proizvela je ogromne bijele i tamnosmeđe pare koje su prekrile veliki dio grada. Emisija iritirajućih bijelih para i smeđih para karakteristična je za vrijeme razgradnje amonijevog nitrata.

U zatvorenom prostoru, AN se potpuno razgrađuje dopuštajući reakciju četiriju plinova u stvaranje vodene pare, dušika i otrovnih smeđih para koje se uglavnom sastoje od dušikovih oksida ( $\text{NO}_x$ ). Najopasniji  $\text{NO}_x$  su dušikov oksid (NO) i dušikov dioksid ( $\text{NO}_2$ ).  $\text{NO}_2$  je teži od zraka, stoga izloženost može dovesti do gušenja. Miris daje otvoreno upozorenje za akutno izlaganje. U usporedbi s odraslima, izložena djeca mogu primiti veće doze  $\text{NO}_2$  zbog veličine tijela i blizine tla te velike površine pluća [21].



*Slika 10.: Plinovi nastali u eksploziji skladišta 12 u luci Bejrut [24]*

Najveći dijagnostički izazov za bolničke kliničare na svim razinama skrbi nakon katastrofe bilo je suočavanje s velikim brojem žrtava i višestrukim prodornim ozljedama. Unatoč aktiviranju bolničkog plana za slučaj katastrofe, pacijenti su dolazili u mnogo većem obimu od onoga što bolnički resursi i kapaciteti mogu primiti. Elektronički zdravstveni sustavi nisu uspjeli prihvatiti val pacijenata. Ogroman porast ozljeda spriječio je formalno dokumentiranje kartona pacijenata; mnogi ozlijeđeni i umrli nisu identificirani.

Gotovo svi zaposlenici bejrutske luke zajedno s vatrogascima raspoređenim na mjestu eksplozije odmah su umrli uslijed teških ozljeda. Stanovnici Beiruta patili su od višestrukih mehanizama ozljeda u radijusu od 6 milja od epicentra i bili su pogođeni oblakom amonijaka i dušikovih oksida.

Prijavljene ozljede u skladu su s klasifikacijom ozljeda od eksplozije Centra za kontrolu i prevenciju bolesti (CDC) i klasificirane su kao:

- Primarna ozljeda ili barotrauma

Žrtve su uglavnom patile od oštećenja pluća i puknuća oka/bubnjića zbog valova prepresuriranosti i podtlaka eksplozije.

- Sekundarna ozljeda



Žrtve su zadobile duboke penetrirajuće ozljede, traumatske ozljede mozga i intrakranijalno krvarenje, te amputacije ekstremiteta uzrokovane odbačenim krhotinama.

- Tercijarna ozljeda

Žrtve su pretrpjele traumatske ozljede uha/oka, slomljene/amputirane ekstremitete i potres mozga zbog strukturalnog kolapsa i udarnog vala vjetra koji je pomaknuo žrtve dovodeći do sudara tijela, ubrzanja glave i ozljeda.

- Kvarterna ozljeda

Žrtve su pretrpjele trovanje i toplinske opekline zbog trovanja plinom i požara. Iako je ograničen broj pacijenata zadobio opekline, pretpostavlja se da je većina opečenih umrla po dolasku u hitni bolnički prijem [25].

## **5.2. Postupanja nakon eksplozije**

Procjenjuje se da je uništenje luke stvorilo do 800.000 tona građevinskog otpada i otpada od rušenja koji je vjerojatno sadržavao i opasne kemikalije koje su mogle oštetiti zdravlje izravnim izlaganjem ili kontaminacijom tla i vode (slike 11. i 12.).

Program Ujedinjenih naroda za razvoj (UNDP) procijenio je da će troškovi čišćenja okoliša uzrokovanog eksplozijom biti preko 100 milijuna dolara. [22]

Dokazi nakon provedene istrage, kao što je trenutno poznato, postavljaju pitanja o tome je li amonijev nitrat bio namijenjen Mozambiku kao što je navedeno u otpretnim dokumentima Rhosusa ili je Beirut bio ciljano odredište za amonijev nitrat.

