



UNIVERZITET U NOVOM SADU

FAKULTET TEHNIČKIH NAUKA



**UTICAJ KARAKTERISTIKA
ŽIVOTNE SREDINE NA
IZLOŽENOST RANJIVE
POPULACIJE PRILIKOM
OSLOBAĐANJA AMONIJAKA U
AKCIDENTNOJ SITUACIJI**

DOKTORSKA DISERTACIJA

Mentor:

vanr. prof. dr Maja Petrović

red. prof. dr Srđan Popov

Kandidat:

Jovana Bondžić

Novi Sad, 2023. godine

КЉУЧНА ДОКУМЕНТАЦИЈСКА ИНФОРМАЦИЈА¹

Врста рада:	Докторска дисертација
Име и презиме аутора:	Јована Бонцић
Ментор (титула, име, презиме, звање, институција)	др Маја Петровић, ванредни професор, Факултет техничких наука, Нови Сад др Срђан Попов, редовни професор, Факултет Техничких наука, Нови Сад
Наслов рада:	Утицај карактеристика животне средине на изложеност рањиве популације приликом ослобађања амонијака у акцидентној ситуацији
Језик публикације (писмо):	Српски (латиница)
Физички опис рада:	Унети број: Страница: 125 Поглавља: 6 Референци: 115 Табела: 25 Слика: 57 Графикона: 0 Прилога: 0
Научна област:	Инжењерство заштите животне средине и заштите на раду
Ужа научна област (научна дисциплина):	Инжењерство заштите животне средине
Кључне речи / предметна одредница:	загађење ваздуха, амонијак, токсичне хемијске супстанце, акциденти, управљање ризиком од катастрофалних догађаја
Резиме на језику рада:	Истраживање спроведено у докторској дисертацији процењује изложеност особа са инвалидитетом и животне средине утицају амонијака у случају остварења саобраћајне несреће приликом транспорта наведене супстанци. Предложена је интегрисана метода за процену ризика од идентификованог проблема са фокусом на варијабле животне средине и варијабле изазване људским фактором са значајним утицајем на магнитуду хазарда. За потребе верификације методе спроведена је студија случаја која процењује распрострањавање амонијака у животној средини ослобођеног из транспортне цистерне у близини Институције за децу и омладину са сметњама у развоју у Ветернику, приградском насељу Новог Сада. Симулације сценарија хазарда спроведене су употребом ALOHA (<i>eng. Areal Locations of Hazardous Atmospheres</i>) софтвера и потврдиле су претпоставку да комбинација високе температуре и мале брзине ветра може изазвати најнеповољнији сценарио, односно изложити веће подручје животне средине утицају ослобођеног амонијака. Поред тога, мапе хазарда су развијене интегрисањем резултата остварених употребом ALOHA софтвера у QGIS (<i>eng. Quantum GIS</i>) софтвер ради приказа и анализе изложености рањиве популације.

¹ Аутор докторске дисертације потписао је и приложио следеће Обрасце:

5б – Изјава о ауторству;

5в – Изјава о истоветности штапане и електронске верзије и о личним подацима;

5г – Изјава о коришћењу.

Ове Изјаве се чувају на факултету у штапаном и електронском облику и не кориче се са тезом.

Датум прихватања теме од стране надлежног већа:	
Датум одбране: (Попуњава одговарајућа служба)	
Чланови комисије: (титула, име, презиме, звање, институција)	<p>Председник: др Дејан Убавин, редовни професор, Универзитет у Новом Саду, Факултет техничких наука</p> <p>Члан: др Богдана Вујић, редовни професор, Универзитет у Новом Саду, Технички факултет „Михајло Пупин“</p> <p>Члан: др Александар Јововић, редовни професор, Универзитет у Београду, Машински факултет</p> <p>Члан: др Срђан Попов, редовни професор, Универзитет у Новом Саду, Факултет техничких наука</p> <p>Члан: др Маја Петровић, ванредни професор, Универзитет у Новом Саду, Факултет техничких наука</p>
Напомена:	

**UNIVERSITY OF NOVI SAD
FACULTY OR CENTER**

KEY WORD DOCUMENTATION²

Document type:	Doctoral dissertation
Author:	Jovana Bondžić
Supervisor (title, first name, last name, position, institution)	PhD Maja Petrović, Associate professor, Faculty of Technical Sciences, Novi Sad PhD Srđan Popov, Full professor, Faculty of Technical Sciences, Novi Sad
Thesis title:	The influence of environmental characteristics on the vulnerable population exposure to the ammonia release in an accident situation
Language of text (script):	Serbian language (latin script)
Physical description:	Number of: Pages: 125 Chapters: 6 References: 115 Tables: 25 Illustrations: 56 Graphs: 1 Appendices: 0
Scientific field:	Environmental Engineering and Occupational Safety and Health
Scientific subfield (scientific discipline):	Environmental Engineering
Subject, Key words:	air pollution, ammonia, toxic chemical substances, accidents, disaster risk management
Abstract in English language:	Research conducted within the doctoral dissertation assessing the exposure of people with disabilities to the impact of hazmat road accidents, in order to provide evidence-based knowledge necessary for the establishment of competent disaster preparedness procedures. An integrated method for the risk assessment of the identified problem was proposed focusing on environmental and human-induced variables with a significant impact on the hazard magnitude. For the purpose of method verification, a case study was developed for ammonia release from a tanker truck in the vicinity of the Institution for Children and Youth with Disabilities in Veternik, a suburban settlement of Novi Sad, Serbia. The simulation conducted with ALOHA (Areal Locations of Hazardous Atmospheres) software confirmed assumption that the combination of high temperature and low wind speed can cause the worst-case scenario i.e. to expose a larger surface area to the influence of released ammonia. In addition, hazard maps were developed by importing the simulated area of ammonia spread into QGIS (Quantum GIS) software.
Accepted on Scientific Board on:	

² The author of doctoral dissertation has signed the following Statements:

56 – Statement on the authority,

5B – Statement that the printed and e-version of doctoral dissertation are identical and about personal data,

5r – Statement on copyright licenses.

The paper and e-versions of Statements are held at the faculty and are not included into the printed thesis.

Defended: (Filled by the faculty service)	
Thesis Defend Board: (title, first name, last name, position, institution)	President: PhD Dejan Ubavin, full professor, University of Novi Sad, Faculty of Technical Sciences Member: PhD Bogdana Vujić, full professor, University of Novi Sad, Technical Faculty “Mihajlo Pupin” Member: PhD Aleksandar Jovović, full professor, University of Belgrade, Faculty of Mechanical Engineering Member: PhD Srđan Popov, full professor, University of Novi Sad, Faculty of Technical Sciences Member: PhD Maja Petrović, associate professor, University of Novi Sad, Faculty of Technical Sciences
Note:	

Sadržaj

1. Uvodna razmatranja	6
1.1. Opis problema	6
1.2. Ciljevi istraživanja	9
1.3. Prikaz dosadašnjih istraživanja	10
1.4. Metodologija predložena istraživanjem	14
2. Teorijske osnove	15
2.1. Kontekst hazarda	15
2.1.1. Pojam hazarda	17
2.1.2. Atmosferska temperatura	19
2.1.3. Brzina i pravac vetra	19
2.1.4. Stabilnost atmosfere	21
2.1.5. Oblačnost	23
2.1.6. Vlažnost vazduha	23
2.1.7. Hrapavost tla	24
2.1.8. Karakteristike supstance	24
2.1.8.1. Fizičko-hemijske karakteristike amonijaka	24
2.1.8.2. Toksični efekti amonijaka na humanu populaciju	25
2.1.8.3. Reakcija amonijaka sa drugim supstancama	26
2.1.8.4. Proizvodnja i upotreba amonijaka	27
2.1.8.5. Skladištenje amonijaka	27
2.2. Kontekst izloženosti	28
2.2.1. Pojam izloženosti	28
2.2.2. Deklaracija varijable lokacija	29
2.2.2.1. Geografski koordinatni sistem	30
2.2.2.2. Projektovani koordinatni sistem	31
2.3. Kontekst ranjivosti	31
2.3.1. Pojam ranjivosti	31
2.3.2. Popoulacija povećane ranjivosti	32
2.3.3. Osobe sa invaliditetom u katastrofalnim događajima	33
2.3.4. Kategorije invaliditeta	35
3. Materijal i metode	37

3.1.	Odabir lokacije akcidenta	37
3.1.1.	Lokacija postrojenja za proizvodnju amonijaka u Republici Srbiji	37
3.1.2.	Lokacija i prostorno okruženje Novog Sada	38
3.1.3.	Moguće putanje cisterne sa amonijakom	40
3.1.4.	Posebno ranjiva populacija duž putanje cisterne sa amonijakom	40
3.1.5.	Ustanova za decu i mlade Veternik	41
3.2.	Prikupljanje podataka	43
3.2.1.	Podaci o vrednostima meteoroloških parametara	43
3.2.2.	Dimenzije i napunjenost cisterne	47
3.2.3.	Kategorije invaliditeta	48
3.3.	Organizacija podataka	49
3.4.	Obrada podataka	50
3.4.1.	Obrada podataka – kontekst hazarda	50
3.4.1.1.	ALOHA softver	52
3.4.1.1.1.	Ulazni podaci	52
3.4.1.1.2.	Mogući scenariji akcidenta	54
3.4.1.1.3.	Matematički modeli integrisani u ALOHA softver	57
3.4.1.1.4.	Izlazni rezultati	57
3.4.1.1.5.	Tačnost, preciznost, pouzdanost i ograničenja ALOHA softvera	61
3.4.1.2.	GASTAR softver	61
3.4.1.2.1.	Ulazni podaci	61
3.4.1.2.2.	Meteorologija - ulazni podaci koji opisuju meteorološke uslove	62
3.4.1.2.3.	Detalji o izvoru supstance (eng. <i>Source</i>)	63
3.4.1.2.4.	Complex Effects (Složeni Efekti)	65
3.4.1.2.5.	Outputs (Rezultati)	66
3.4.2.	Obrada podataka – kontekst izloženosti	66
3.4.2.1.	Geografski informacioni sistemi – GIS	67
3.4.2.2.	Osnovne funkcionalnosti Geografskih Informacionih Sistema	67
3.4.2.3.	Quantum GIS softver	69
3.4.2.4.	Organizacija QGIS projekta za potrebe analize izloženosti	70
3.4.3.	Obrada podataka – kontekst ranjivosti	71
4.	Rezultati i diskusija	73
4.1.	Rezultati za Januar 2016. godine	74
4.2.	Rezultati za Februar 2016. godine	77

4.3.	Rezultati za Mart 2016	81
4.4.	Rezultati za April 2016. godine	84
4.5.	Rezultati za Maj 2016. godine	87
4.6.	Rezultati za Jun 2016. godine	90
4.7.	Rezultati za Jul 2016	93
4.8.	Rezultati za Avgust 2016. godine	96
4.9.	Rezultati za Septembar 2016. godine	99
4.10.	Rezultati za Oktobar 2016. godine	102
4.11.	Rezultati za Novembar 2016. godine	105
4.12.	Rezultati za Decembar 2016. godine	108
4.13.	Validacija rezultata	111
4.14.	Analiza primene GASTAR softvera za potrebe poređenja rezultata i verifikaciju modela 112	
5.	Zaključna razmatranja i pravci daljih istraživanja	114
6.	Literatura	118

Termini i skraćenice

ALOHA (Aerial Locations of Hazardous Atmospheres) – softver za modelovanje rasprostiranja hazardnih supstanci u vazduhu koji se koristi za planiranje i odgovor na hemijske akcidente

ArcGIS –geografski informacioni sistem za rad sa mapama i geografskim informacijama koji je proizveo i koji održava Environmental Systems Research Institute (Esri)

BLEVE (Boiling Liquid Expanding Vapor Explosion) – Eksplozija ključajuće tečnosti u rezervoaru

CAMEO (Computer Aided Management of Emergency Operations) – sistem softverskih aplikacija koje se koriste za planiranje i reagovanje u akcidentnim situacijama u vezi sa hemikalijama

CFD (Computational Fluid Dynamics) – grana mehanike fluida koja koristi numeričke analize i strukture podataka za rešavanje problema koji uključuju protok fluida

CRED (Centre for Research on the Epidemiology of Disasters) – Centar za istraživanje katastrofalnih događaja osnovan u okviru Belgijskog Univerziteta – Université catholique de Louvain iz Brisela

DMS (Degrees, Minutes, Seconds) – sistem izražavanja vrednosti geografske širine i dužine u stepenima, minutama i sekundama

EM-DAT (Emergency Events Database) – baza podataka katastrofalnih događaja koja je kreirana od strane Centra za istraživanje katastrofalnih događaja (CRED) iz Belgije sa ciljem služenja humanitarnim akcijama na nacionalnom i internacionalnom nivou

EPA (Environmental Protection Agency) – Agencija za zaštitu životne sredine Ujedinjenih Američkih Država

GIS (Geo Information System) – Geografski Informacioni Sistem je sistem za upravljanje prostornim podacima i njima pridruženim osobinama. U užem smislu to je računarski sistem sposoban za integrisanje, skladištenje, uređivanje, analizu i prikaz geografskih informacija.

GPS (Global Positioning System) – Sistem Globalnog Pozicioniranja

IDLH (Immediately Dangerous to Life and Health) – najviša bezbedna koncentracija pri kojoj je evakuacija iz zone koja je ugrožena toksičnom hemikalijom moguća

LEL (Lower Explosive Limit) – Donja Granica Eksplozivnosti - Minimalna koncentracija gorive materije u vazduhu neophodna za pojavu vatre ili eksplozije ukoliko je prisutan izvor paljenja.

MOSS – Meteorološki osmatrački sistem Srbije

NOAA (National Oceanic and Atmospheric Administration) – Nacionalna uprava za okeane i atmosferu Ujedinjenih Američkih Država

PHAST (Process Hazard Analysis Software Software) – softver za analizu razvoja potencijalnog akcidenta od početne faze oslobađanja hemikalije do disperzije na velike distance uključujući širenje tečne lokve i isparavanje, zapaljive i toksične efekte.

SAD – Sjedinjene Američke Države

TIH (Toxic by Inhalation) – supstance koje su toksične u slučaju inhalacije

TNG (Tečni Naftni Gas) – smeša ugljovodoničnih gasova koja se koristi kao gorivo za automobile ili druge potrošače. To je savremeni naziv za propan-butan.

QGIS (Quantum GIS) – računarska GIS aplikacija koja omogućava pregled, uređivanje i analizu geopodataka

RHMZS – Republički hidrometeorološki zavod Srbije

UEL (Upper Explosive Limit) – Gornja Granica Eksplozivnosti – Maksimalna koncentracija gorive materije u vazduhu koja može izazvati pojavu vatre ili eksplozije ukoliko je prisutan izvor paljenja.

UNDRR (United Nations Office for Disaster Risk Reduction) – Kancelarija Ujedinjenih Nacija za redukciju rizika od katastrofa

1. Uvodna razmatranja

1.1. Opis problema

Hazardna supstanca je sredstvo, bilo biološko, hemijsko, radiološko ili fizičko, koje ima potencijal da prouzrokuje povredu ljudi, životinja ili životne sredine, bilo samostalno ili u interakciji sa drugim faktorima (IHMM, 2018). Ove supstance mogu biti zapaljive, eksplozivne, otrovne, korozivne, zarazne ili radioaktivne, kao što su nafta, benzin, lož ulje ili toksične hemijske supstance (Fan, 2015). Usled sve većih potreba tržišta, hemijske industrije širom sveta proizvode, skladište i transportuju hazardne supstance u velikim količinama što je uslovalo neizbežnu prisutnost toksičnih hemijskih supstanci u životnoj sredini i povećalo rizik od akcidenata izazvanih oslobađanjem ovih supstanci i njihovog uticaja na životnu sredinu i humanu populaciju.

S obzirom na to da se u većini slučajeva proizvodnja i upotreba hazardnih materija obavljaju na različitim lokacijama, transport predstavlja sastavni deo procesa industrijske proizvodnje. Procenjeno je da se, na svetskom nivou, godišnje transportuje 4 milijarde tona hazardnih supstanci (Carotenuto, 2007). U Sjedinjenim Američkim Državama oko 3 miliona tona opasnih materija se transportuje na godišnjem nivou (Inanloo i Tansel, 2015). U Kini se približno 95% hazardnih materija od proizvođača do potrošača prevozi kamionima (Fan i dr., 2015). Između 2009. i 2013. godine, unutar Evropske unije, na drumskim saobraćajnicama je transportovano između 77 000 i 88 000 miliona tona opasnih materija po kilometru (Brzozowska, 2016). Ovi podaci ukazuju na činjenicu da se svakodnevno prevoze značajne količine hazardnih materija drumskim saobraćajnicama, što rezultuje povećanom učestalošću saobraćajnih nesreća koje uključuju prevoz opasnih materija. Istraživanje koje su sproveli Oggero i saradnici (2006), ispitavši 1932 saobraćajne nesreće ostvarene tokom prevoza hazardnih materija od početka 20. veka do jula 2004. godine, potvrdilo je da se više od polovine nesreća dogodilo na putevima drumskih saobraćajnica.

Nasuprot evidentnom porastu saobraćajnih nesreća prilikom transporta hazardnih materija, akcidenti ovog tipa se i dalje smatraju hazardima male verovatnoće ostvarenja. Međutim, posledice koje navedeni akcidenti mogu da izazovu po humanu populaciju i životnu sredinu su daleko veće. Kroz istoriju, evidentni su mnogi primeri oslobađanja toksičnih, eksplozivnih ili zapaljivih materija u životnu sredinu usled akcidenata tokom odvijanja transporta, koji su izazivali razorne posledice širom sveta. Na primer, 1979. godine nesreća na železnici u Misisagi u Kanadi uzrokovala je evakuaciju 200 000 ljudi usled curenja hlora (Inanloo i Tansel, 2015). U novembru 2005. godine došlo je do sudara u koji je bio uključen kamion za prevoz amonijaka pri čemu je, oslobađanje amonijaka prouzrokovalo 39 smrtna slučaja (Verter i Kara, 2008). U Kini, 29. marta 2005. godine, kamion koji je prevozio hlor, sudario se sa drugim vozilom u gradskom delu Nandinga, što je prouzrokovalo 29 smrtnih slučajeva i evakuaciju preko 10 000 ljudi (Fan i dr., 2015). Takođe, 32 smrtna slučaja uzrokovana su vatrenim bleskom nastalim nakon iskliznuća voza i izlivanja tečnog naftnog gasa u gradu Vijaređo u Italiji 2009. godine (Landucci i dr., 2017).

U Republici Srbiji, akcident sa najrazornijim posledicama dogodio se 27. maja 1998. godine, prilikom transporta hazardnih supstanci na području Beograda. Tom prilikom eksplodirala je cisterna u kojoj je transportovano 5 t amonijaka (Stojanović, 2004), pri čemu su 143 osobe pretrpele posledice trovanja, 54 osobe su hospitalizovane, dok je 1 osoba preminula nakon 6 dana (Vučinić, 2003). Sličan akcident dogodio se 1986. godine u Šapcu kada se 43 t amonijaka izlilo prilikom udara železničke cisterne u nadvožnjak ugroživši kompletno stanovništvo grada (Bogdanović, 2009; Nikolić, 2013).

Navedeni primeri ukazuju na činjenicu da su gusto naseljene oblasti koje se nalaze na trajektorijama transporta hazardnih supstanci posebno izložene potencijalnim akcidentima.