Trenutačno dostupni dokazi također pokazuju da su postupci i propusti libanonskih vlasti stvorili nerazumnu opasnost po život svih građana Bejruta. Prema međunarodnom pravu o ljudskim pravima, propust države da djeluje kako bi spriječio predvidive opasnosti po život je kršenje prava na život. [25]

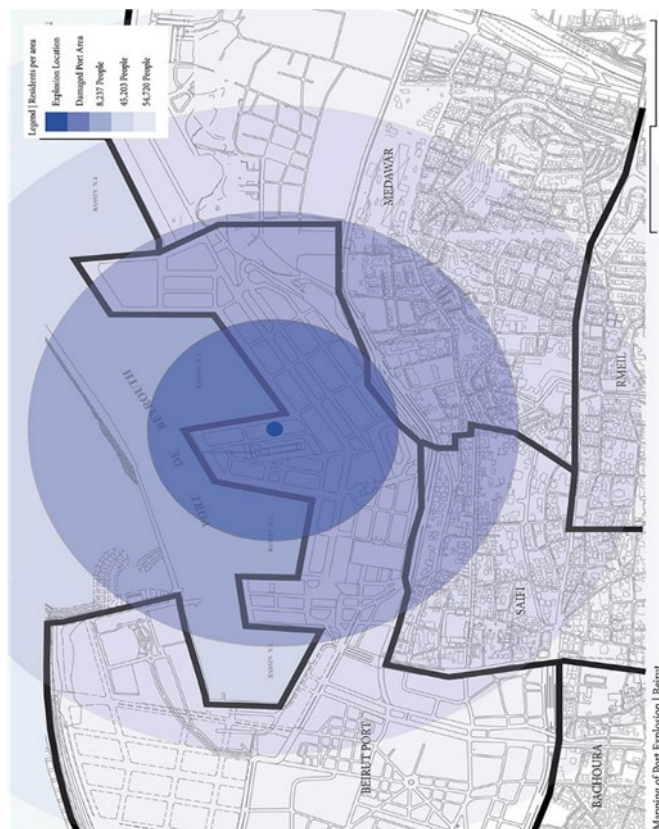
Osim toga, dokazi snažno upućuju na to da su neki vladini dužnosnici predvidjeli smrt koju bi prisutnost amonijevog nitrata u luci mogla izazvati i prešutno prihvatili rizik od



mogućih posljedica. Prema libanonskom zakonu, to bi moglo predstavljati kazneno djelo ubojstva s vjerojatnom namjerom i/ili nenamjernog ubojstva. To također predstavlja kršenje prava na život prema međunarodnom pravu o ljudskim pravima.



*Slika 11.:Satelitska slika prije i nakon eksplozije u luci Bejrut [26].*



Slika 12.:Prikaz radijusa štete na području Bejruta [26].

### 5.3. Utjecaj eksplozije na okoliš

Osim štetnih i toksičnih plinova poput amonijaka i dušikovih oksida, eksplozija u Bejrutu također je proizvela i velike količine lebdećih čestica koje su danima ostale lebjeti u zraku. Emitirane lebdeće čestice (PM) mogu se sastojati od sulfata, nitrata, amonijaka, natrijevog klorida, ugljika i mineralne prašine. Također podrazumijevaju i složenu mješavinu organskih i anorganskih tvari suspendiranih u zraku. Emitirane čestice promjera od oko 10 mikrona ili manje (PM<sub>10</sub>) sadrže prašinu nastalu rušenjem građevina koja može utjecati na gornje dišne puteve. One promjera 2,5 mikrona ili manje (PM<sub>2,5</sub>) oslobađaju se iz materijala izgaranjem, odnosno izgaranjem goriva. Takve lebdeće čestice mogu se proširiti u alveolarnu regiju pluća i mogu ući u krvotok, uzrokujući dugoročnu zabrinutost za javno zdravlje. Dugotrajna izloženost česticama PM<sub>2,5</sub> koje se mogu udisati povećava rizik od kardiopulmonalnog morbiditeta i mortaliteta.

Nastali otrovni oblaci raspršeni su u roku od 24 sata, štoviše otpušteni su u atmosferu ispod granica koje su se mogle detektirati. Otrovnna prašina se taložila na svim dostupnim vanjskim površinama i taložila na tlu u područjima niz vjetar od luke i mogla je ponovno biti raspršena u zraku tijekom aktivnosti koje su uslijedile čišćenjem i gradnjom nakon eksplozije.

Amonijev nitrat kao što je već rečeno je gnojivo za biljke s niskom toksičnošću za vodeni svijet i visoko je biorazgradiv, stoga se ne očekuje da se bioakumulira ili akumulira u svom izvornom obliku, osobito zato što se većina amonijevog nitrata razgradila u eksploziji . S druge strane, uočene oborine 5-og dana nakon eksplozije mogle su usmjeriti ponovno suspendirane čestice da otječu u vodoopskrbni sustav, pa tako utjecaj na kvalitetu pitke vode i potencijalno pogođena tla zahtijevaju daljnja istraživanja [25].