Hazard prerasta u katastrofu kada se ostvari presek hazarda, izloženosti i ranjivosti. Ključne tačke izloženosti na putanjama hazardnih supstanci nalaze se unutar naseljenih urbanih i ruralnih područja, posebno na lokacijama gde se svakodnevno nalazi stanovništvo povećane ranjivosti. Populacija povećane ranjivosti uključuje osobe sa ograničenjima u kretanju, čija evakuacija tokom akcidentnih događaja može biti otežana, kao i veoma stare i veoma mlade osobe (Chakraborty, 2001).

Osim pomenutih socijalnih grupa, osobe sa invaliditetom usled različitih fizičkih i/ili kognitivnih karakteristika, mogu biti sprečene da uoče akcidentnu situaciju odnosno prepoznaju potrebu za evakuacijom. Stoga, problem uticaja akcidenta oslobađanja hazardnih supstanci prilikom odvijanja transporta, u ovom istraživanju biće razmatran sa posebnim osvrtom na izloženost populacije povećane ranjivosti duž trajektorije transporta.

Analiza izloženosti toksičnom uticaju hazardne supstance biće realizovana za primer prolaska transportne cisterne koja prevozi amonijak kroz Novi Sad i prigradska naselja. Ovaj primer je relevantan jer se Novi Sad nalazi na putanji transporta amonijaka od mesta proizvodnje u HIP Azotari Pančevo do mesta upotrebe u Calsberg pivari Čelarevo.

Potreba za istraživanjem

U Republici Srbiji, prosečno se godišnje dogodi 18 saobraćajnih nesreća koje uključuju vozila za prevoz hazardnih supstanci (Maslač, 2017; RTSA, 2015). U toku 2008. godine od ukupno 42 udesna slučaja, 14 se dogodilo tokom transporta opasnih materija, dok je u periodu od 2005. do 2010. godine u hemijskim udesima smrtno stradalo 12 ljudi (Sl. Glasnik RS, br. 12/2010).

Tokom 2019. godine, događaji iskliznuća vozova za prevoz hazardnih supstanci iz šina, su se ponavljali širom Republike Srbije. Prvi u nizu događaja jeste iskliznuće 2 od 14 cisterni iz vozne kompozicije koja je prevozila amonijak na pruzi Niš-Zaječar, 19. januara, nakon kojeg su meštani obližnjeg sela Jasenovik evakuisani zbog pretakanja toksične supstance iz prevrnutih cisterni (Blic, novinski list, 2019a). Takođe, na istoj pruzi, na deonici između naselja Matejevac i Svrljig, 10. februara, pet vagon-cisterni za prevoz fosforne kiseline je iskliznulo sa pruge pri čemu nije došlo do prevrtanja, niti ugrožavanja stanovništva (021, novinski list, 2019a). Nakon samo nekoliko dana, 14. februara, na istoj pruzi, između stanica Knjaževac i Podvis iskliznulo je pet cisterni sa amonijakom, pri čemu takođe nije došlo do prevrtanja niti curenja (021, novinski list, 2019b).

Dalje, 8. maja, u železničkoj stanici Dragačevo, peta, poslednja cisterna u sastavu železničke kompozicije koja je prevozila azotnu kiselinu iskliznula je sa šina. Nije došlo do curenja hazardne supstance, niti je bilo povređenih kao ni stradalih (Mondo, novinski list, 2019).

Potom su, u kratkom vremenskom razmaku, dva puta vagon-cisterne za prevoz fosforne kiseline iskliznule iz šina: 11. maja na delu pruge između železničke stanice i industrijske zone u Šapcu (Blic, novinski list, 2019b) i 24. maja na železničkoj stanici u Majdanpeku (RTS, javni servis, 2019). U oba slučaju nije bilo neposrednih opasnosti po ljude i životnu sredinu.

Zatim, 19. avgusta, na pruzi Zaječar-Prahovo u blizini železničke stanice Kobišnica skliznula je jedna cisterna u kompoziciji teretnog voza koji je prevezio amonijak, ali nije bilo povređenih, niti je došlo do curenja amonijaka (021, novinski list, 2019c).

Značajnije posledice po humanu populaciju ostvarile su se na deonici pruge između železničkih stanica Pirot i Staničenje, u nedelju 25. decembra 2022. godine u 17.30h, kada je došlo do iskliznuća 4 od ukupno 20 vagona teretnog voza koji je prevezio amonijak natovaren u Bugarskoj. Kod dva vagona je prilikom iskliznuća došlo i do prevrtanja, a iz jednog od prevrnutih vagona je došlo i do curenja amonijaka. Zbog trovanja amonijakom zdravstvenu pomoć u pirotskoj i niškoj bolnici zatražilo je više od pedeset ljudi ali niko od njih nije bio životno ugrožen (N1, novinski list, 2022). Pirotsko Osnovno Javno Tužilaštvo je takođe saopštilo da je iste večeri na državnom put broj 259 došlo do lančanog sudara zbog gustog dima koji je nastao emitovanjem amonijaka u atmosferu, u kojem je jedna osoba zadobila teške telesne povrede, a tri osobe su lakše povređene (Danas, novinski list, 2022a).

Opisani događaji, iako su prošli bez većih neposrednih opasnosti po humanu populaciju i životnu sredinu, ukazuju na postojanje potencijalne mogućnosti ostvarenja katastrofalnih događaja tokom odvijanja transporta hazardnih supstanci u Republici Srbiji. Takođe, ovi događaji potvrđuju neophodnost bavljenja katastrofama navedenog tipa, odnosno kreiranja metodologija i planova za upravljanje akcidentima oslobađanja hazardnih supstanci tokom prostorne promene prepoznatog tipa hazarda.

S obzirom na neophodnost upotrebe i transporta toksičnih hemijskih supstanci, hazardi se mogu dogoditi u bilo kom trenutku, i na bilo kom mestu. Takođe, ne treba izuzeti ni mogućnost korišćenja transporta opasnih materija kao oružja za potrebe terorističkog napada. Ova mogućnost je važna i zbog toga što se Republika Srbija nalazi na raskrsnici značajnih svetskih komunikacija kojima se tereti ovog tipa prevoze (Biočanin, 2004).

Na teritoriji Republike Srbije identifikovano je ukupno 132 Seveso II postrojenja (Privredna komora Srbije, 2018) između kojih je, radi preuzimanja i isporuke, neophodno realizovati transport opasnih materija. HIP Azotara iz Pančeva koja proizvodi veštačka đubriva i azotna jedinjenja nalazi se na listi. U Nacionalnom programu zaštite životne sredine (Sl. Glasnik RS, br. 12/2010) navode se značajni hemijski udesi koji su se dogodili tokom proteklih godina, a od kojih tri akcidenta imaju veze sa oslobađanjem amonijaka u životnu sredinu, i jedan sa isparenjem tehničke azotne kiseline u HIP Azotari iz Pančeva.

U HIP Azotari Pančevo, 90% proizvedenog amonijaka se utroši na proizvodnju azotnih veštačkih đubriva, amonijum nitrata i azotne kiseline. Preostala količina, od oko 10%, upotrebljava se u hemijskoj i tekstilnoj industriji, kao i u prehrambenoj industriji za zamrzavanje namirnica (HIP Azotara Pančevo, 2010).

Brojna istraživanja (Souther, 2000; Bernatik, 2008; Verter, 2008; Hassan, 2009; Junior M., 2012; Roy, 2015; Fan, 2015; Inalnoo, 2015; Anjana, 2018) navode primere akcidenata izazvanih oslobađanjem amonijaka u životnu sredinu u stacionarnim i mobilnim sistemima. Bernatik i dr. (2008) objavili su rezultate koji ukazuju da hlor i amonijak učestvuju u ukupnom riziku od nastupanja akcidenata izazvanih supstancama koje su toksične u slučaju inhalacije, TIH (*eng. Toxic by Inhalation*) sa 70-80%. Hassan i dr. (2009) navode da se akcidenti izazvani ispuštanjem hlora i amonijaka smatraju najopasnijim, s obzirom na to da se značajne koncentracije obe toksične supstance mogu lako preneti na velike udaljenosti izazivajući štetne efekte na zdravlje ljudi. Oggero i dr. (2006) ukazali su na činjenicu da su najučestaliji ishodi saobraćajnih nesreća prilikom transporta hazardnih materija bili ispuštanje hemijskih supstanci u atmosferu (78%), od kojih su neki bili praćeni požarom (28%), eksplozijom (14%) ili oblacima gasova (6%).

Stoga, potencijalne hazarde koji su posledica transporta opasnih materija potrebno je analizirati sa aspekta opštih i specifičnih karakteristika supstanci i mogućih ishoda izlivanja u životnu sredinu, kao i sa aspekta izloženosti i socijalne strukture populacije duž trajektorije kretanja opasnih materija. Zbog svega navedenog, donosiocima odluka je neophodno omogućiti pristup podacima i informacijama o potencijalnim ishodima opisanih akcidenata, opsegu i jačini uticaja potencijalnih akcidenata, kao i o izloženoj i ranjivoj populaciji koju je neophodno evakuisati i zbrinuti, u cilju pravovremene i odgovarajuće izrade planova za reagovanje u slučaju pojave akcidenta i smanjenja štetnih posledica.

1.2. Ciljevi istraživanja

Osnovni cilj istraživanja doktorske disertacije je procena izloženosti populacije povećane ranjivosti hazardu oslobađanja amonijaka iz transportne cisterne prilikom prolaska kroz naseljeno mesto. U tu svrhu, predložena je integrisana metodologija za procenu rizika, koja se fokusira na identifikaciju varijabli životne sredine, kao i varijabli izazvanih uticajem čoveka, značajnog uticaja na magnitudu hazarda. Metodologija je verifikovana na primeru studije slučaja oslobađanja amonijaka iz transportne cisterne u blizini Doma Veternik, ustanove za decu i mlade sa invaliditetom u Veterniku, prigradskom naselju u blizini Novog Sada.

Rezultati istraživanja prikazani su u formi mape hazarda upotrebom odgovarajućeg softverskog paketa za modelovanje rasprostiranja hemijskih supstanci u atmosferi kao i softvera za obradu i vizualizaciju prostornih podataka.

Način pristupa problemu opisan u ovom istraživanju, na specifičnom primeru, može se upotrebiti kao uputstvo za sagledavanje i procenu rizika klase sličnih akcidenata sa ciljem adekvatnog i pravovremenog upravljanja rizikom od katastrofalnih događaja zasnovanog na naučno potvrđenim pretpostavkama o razvoju i uticaju fenomena hazarda na izloženu populaciju i životnu sredinu.

Specifični ciljevi istraživanja u okviru doktorske disertacije su:

1. Određivanje varijabli životne sredine i varijabli antropogenog porekla sa značajnim uticajem na magnitudu hazarda oslobađanja amonijaka iz transportne cisterne;

2. Određivanje mogućih scenarija akcidenta;
3. Određivanje opsega vrednosti odabranih varijabli koje mogu izazvati potencijalno najlošiji scenario;
4. Generisanje mapi hazarda prilagođenih za analizu i odlučivanje u slučaju ostvarenja akcidentne situacije.

Na osnovu definisanih ciljeva istraživanja postavljene su hipoteze:

1. Moguće je razviti metodu za procenu uticaja varijabli životne sredine na izloženost ranjive populacije oslobađanju amonijaka u akcidentnoj situaciji. Pretpostavljamo da se navedeno može postići na osnovu informacija o meteorološkim uslovima tokom odvijanja transporta, osobinama amonijaka i parametrima transportne cisterne. Vodeći računa o karakteristikama putanje, kao i kategorijama izložene populacije.
2. Primenom razvijene metode moguće je odrediti prostornu distribuciju i jačinu uticaja oslobođenog amonijaka u zavisnosti od meteoroloških uslova i uslova oslobađanja amonijaka iz transportne cisterne.
3. Minimalna brzina vetra i maksimalna temperatura mogu izazvati najveći uticaj na životnu sredinu prilikom akcidenta oslobađanja amonijaka iz transportne cisterne.

1.3. Prikaz dosadašnjih istraživanja

Radi definisanja metodologije analize uticaja varijabli životne sredine na izloženost humane populacije i životne sredine rasprostiranju amonijaka u vazduhu, usled ostvarenja akcidentne situacije, konsultovana je relevantna naučna literatura u području istraživanja. Analiza izloženih naučnih radova pružila je polaznu osnovu za odabir varijabli signifikantnog uticaja na definisani problem. Takođe, literaturni pregled analizira i najpogodnije softvere za modelovanje posledica akcidenta oslobađanja hazardnih supstanci u atmosferu, kao i za prostornu analizu uticaja akcidenta.

U istraživanjima autora Law i dr. (2019), Lyu i dr. (2018), Brzozowska (2016), Ji i dr. (2016) i Cheradi i dr. (2018) sagledan je uticaj varijabli životne sredine na rasprostiranje hazardnih supstanci u vazduhu usled ostvarenja hemijskog akcidenta.

Law i dr. (2019) su istraživali uticaj topografije terena, brzine i pravca vetra na disperziju oslobođenog hlora u slučaju ostvarenja akcidenta u industrijskoj oblasti Gebeng u Maleziji. Cilj studije je bio razvijanje odgovarajućeg plana evakuacije. Za potrebe modelovanja i simulacije disperzije hlora korišćeni su CFD (eng. *Computational Fluid Dynamics*) i ALOHA (eng. *Aerial Locations of Hazardous Atmospheres*) softveri. Utvrđeno je da varijable topografija terena, pravac i brzina vetra imaju spregnuti uticaj na disperziju hlora oko industrijskog područja Gebenga.

U istraživanju koje su sprovedeli Lyu i dr. (2018) ispitivana je efikasnost barijere u vidu zida visokog 30 m, u blizini industrijskog postrojenja u Koreji, kao mere prevencije od potencijalnih akcidenta. Za ispitivanje uticaja toluena i ksilena na populaciju, korišćene su CFD simulacije. Simulacije su sprovedene za scenarije različitog stepena uticaja u različitim uslovima

meteoroloških parametara kao što su brzina vetra, stabilnost atmosfere, temperatura, vlažnost vazduha, i za različite uslove ostvarenja akcidenta kao što su lokacija izvora curenja i topografija terena. Rezultati istraživanja su potvrdili efikasnost barijere, kao i uticaj odabranih parametara na vrednosti izlaznih rezultata simulacije.

Brzozowska (2016) je razvila i predstavila originalni softver za modelovanje disperzije zagađenja u urbanom okruženju. Analizirana je disperzija hlora oslobođenog u atmosferu iz cisterne usled sudara tokom odvijanja transporta. Za analizu su korišćeni razvijeni softver i ALOHA softver. Zaključeno je da na izloženost stanovnika utiču atmosferski uslovi tokom odvijanja akcidenta, kao što su temperatura vazduha, pravac vetra i topografija zemljišta.

Ji i dr. (2014) su samostalno razvili algoritam i kreirali program za simulaciju i analizu rasprostiranja amonijaka oslobođenog iz rezervoara, u Matlabu, sa ciljem smanjenja uticaja potencijalnog akcidenta. Autori su ispitali povezanost uticaja brzine vetra, topografije terena i stope curenja amonijaka sa distribucijom amonijaka. Rezultati su pokazali da se povećanjem brzine vetra, kao i hrapavosti terena udaljenost rasprostiranja amonijaka smanjuje, dok se sa povećanjem stope curenja amonijaka udaljenost rasprostiranja povećava.

Cheradi i dr. (2018) su za potrebe određivanja zone pod uticajem potencijalnih akcidenata izlivanja hazardnih materija razvili mikroservis za proračun rasprostiranja supstance u vazduhu. Mikroservis je zasnovan na ALOHA softveru i koristi varijable (karakteristike izvora emisije, lokacija akcidenta, pravac i brzina vetra, atmosferska stabilnost) kako bi se obezbedili neophodni i tačni rezultati u realnom vremenu. Mikroservis je verifikovan na studiji slučaja izlivanja butana iz transportne cisterne.

Osim sagledavanja naučne literature koja istražuje uticaj antropogenih i varijabli životne sredine na rasprostiranje hazardnih supstanci u vazduhu, konsultovana je i literatura u kojoj su predloženi alati za modelovanje i prostornu analizu i vizualizaciju mogućih scenarija akcidenata usled oslobađanja hazardnih supstanci. U istraživanjima autora Khanmohamadi i dr. (2018), AIRukaibi i dr. (2018), Pilone i Demichela (2018), Hosseinia i dr. (2018), Naderpour i Khakzad (2018), Bariha i dr. (2016) korišćeni su relevantni softveri za analizu navedenog problema.

Autor Khanmohamadi i dr. (2018) predložili su model za analizu ranjivosti stanovništva i infrastrukture tokom prevoza opasnih materija železnicom u slučaju ostvarenja akcidenta usled terorističkog napada. Za određivanje brojnosti izložene populacije i potencijalno ugrožene infrastrukture u slučaju izlivanja hlora prilikom transporta prugom između Teksasa i Ilinoisa u Sjedinjenim Američkim Državama (SAD) korišćeni su ALOHA i ArcGIS softveri.

Istraživanje koje su sprovedeli AIRukaibi i dr. (2018) bavi se određivanjem optimalne putanje za transport opasnih materija u Državi Kuvajt. Za studiju slučaja odabran je transport benzina za potrebe nacionalne naftne kompanije. Simulacija scenarija akcidenta je realizovana upotrebom ALOHA softvera na osnovu podataka o klimatskim karakteristikama, vrsti opasne materije koja se prevozi, topografiji terena i načinu oslobađanja supstance. Rezultati simulacije implementirani su u GIS softver kako bi se generisale zone uticaja akcidenta sa ciljem procene izložene populacije, ranjive infrastrukture i blizine službi reagovanja u vanrednim situacijama.

U studiji koju su sprovedeli Pilone i Demichela (2018), GIS je korišćen u svim koracima metodologije specijalno dizajnirane za lokalne planere i donosiocice odluka sa ciljem da se

odrede područja koja su više izložena rizicima i interakcijama različitih rizika od katastrofalnih događaja. Metodologija je verifikovana na primeru dve italijanske oblasti koje su pod uticajem različitih rizika sa mogućnošću međusobne interakcije. Rezultati simulacija sprovedenih upotrebom softvera ALOHA i HSSM (eng. *Hydrocarbon Spill Screening Model*) pokazali su da čak i nepredvidivi događaji niske magnitude mogu izazvati ozbiljne posledice po životnu sredinu.

Hosseinia i dr. (2018) razvili su alat za odlučivanje u slučaju ostvarenja akcidenta u industrijskim klasterima koji uključuju domino efekte. Hemijski industrijski klaster, nad kojim je sprovedena verifikacija alata sastoji se od tri hemijska postrojenja sa opremom koja sadrži supstance: n-butanol, hlor, 2-etilheksanol, amonijak, kerozin, benzen i metanol. Za potrebe određivanja zona uticaja u vidu udaljenosti od izvora oslobađanja supstance korišćen je ALOHA softver i to za određivanje uticaja termalne radijacije, eksplozivnog pritiska i toksične koncentracije.

Naderpour i Khakzad (2018) koristili su ALOHA softver za ispitivanje scenarija vatrenog mlaza izazvanog isticanjem propana iz ekstraktora sa ciljem utvrđivanja mogućih domino efekata na obližnje jedinice u rafineriji Valero, Teksas, SAD.

U istraživanju koje su sproveli Bariha i dr. (2016), podaci o stvarnim gubicima nastalim usled akcidenta sa tankerima za prevoz TNG (Tečni Naftni Gas) koji se dogodio u državi Kerala u Indiji 2012. godine, upoređeni su sa rezultatima simulacije upotrebom softvera ALOHA i PHAST (eng. *Process Hazard Analysis Software*). Simulirana su tri scenarija: uticaj vatrene lopte, zračenje vatrenog mlaza i eksplozije usled pritiska. Rezultati su ukazali na veliku saglasnost između realnih i simuliranih podataka.