## 6. ZAKLJUČAK

Kemijske eksplozije uzrokuju velike katastrofe i masovne civilne žrtve. Kroz povijest su kemijske eksplozije, posebice one uzrokovane amonijevim nitratom, uzrokovale tragedije s razornim ljudskim i infrastrukturnim gubicima. Posljednja mirnodopska eksplozija amonijevog nitrata u Bejrutu kategorizirana je kao treća najrazornija eksplozija svih vremena nakon nuklearnog bombardiranja Hirošime i Nagasakija u Drugom svjetskom ratu.

Eksplozivni nadzvučni tlak i toplinski val odnijeli su živote 218 ljudi i ozlijedili više od 7000, uz ogromnu štetu na obližnjim gusto naseljenim stambenim i komercijalnim područjima. Na primjeru eksplozije u Bejrutu moguće je utvrditi brojne ljudske propuste koji se prvenstveno odnose na nepropisno i neadekvatno skladištenje potencijalno opasne i eksplozivne tvari kao što je amonijev nitrat, a same posljedice eksplozije ne samo da su imale pogubne učinke na ljude već je došlo i do značajnog razaranja i onečišćenja okoliša. Rad s opasnim tvarima, posebice s potencijalnim eksplozivima, a ponajviše njihovo skladištenje zahtijeva visok stupanj pripremljenosti i pripravnosti zbog nepredvidive prirode takvih tvari. U ovom slučaju nepropisnim skladištenjem velike količine amonijevog nitrata (2750 tona) napravljeni su mnogi tehnički i pravni propusti, a prekršena su i ljudska prava i prava na život.

Kod prijevoza i skladištenja opasnih tvari prvenstveno je potrebno pojačati kontrole i nadzor u sklopu preventivnih mjera u sprječavanju teških incidenata i kriznih situacija. Također je potrebno povećati i novčane kazne za nepridržavanje mjera i ugrožavanje života kao primjer za buduće prekršitelje.

## 7. LITERATURA

1. Prijevoz opasnih tvari u cestovnom prometu – ADR, <https://mmpi.gov.hr/promet/cestovni-promet-124/prijevoz-opasnih-tvari-u-cestovnom-prometu-adr/12546> , pristupljeno 19.11.2023.
2. Mekovec I., Osnove prijevoza opasnih stvari cestom, Tisak & Design,Zagreb, 2003.
3. Pravilnik o uvjetima i načinu proizvodnje eksplozivnih tvari, [https://narodne-novine.nn.hr/clanci/sluzbeni/2009\\_05\\_55\\_1270.html](https://narodne-novine.nn.hr/clanci/sluzbeni/2009_05_55_1270.html) , pristupljeno 11.06.2023.
4. Pavelić, Đ. Sigurna primjena eksploziva. Sigurnost: časopis za sigurnost u radnoj i životnoj okolini, (2010), 52 [1], 73-76.
5. Pleše, M.: Fizika i kemija eksplozivnih tvari, MORH, Zagreb, 2008.
6. Opasne tvari, [https://www.vatrogasni-portal.com/articles.php?article\\_id=70](https://www.vatrogasni-portal.com/articles.php?article_id=70), pristupljeno 11.06.2023.
7. DR.James G. Speight, *Industrial Inorganic chemistry*, [Environmental Inorganic Chemistry for Engineers](#), 2017.
8. Daily Mail, <https://www.dailymail.co.uk/news/article-8603817/Beirut-explosives-carried-scrap-cargo-ship-reports-say.html>, pristupljeno: 23.08.2023.
9. Puntomarinero, URL: <https://hr.puntomarinero.com/ammonium-nitrate-properties-preparation-use/>  
Pristupljeno 16.04.2024.
10. Petrokemija Kutina: Jednostavna dušična, dušično sumporna i kalijeva gnojiva;  
URL: <https://petrokemija.hr/hr-hr/Proizvodi-i-usluge/Gnojiva/Jednostavna-dusicna-i-kalijeva-gnojiva/ArticleId/1084/oamid/464>  
Pristupljeno: 16.04.2024.
11. Kaučić, N. i dr., Prijevoz opasnih tvari, ZIRS, Zagreb, 2002.
12. Baraba G., Prijevoz opasnih tvari u cestovnom prometu 2011 ZIRS, Zagreb, 2011.