Naredna istraživanja, koja su sproveli autori Inanloo i Tansel (2015), Anjana i dr. (2018), Sanchez i dr. (2018), Orozco i dr. (2019) i Rajeev i dr. (2019) bave se uticajem potencijalnih akcidenata oslobađanja amonijaka iz stacionarnih ili mobilnih izvora predlažući različite metodologije za analizu prepoznatog fenomena i varijabli signifikantnog uticaja na razvoj i uticaj fenomena koristeći softvere (ALOHA, ArcGIS i QGIS (eng. *Quantum GIS*)) za potrebe modelovanja i prostornu analizu rasprostiranja uticaja akcidenta u životnoj sredini.

Cilj istraživanja autora Inanloo i Tansel (2015) bio je predviđanje posledica ispuštanja amonijaka u atmosferu iz transportne cisterne usled akcidenta ostvarenog na autoputu. Upotrebom softvera za modelovanje i vizualizaciju hazarda, ALOHA i ArcGIS, određene su zone u kojima može doći do zapaljenja oslobođene supstance, kao i zone u kojima može doći do eksplozije. Takođe, autori su ispitivali uticaj različitih atmosferskih uslova na izlazne rezultate kreiranog modela hazarda. U tom pogledu ispitivan je uticaj 2 parametara: klasa stabilnosti atmosfere i brzine vetra. Pretpostavka o značajnom uticaju klasa stabilnosti na ishod akcidenta je potvrđena, sa dodatnim osvrtom na pouzdanost odabranog softvera u pogledu korelacije klasa stabilnosti atmosfere i očekivanih izlaznih rezultata modela. Dodatno je sprovedena analiza osetljivosti softvera, u slučaju povećanja brzine vetra u odnosu na stepen povećanja brzine rasprostiranja supstance u atmosferi.

Istraživanje koje su sproveli Anjana i dr. (2018) analizira opseg rasprostiranja hazarda oslobađanja amonijaka iz stacionarnog postrojenja i brojnost izložene humane populacije u zavisnosti od dominantnih meteoroloških uslova u zoni istraživanja, hemijskih karakteristika

amonijaka i uslova oslobađanja u životnu sredinu. Za potrebe modelovanja hemijskih akcidenata i prostornu analizu korišćeni su softverski alati ALOHA i ArcGIS. Scenario uticaja toksičnog gasa na humanu populaciju, odabran je za modelovanje s obzirom na neposrednu opasnost od inhalacije amonijaka oslobođenog u ambijentalni vazduh. Rezultati su pokazali da na rasprostiranje toksičnog uticaja amonijaka u životnoj sredini najveći uticaj imaju stabilnost atmosfere, brzina i pravac vetra, dok gustina i prostorna raspodela populacije određuju odabir mera pripremljenosti i odgovora na hazardnu situaciju. Takođe, potvrđena je primenljivost predložene metodologije i softverskih alata u slučaju ostvarenja identifikovanog i klase srodnih akcidenata.

Sanchez i dr. (2018) predlažu metodologiju za procenu rizika od ostvarenja tehnološkog akcidenta. Analiziran je rizik hipotetičkog oslobađanja tečnog amonijaka iz postrojenja mesne industrije u Argentini. Posledice akcidenta su kvantifikovane određivanjem udaljenosti do koje je prisutna minimalna koncentracija toksične supstance oslobođene u atmosferu koja može izazvati fatalne posledice po humanu populaciju. Predložena metodologija procenjuje rasprostiranje akcidenta u prostoru u zavisnosti od najverovatnijih meteoroloških uslova odabranog lokaliteta. Parametri čija je frekventnost ispitana i na osnovu kojih je određen najbolji mogući scenario su: pravac i brzina vetra, klasa stabilnosti atmosfere, mesec i čas u kojima su najfrekventnije vrednosti parametara prisutne, dok su oblačnost, temperatura i vlažnost vazduha razmatrani u smislu srednjih vrednosti analizom određenih meseci. Dodatno, analizom su obuhvaćene i varijable izazvane uticajem čoveka, kao što su lokacija akcidenta, topografija terena, karakteristike supstance i uslovi oslobađanja supstance. Za potrebe simulacije najboljeg i najverovatnijeg scenarija korišćen je ALOHA softver, dok je za potrebe prostorne analize uticaja i izložene populacije korišćen QGIS softver. Pristup predložene metodologije zasniva se na upotrebi javno dostupnih podataka i optimizaciji njihove upotrebe kao ulaznih podataka za dobijanje informacija neophodnih za procenu rizika.

Orozco i dr. (2019) sproveli su istraživanje koje analizira potencijalni uticaj akcidenta ispuštanja amonijaka iz skladišnog rezervoara na humanu populaciju i životnu sredinu, u blizini industrijske oblasti u Kubi. Autori su razvili metodologiju za analizu fenomena prepoznatog hazarda sastavljenu od sledećih koraka: karakterizacija područja i postrojenja koje se analizira, karakterizacija vremenskih (oblačnost, temperatura vazduha, vlažnost vazduha, pravac i brzina vetra) i klimatoloških parametara, karakterizacija softvera neophodnih za istraživanje, odabir mogućih scenarija ostvarenja hazarda, i identifikacija rizika po zdravlje humane populacije. Od tri ispitivana scenarija: oblak toksičnog gasa, zona zapaljivosti i eksplozija oblaka pare, utvrđeno je da u pogledu udaljenosti zone uticaja i brojnosti izložene populacije oblak toksičnog gasa ima najnepovoljniji uticaj. Za potrebe simulacije odabranih scenarija korišćen je ALOHA softver.

Autori Rajeev i dr. (2019) predložili su sveobuhvatnu proceduru za procenu nivoa rizika industrijskog postrojenja za obradu više hazardnih materija u Indiji. Cilj studije bio je procena i mapiranje ranjivosti populacije u slučaju akcidentnog oslobađanja hazardnih materija u životnu sredinu. Za potrebe modelovanja mogućih slučajeva ostvarenja i posledica akcidenta korišćen je ALOHA softver, dok je ArcGIS softver upotrebljen za kreiranje mape gustine naseljenosti, mape jačine uticaja akcidenta, mape ranjivosti, mape rizika, i za kreiranje plana evakuacije.

1.4. Metodologija predložena istraživanjem

Na osnovu sagledavanja prethodnih istraživanja, kao i specifičnih okolnosti odabranog problema istraživanja, predložena je metodologija za procenu, sagledavanje i pristup bavljenju definisanim problemom.

U pogledu rešavanja problema izloženosti osoba povećane ranjivosti akcidentu ispuštanja toksične hemijske supstance prilikom transporta kroz naseljeno mesto neophodno je sagledati više parametara funkcije rizika od katastrofalnog događaja. Hazard, izloženost i ranjivost predstavljaju osnovne parametre koje je neophodno sagledati, razumeti, opisati i proceniti prilikom kreiranja strategije upravljanja rizikom od katastrofalnih događaja odnosno pripreme odgovara na katastrofalni događaj. Sva tri navedena parametra su neodvojivo povezana i neophodno je dovesti ih u zajednički kontekst kako bi se donosiocima odluka obezbedilo integralno sagledavanje pojedinačnih aspekata problema u cilju adekvatnog upravljanja rizikom.

Navedeni problem neophodno je razložiti na kontekst hazarda, kontekst izloženosti, i kontekst ranjivosti. Dalje, unutar svakog pojedinačnog konteksta potrebno je identifikovati varijable i vrednosti odabranih varijabli koje mogu uticati na ostvarenje najlošijeg mogućeg scenarija identifikovanog problema. Nakon toga, neophodno je prikupiti, organizovati i obraditi podatke iz prethodno određenog opsega vrednosti odabranih varijabli. Kako bismo od obrađenih podataka dobili informacije razumljive donosiocima odluka, kao i svim akterima u procesu reagovanja na katastrofalni događaj, neophodno je tri različita konteksta dovesti u jedan zajednički – prostorni kontekst. Krajnji rezultat prethodno opisanog procesa predstavlja formalizovan model realne situacije vizualizovan u obliku prostorno zasnovane mape hazarda.

Kao objekat istraživanja za proveru upotrebljivosti predložene metodologije, odabran je Dom „Veternik“, ustanova socijalne zaštite koja pruža smeštaj do 500 osoba sa invaliditetom, uključujući decu, omladinu i odrasle osobe. Dom se nalazi u prigradskom naselju Veternik, u blizini regionalnog puta koji povezuje Novi Sad i Bačku Palanku. Analizom lokacije Doma „Veternik“ utvrđeno je da glavni magistralni put kroz Veternik predstavlja putanju transporta amonijaka od mesta proizvodnje u HIP Azotari Pančevo do mesta upotrebe u pivari Calsberg u Čelarevu.

Odabir ovog objekta je važan, obzirom da u njemu svakodnevno boravi populacija povećane ranjivosti, odnosno osobe sa invaliditetom koje mogu biti izložene većem riziku u slučaju akcidenta oslobađanja amonijaka iz transportne cisterne. Takođe, njegova lokacija u blizini regionalnog puta pruža mogućnost da se analiziraju potencijalni rizici i uticaj transporta opasnih materija na ovu ustanovu i njene stanovnike. S obzirom na činjenicu da je neposredna opasnost prilikom oslobađanja amonijaka u ambijentalni vazduh vezana za toksičnu opasnost od udisanja (Anjana i dr, 2018), ovaj scenario je odabran za potrebe verifikacije metodologije.