13. Convoy.hr., <https://www.convoy.hr/>, pristupljeno 23.08.2023.
14. Sigurnost i zaštita zdravlja pri prijevozu opasnih tvari, <https://hrcak.srce.hr/file/63998> , pristupljeno 19.11.2023.
15. Prometna zona, <https://www.prometna-zona.com/adr/> pristupljeno 25.08.2023.
16. Sigurnost i zaštita zdravlja pri prijevozu opasnih tvari, URL:<https://hrcak.srce.hr/file/63998> ;pristupljeno 12.01. 2024.
17. Narodne novine, Pravilnik o <https://www.zakon.hr/cms.htm?id=29321> , pristupljeno 12.01.2024.
18. Department od Energy, Mines, Industry Regulation and Safety, URL: <https://www.dmp.wa.gov.au/Dangerous-Goods/Applying-for-a-security-risk-5484.aspx> , pristupljeno 12.01.2024.
19. Sigurnosno tehnički list za amonijev nitrat, Petrokemija Kutina, 2020. <https://www.google.com/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=&ved=2ahUKEwjjk7adhOKEAxXWygIHHX07DsMQFnoECA4QAQ&url=https%3A%2F%2Fpetrokemija.hr%2FLinkClick.aspx%3Ffileticket%3DhpROLdXri4A%253D%26tabid%3D64%26portalid%3D0%26mid%3D524&usq=AOvVaw3YkYJ4lvZYhAE2c96q1Wru&opi=89978449>, pristupljeno 20.02. 2024.
20. Imadeself: Amonijev nitrat (amonijev nitrat): karakteristike, marke, način nanošenja pod biljke, opasnost od eksplozije; URL: <https://hrn.imadeself.com/ovoshchi/ammiachnaya-selitra-sostav.html>  
Pristupljeno: 16.04.2024.
21. Archem, Storage and handling conditions of Ammonium Nitrate, <https://archemco.com/2023/11/03/storage-and-handling-conditions-of-ammonium-nitrate/> , pristupljeno 20.02. 2024.
22. Human rights watch, “They Killed Us from the Inside”, <https://www.hrw.org/report/2021/08/03/they-killed-us-inside/investigation-august-4-beirut-blast> , pristupljeno 17.7.2023.

23. Arab Center Washington DC: Libanon se b ori da pokupi dijelove nakon eksplozije u luci Bejrut., URL: <https://arabcenterdc.org/resource/lebanon-struggles-to-pick-up-the-pieces-after-the-beirut-port-explosion/>  
Pristupljeno: 16.04.2024.
24. I serve: Članak na blogu: Eksplozija u Bejrutu i posljedice- studentska inicijativa, URL: <https://bhs.edu.lb/news/blog-article-beirut-explosion-and-aftermath-student-initiative/>  
Pristupljeno: 16.04.2024.
25. Samar Al-Hajj, Hassan R. Dhaini, Stefania Mondello, Haytham Kaafarani, Firas Kobeissy, DePalma, R.G.; Beirut Ammonium Nitrate Blast: Analysis, Review, and Recommendations, Front. Public Health, 04 June 2021, <https://doi.org/10.3389/fpubh.2021.657996>.
26. Frontiers, Beirut Ammonium Nitrate Blast: Analysis, Review, and Recommendations, <https://www.frontiersin.org/articles/10.3389/fpubh.2021.657996/full> , pristupljeno 18.07.2023.

## 1. PRILOZI

Slika 1.: Amonijev nitrat [9] .....	10
Slika 2.:Komercijalno dostupni amonijev nitrat kao gnojivo [10] .....	11
Slika 3.:Simbol za oksidirajuće tvari [3] .....	13
Slika 4.:Prijevoz amonijeva nitrata [11].....	16
Slika 5.:Certifikat o ispravnosti vozila [15]. .....	19
Slika 6.:Skladištenje zapakiranog amonijevog nitrata na otvorenom [18].....	30
Slika 7.:Skladištenje amonijevog nitrata u zatvorenom prostoru [20].....	31
Slika 8.:Hangar 12 u bejrutskoj luci [22]. .....	35
Slika 9.:Izgled silosa u luci Bejrut nakon eksplozije [23] .....	36
Slika 10.:Plinovi nastali u eksploziji skladišta 12 u luci Bejrut [24] .....	37
Slika 11.:Satelitska slika prije i nakon eksplozije u luci Bejrut [26].....	39
Slika 12.:Prikaz radijusa štete na području Bejruta [26].....	40



## 1.1. *Popis tablica*

Tablica 1. Fizikalna i kemijska svojstva amonijeva nitrata [7] .....	12
Tablica 2. Isprava o prijevozu opasne tvari [2].....	23