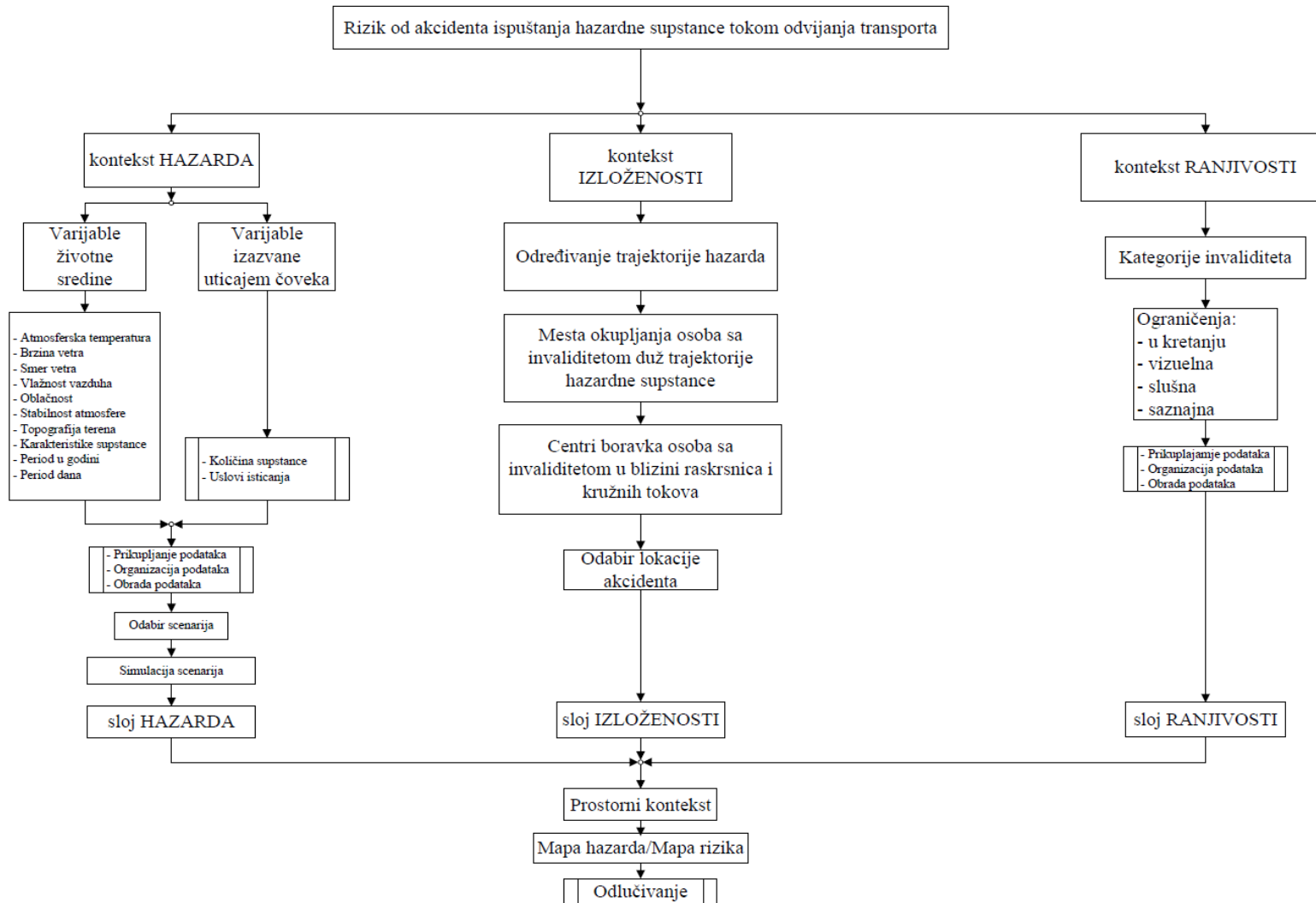
2. Teorijske osnove

2.1. Kontekst hazarda

Unutar predložene metodologije, kontekst hazarda, izloženosti i ranjivosti detaljno su analizirani odvojeno, kako bi na kraju bili integrisani u zajednički prostorni kontekst. Kontekst hazarda obuhvata analizu fenomena akcidenta oslobađanja hazardnih supstanci, uključujući fizičku prirodu tog incidenta i njegov uticaj na humanu populaciju i životnu sredinu. U skladu sa tim, identifikovane su varijable čiji se uticaj smatra značajnim za opisivanje procesa delovanja odabranog akcidenta. Varijable koje imaju značajan uticaj na rasprostiranje hazardnih supstanci u atmosferi mogu se podeliti u dve klase: varijable životne sredine i varijable koje su rezultat ljudske aktivnosti. U svrhu kreiranja formalnog modela realne situacije, odabrane varijable su deklarirane (Slika 2.1).

Ova analiza omogućava dublje razumevanje faktora koji utiču na hazard, izloženost i ranjivost, kao i njihov međusobni uticaj na prostornom nivou. Integracija varijabli životne sredine i varijabli uslovljenih ljudskom aktivnošću u formalnom modelu omogućava bolje razumevanje kompleksnosti situacije i pruža osnovu za procenu rizika i identifikaciju mera za smanjenje izloženosti i povećanje otpornosti na potencijalne opasnosti.

Blok dijagram prikazan na Slici 2.1 predstavlja predlog metodologije za upravljanje rizikom od prepoznatog hazarda.



Slika 2.1 Metodologija za analizu rizika akcidentnog oslobađanja hazardne supstance tokom odvijanja transporta

2.1.1. Pojam hazarda

UNDRR (eng. *United Nations Office for Disaster Risk Reduction*) definiše hazard kao potencijalno štetni fizički događaj, fenomen ili ljudsku aktivnost, koji može prouzrokovati gubitak života ili povredu, imovinsku štetu, socijalnu i ekonomsku nestabilnost ili degradacija životne sredine (UN/ISDR, 2004). Hazard, određene magnitude, ima verovatnoću ostvarenja unutar određenog intervala vremena, u okviru određenog prostornog okruženja.

Hazardi se mogu klasifikovati na nekoliko načina, u zavisnosti od naučne discipline ili oblasti u okviru koje se razmatraju. Osnovna podela je na prirodne hazarde, hazarda izazvane antropogenim uticajem i hazarde koji su nastali usled antropogene aktivnosti (tehnološki hazardi) (Westen, 2016b).

1. *Prirodni hazardi* predstavljaju prirodne procese ili fenomene u okviru Zemljinih sfera (litosfere, hidrosfere, biosfere ili atmosfere) koji mogu prouzrokovati štetne događaje kao što su: zemljotresi, vulkanske erupcije, uragani.
2. *Hazardi izazvani antropogenim uticajem* predstavljaju modifikovane prirodne procese u okviru Zemljinih sfera koji pospešuju štetne događaje kao što su: zagađenje ambijentalnog vazduha, industrijski hemijski akcidenti, oružani sukobi, nuklearne nesreće, izlivanja nafte.
3. *Hazardi nastali usled antropogene aktivnosti (tehnološki hazardi)* predstavljaju opasnosti koje mogu nastati usled tehnoloških ili industrijskih nesreća, opasnih procedura u postrojenjima, kvarova na infrastrukturi ili usled određenih ljudskih aktivnosti koje mogu izazvati povrede ili gubitak života, oštećenje imovine, ekonomske i socijalne nestabilnosti ili degradaciju životne sredine. Neki od primera navedene vrste hazarda su: industrijska zagađenja, nuklearne nesreće i radioaktivnost, probijanje brana, hazardi koji mogu nastati prilikom transporta, hazardi u industrijskim postrojenjima kao što su eksplozije, požari, izlivanje toksičnih hemijskih jedinjenja.

Prema klasifikaciji kreiranoj od strane Centra za istraživanje katastrofa iz Brisela (eng. *Centre for Research on the Epidemiology of Disasters – CRED*) za potrebe EM-DAT baze podataka (eng. *Emergency Events Database*) osnovna podela hazarda je na prirodne i tehnološke koji se dalje dele na podgrupe i tipove hazarda (Tabela 2.1).

Tabela 2.1. Klasifikacija hazarda prema EM-DAT bazi podataka (CRED, 2021)

Prirodni	Geofizički (Geološki)	Hazardi koji nastaju usled promena u litosferi	Zemljotresi; Kretanja terestrijalnih materijala; Vulkanska aktivnost
	Meteorološki	Hazardi koje prouzrokuju kratkotrajni ekstremni vremenski uslovi i atmosferske prilike, koji traju od nekoliko minuta do nekoliko dana	Ekstremne temperature; Magla; Oluja
	Hidrološki	Hazardi izazvani pojavom, kretanjem i distribucijom površinskih i podzemnih slatkih i slanih voda	Poplave; Klizišta; Ekstremni talasi
	Klimatološki	Hazardi izazvani dugoročnim atmosferskim procesima u rasponu od unutar-sezonske do više-dekadne klimatske nestabilnosti	Suša; Izlivanje ledničkih jezera; Šumski požari
	Biološki	Hazardi izazvani živim organizmima i njihovim toksičnim supstancama (npr. otrov, plesni)	Epidemije; Napadi insekata; Hazardi sa divljim životinjama
	Ekstraterestrijalni	Hazardi izazvani asteroidima, meteorima, kometama tokom njihovog prolaska blizu Zemlje ili ulaskom u Zemljinu atmosferu i/ili promenama međuplanetarnih uslova koji utiču na Zemljinu magnetosferu, jonosferu i termosferu	Svemirski vremenski uslovi
Tehnološki	Indusrijski		Izlivanje hemijskih supstanci; Eksplozija; Požar; Curenje gasa; Radijacija; Izlivanje nafte
	Transportni		Vazdušni; Drumski; Železnički; Vodeni
	Razni		Kolaps; Eksplozija; Požar

2.1.2. Atmosferska temperatura

Atmosferska temperatura predstavlja meru temperature na različitim nivoima Zemljine atmosfere. U troposferi, sa porastom nadmorske visine, temperatura opada. U proseku, 50% sunčeve svetlosti koja dospe u atmosferu biva apsorbirana od strane tla usled čega se tlo zagreva. Zbog toga je temperatura vazduha u blizini tla veća od temperature vazduha na većoj visini.

U slučaju temperaturne inverzije, proces je obrnut, temperatura vazduha raste sa porastom nadmorske visine. Posledica toga je da se u blizini tla formira veoma stabilan sloj atmosfere u kojem vazduh stagnira, odnosno ne dolazi do značajnog vertikalnog strujanja vazduha, niti do mešanja sa slojem vazduha iznad sloja inverzije. Temperaturna inverzija je karakteristična za jutarnji deo dana u zimskom periodu godine usled slabijeg zračenja Sunca. Kasnije, u toku popodneva, kada se tlo zagreje, nestaje sloj inverzije, usled čega atmosfera ponovo postaje nestabilna (University of Arizona, 2020).

Opisana pojava temperaturne inverzije je značajna u pogledu uticaja zagađujućih supstanci koje se mogu naći u vazduhu. U slučaju stabilne atmosfere (prisustvo temperaturne inverzije) zagađujuće supstance ostaju „zarobljene“ u sloju inverzije s obzirom na to da ne dolazi do mešanja sa slojem čistijeg vazduha koji se nalazi iznad, odnosno ne dolazi do smanjenja koncentracije zagađujućih supstanci u sloju blizu tla. Kasnije, tokom popodneva, nakon zagrevanja tla i nestanka pojave inverzije, sa povećanjem nestabilnosti vazduha dolazi do razblaženja koncentracije zagađujuće materije koja je bila „zarobljena“ u sloju vazduha blizu tla.

Jedinica za temperaturu je stepen, a izražava se u stepenima Celzijus, Kelvin ili Farenhajt. Republički hidrometeorološki zavod Republike Srbije obezbeđuje merenja temperature na dnevnom nivou. Podaci o minimalnim, maksimalnim i srednjim dnevnim temperaturama su javno dostupni za 6 mernih stanica u Republici Srbiji (Beograd, Zlatibor, Novi Sad, Vranje, Loznica i Niš) u formi Meteorološkog godišnjaka za period od 1949. godine do 2019. godine (RHMZ, 2020), odnosno poslednji aktuelni godišnjak u datoj godini jeste za prethodnu godinu.

2.1.3. Brzina i pravac vetra

Vetar predstavlja horizontalno kretanje vazduha. Brzina vetra se izražava u jedinicama m/s ili u čvorovima. Pravac vetra se klasifikuje u 8 do 16 pravaca ili se izražava stepenima (od 0 do 360 stepeni). Tabela 2.2 prikazuje oznake za 16 pravaca vetra i njihovu konverziju u stepene.

Tabela 2.2 Oznake za 16 pravaca vetra i odgovarajuće vrednosti u stepenima (RECHNEROnline, 2020)

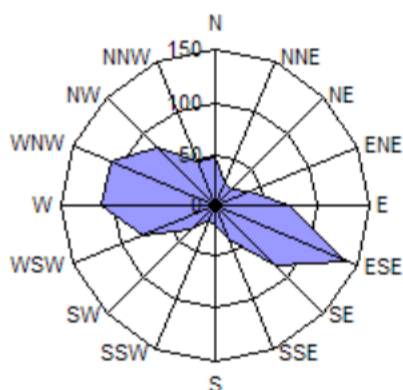
Oznaka pravca	Značenja oznaka	Pravac izražen u stepenima
N (<i>eng. North</i>)	sever	0°
NNE (<i>eng. North North East</i>)	severo-severozapad	22.5°
NE (<i>eng. North East</i>)	severoistok	45°
ENE (<i>eng. East North East</i>)	istok-severoistok	67.5°
E (<i>eng. East</i>)	istok	90°
ESE (<i>eng. East South East</i>)	istok-jugoistok	112.5°
SE (<i>eng. South East</i>)	jugoistok	135°
SSE (<i>eng. South South East</i>)	jugo-jugoistok	157.5°
S (<i>eng. South</i>)	jug	180°
SSW (<i>eng. South South West</i>)	jugo-jugozapad	202.5°
SW (<i>eng. South West</i>)	jugozapad	225°
WSW (<i>eng. West South West</i>)	zapado-jugozapad	247.5°
W (<i>eng. West</i>)	zapad	270°
WNW (<i>eng. West North West</i>)	zapado-severozapad	292.5°
NW (<i>eng. North West</i>)	severozapad	315°
NNW (<i>eng. North North West</i>)	severo-severozapad	337.5°

Republički hidrometeorološki zavod Republike Srbije za 6 mernih stanica (Beograd, Zlatibor, Novi Sad, Vranje, Loznica i Niš), obezbeđuje podatke o brzini i pravcu vetra na dnevnom nivou u 7, 14 i 21h, u okviru Meteorološkog godišnjaka. Relativne čestine vetra po pravcima i srednje brzine vetra u m/s od 1981-2010. godine prikazane su u Tabeli 2.3. Iz podataka prikazanih u tabeli se može zaključiti da su na teritoriji grada Novog Sada najistaknutiji pravci vetra ESE (139‰), W (111‰) i WNW (110‰), sa prosečnim brzinama vetra od 3,3; 2,4 i 2,7 m/s, respektivno.

Tabela 2.3 Relativne čestine i srednje brzine vetra za period 1981-2010. godina (RHMZ, 2020)

Pravac vetra	Relativne čestine [%o]	Srednje brzine [m/s]
N	47	3,0
NNE	24	2,6
NE	22	2,2
ENE	35	2,2
E	73	2,4
ESE	139	3,3
SE	83	3,2
SSE	35	2,5
S	19	2,0
SSW	18	1,8
SW	34	1,8
WSW	76	2,1
W	111	2,4
WNW	110	2,7
NW	79	3,0
NNW	47	3,0

Pravac i brzina vetra mogu se odrediti iz podatka o ruži vetrova za određeno područje. Na Slici 2.2 prikazana je ruža vetrova za period 1981-2010. godine na teritoriji Novog Sada.



Slika 2.2 Ruža vetrova za područje Novog Sada za period 1981-2010. godine (RHMZ, 2020)

Brzina vetra određuje koliko brzo će se toksična supstanca oslobođena u životnu sredinu kretati, a pravac vetra će odrediti da li će se ta supstanca kretati prema izloženoj populaciji. Ako je brzina vetra veća, zagađujuća supstanca će se brže razblažiti u atmosferi. Dakle, spori vetrovi su nepovoljni u slučaju akcidenata koji uključuju oslobađanje i rasprostiranje zagađujuće supstance u atmosferi.

2.1.4. Stabilnost atmosfere

Stabilnost atmosfere predstavlja termin koji se koristi za opisivanje stepena do kojeg je vertikalno kretanje u donjim delovima troposfere inhibirano ili pospešeno na određenoj lokaciji

pod određenim meteorološkim uslovima (Kikaj, 2019). Stabilna atmosfera inhibira vertikalna kretanja, neutralna atmosfera niti pospešuje, niti inhibira vertikalna kretanja, dok nestabilna atmosfera pospešuje vertikalna kretanja i turbulenciju.

Postoji nekoliko meteoroloških parametara od čijih vrednosti zavisi vrednost stabilnosti atmosfere. Na prvom mestu, to su Sunčevo zračenje (solarna insolacija) i brzina vetra. Dalje, vrednost insolacije zavisi od visine Sunca (solarne altitude) i oblačnosti, dok visina Sunca zavisi od geografske širine i dužine, perioda u toku dana i dana u godini. Insolacija predstavlja količinu Sunčeve energije apsorbovane na određenoj površini u toku određenog vremena (Babić, 2016). U slučaju jakog sunčevog zračenja, tlo se zagreva i prenosi toplotu na vazduh iznad tla, potom se topao vazduh podiže stvarajući vrtloge i visok nivo turbulencije, odnosno nestabilnu atmosferu. Nasuprot tome, kada temperatura vazduha opada sa porastom visine, sile uzgona inhibiraju vertikalno kretanje vazduha stvarajući veoma stabilnu atmosferu (Jones, 2013).

Pasquill (1961) je definisao 6 klasa stabilnosti atmosfere imenovanih od A do F. Svaka klasa predstavlja različit nivo turbulencije u atmosferi. Klasa stabilnosti D predstavlja neutralne uslove stabilnosti. Nestabilni uslovi su vezani za klase A, B i C, pri čemu A označava veoma nestabilne uslove, B umereno nestabilne i C klasa označava neznatno nestabilne uslove. Klase stabilnosti E i F predstavljaju stabilne atmosferske uslove (Jones, 2013).

Klasa stabilnosti atmosfere može se odrediti meteorološkim merenjima, ili izračunati na osnovu vrednosti prethodno navedenih parametara. Republički hidrometeorološki zavod Srbije ne obezbeđuje merenja atmosferske stabilnosti. U Tabeli 2.4 prikazana je metoda (Turner, 1994) određivanja klasa atmosferske stabilnosti na osnovu vrednosti solarne insolacije i brzine vetra u slučaju dana i na osnovu vrednosti brzine vetra i oblačnosti u slučaju noći. Noć se smatra periodom koji počinje jedan sat pre zalaska sunca i završava se jedan sat nakon izlaska sunca (Jones, 2013).

Tabela 2.4 Tabela određivanja klasa stabilnosti atmosfere (Jones, 2013)

Brzina vetra na 10 m (m s ⁻¹)	Dan Sunčevo zračenje			Noć Oblačnost	
	Jako	Umereno	Neznatno	>50%	<50%
<2	A	A-B	B	E	F
2-3	A-B	B	C	E	F
3-5	B	B-C	C	D	E
5-6	C	C-D	D	D	D
>6	C	D	D	D	D

Solarna insolacija smatra se jakom ukoliko prevazilazi vrednost od 851 W/m², umerena insolacija je u opsegu vrednosti od 526 do 851 W/m², dok je neznatna insolacija u opsegu vrednosti od 176 do 526 W/m² (Jones, 2013). Solarna insolacija apsorbovana od strane tla može se izračunati na osnovu sledećih formula (Raphael 1962):

$$F_s = \begin{cases} 1111 \cdot (1 - 0,0071 \cdot C_f^2) \cdot (\sin \phi_s - 0,1) & \sin(\phi_s) > 0,1 \\ 0 & \text{u suprotnom} \end{cases}$$

Gde je:

C_i – oblačnost [0-10];

\varnothing_s – solarna altituda [stepeni].

Solarna altituda se može odrediti prema sledećim formulama (Jones, 2013):

$$\sin \sin (\varnothing_s) = \sin \sin (\theta) \cdot \sin \sin (\delta_s) + \cos \cos (\theta) \cdot \cos \cos (\delta_s) \cdot \cos \cos h_s$$

$$\delta_s = 23,45 \cdot \left(\frac{2\pi}{360}\right) \cdot \sin \sin \left(\left(\frac{2\pi}{360}\right) \cdot 0,986 \cdot (J - 80)\right)$$

$$h_s = \left(\frac{2\pi}{360}\right) \cdot \left[15 \cdot \left(12 - \left(Z - \frac{\lambda}{15}\right)\right)\right]$$

Gde je:

θ – geografska širina [rad];

λ – geografska dužina [rad];

Z – čas u toku dana [1-24];

J – dan u toku godine [1-365].

2.1.5. Oblačnost

Pod pojmom oblačnost se podrazumeva stepen pokrivenosti neba oblacima, odnosno veličina oblačnog pokrivača u odnosu na celo nebo (Meteorolog, 2011). Izražava se u procentima ili u desetinama od nula do deset. Kao što je ranije spomenuto, oblačnost predstavlja parametar od kojeg zavisi solarna insolacija, a time posredno i stabilnost atmosfere. Ako je više neba prekriveno oblacima, količina dolazeće solarne insolacije na površinu Zemlje je manja. Republički hidrometeorološki zavod Srbije obezbeđuje merenje oblačnosti na dnevnom nivou. U Meteorološkim godišnjacima su za Novi Sad dostupne dnevne vrednosti oblačnosti izmerene u 7, 14 i 21h i izražene su u desetinama. Prosečna vrednost oblačnosti u Vojvodini na godišnjem nivou iznosi 56 %, pri čemu se najviše vrednosti javljaju tokom decembra (75 %), a najniže tokom avgusta (37 %) (Novaković, 2020).

2.1.6. Vlažnost vazduha

Relativna vlažnost vazduha predstavlja odnos količine vodene pare koju vazduh sadrži i maksimalne količine vodene pare koju bi vazduh mogao da zadrži pri ambijentalnoj temperaturi i pritisku (Jones, 2013). Jedinica za izražavanje relativne vlažnosti vazduha je procenat. Relativna vlažnost vazduha od 100% znači da vazduh više ne može da zadrži vodenu paru. Republički hidrometeorološki zavod Srbije svakodnevno meri relativnu vlažnost vazduha, dok su istorijske evidencije date za vrednosti izmerene u 7, 14 i 21h. Što se tiče nezgoda sa zapaljivim supstancama, relativna vlažnost vazduha određuje u kojoj meri bi toplotna radijacija mogla biti apsorbovana vodenom parom u atmosferi.

U Tabeli 2.5 dat je prikaz prosečnih mesečnih vrednosti relativne vlažnosti vazduha u Novom Sadu, za period od 1981. do 2010. godine.

Tabela 2.5. Prosečna relativna vlažnost vazduha u Novom Sadu od 1981-2010. godine (RHMZ, 2020)

Mesec	Relativna vlažnost vazduha [%]	Mesec	Relativna vlažnost vazduha [%]
Januar	85	Jul	68
Februar	79	Avgust	68
Mart	71	Septembar	72
April	67	Oktobar	76
Maj	66	Novembar	82
Jun	69	Decembar	86

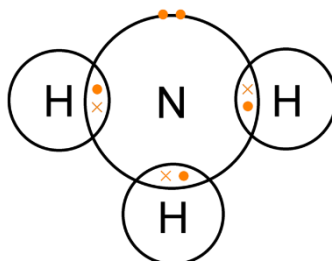
2.1.7. Hrapavost tla

Hrapavost tla predstavlja meru broja i veličine malih prepreka na tlu koje utiču na atmosfersku turbulenciju. Veća hrapavost tla rezultovaće većom atmosferskom turbulencijom. U slučaju toksičnog gasa ispuštenog iz rezervoara, povećanje hrapavosti tla prouzrokovaće smanjenje zone distribucije gasa usled veće turbulencije i brzog razblaživanja gasa u atmosferi. U urbanim sredinama hrapavost tla može nastati usled prepreka poput zgrada, drveća, grmlja, trave itd. Vrednost hrapavosti tla izražava se u metrima ili centimetrima. Vrednosti hrapavosti tla kreću se od 0,001 do 200 cm (US EPA, 2007; WMO, 2008).

2.1.8. Karakteristike supstance

2.1.8.1. Fizičko-hemijske karakteristike amonijaka

Amonijak je hemijska supstanca koja nastaje u prirodi, i koja, takođe, može biti proizvedena od strane čoveka. Sastoji se od jednog molekula azota i tri molekula vodonika (Slika 2.3). U Tabeli 2.6 date su osnovne fizičko-hemijske karakteristike amonijaka.



Slika 2.3 Struktura molekula amonijaka (PNG EGG, 2020; Warren Forensics, 2020a)

Tabela 2.6 Osnovne fizičko-hemijske karakteristike amonijaka (ATSDR, 2004; HIP Azotara, 2010)

Karakteristika	Vrednost
Hemijska formula	NH ₃
Boja	Bezbojan
Miris	Intenzivan i oštar miris
Agregatno stanje	Gas na sobnoj temperaturi, lako se prevodi u tečno stanje
Molekulska masa	17,03
Tačka ključanja	-33,3°C (1013 hPa)
Tačka topljenja/mrženja	-77,7°C (1013 hPa)
Gustina	
Gas	0,7710 g/l
Vodeni rastvor (28%)	0,89801 (20°C) g/l
Tečnost	0,6818 (-33,3°C, 1013 hPa)
Gornja i donja granica zapaljivosti	16-27%
Temperatura samopaljenja	651°C
Napon pare	285 hPa (20°C)

Pri normalnim uslovima, amonijak je gas oštrog mirisa, lakši od vazduha, lako rastvorljiv u vodi, sa korozivnim i toksičnim dejstvom (Janković, 2016). (Janković, 2016) koji može biti utečnjen pod pritiskom, ili pri temperaturi nižoj od tačke ključanja amonijaka. Ljudi imaju nizak prag osetljivosti na miris amonijaka, pri čemu prosečna osoba može osetiti njegov miris pri koncentracijama između 2 i 5 ppm.

U industriji se amonijak upotrebljava u čistom stanju i naziva se bezvodni amonijak ili anhidrovani amonijak. Bezvodni amonijak ima karakteristike visoko toksične i zapaljive supstance.

Iako je lakši od vazduha, u slučaju vremenskih uslova kao što su visoka vlažnost, magla, slaba kiša, niske temperatura, amonijak u gasovitom stanju će ispoljavati karakteristike supstance koja je teža od vazduha i u atmosferi će se zadržavati nisko pri tlu (TRANSCER, 2020).

Tačka ključanja amonijaka (pri atmosferskom pritisku) iznosi -33,3°C. Niska tačka ključanja i sposobnost apsorpcije velike količine toplote prilikom ključanja omogućavaju upotrebu amonijaka kao rashladnog sredstva. Takođe, ukoliko amonijak u tečnom stanju dođe u kontakt sa kožom, navedene karakteristike mogu dovesti do opekotina usled smrzavanja (TRANSCER, 2020). Temperatura samopaljenja amonijaka iznosi 651°C, dok su gornja i donja granica zapaljivosti ili eksplozivnosti (eng. *lower/upper explosive limit – LEL-UEL*) između 16-27% (HIP Azotara, 2010). S obzirom na veoma visoku temperaturu samopaljenja, verovatnoća da će doći do samopaljenja amonijaka oslobođenog u atmosferu, pri normalnom atmosferskom pritisku i temperaturi, je veoma mala. Međutim, ukoliko u atmosferi postoji izvor paljenja, oslobođeni amonijak se može zapaliti ili eksplodirati pri koncentracijama između gornje i donje granice zapaljivosti.

2.1.8.2. Toksični efekti amonijaka na humanu populaciju

Na visok stepen toksičnosti ukazuje vrednost IDLH (eng. *Immediately Dangerous to Life and Health*), u opsegu od 300 do 500 ppm (Roy P.K., 2011; NIOSH, 1994). IDLH predstavlja

najvišu bezbednu koncentraciju pri kojoj je evakuacija iz zone koja je ugrožena toksičnom hemikalijom moguća. U zavisnosti od trajanja i nivoa izloženosti amonijaku, efekti na zdravlje ljudi kreću se u opsegu od jake iritacije do smrti (Junior M., 2012). U slučaju pojave amonijaka u ambijentalnom vazduhu, može doći do različitih negativnih efekata po izloženu humanu populaciju u zavisnosti od koncentracionog nivoa (HIP Azotara Pančevo, 2010), kao što je prikazano u Tabeli 2.7:

Tabela 2.7. Uticaj različitih koncentracionih nivoa amonijaka na humanu populaciju (HIP Azotara Pančevo, 2010)

Koncentracioni nivo		Uticaj na humanu populaciju
[ppm]	[mg/m ³]	
400	278	Iritacija grla
700	487	Iritacija očiju
1700	1182	Kašalj
2500-6500	1783-4519	Opasnost po zdravlje ljudi nakon 30 minuta
5000-10000 i više	3476-6953	Smrt

Granične vrednosti izloženosti amonijaku na radnom mestu propisane su Pravilnikom o preventivnim merama za bezbedan i zdrav rad pri izlaganju hemijskim materijama (Sl. gl. RS 106/2009, 117/2017 i 107/2021) (Tabela 2.8):

Tabela 2.8 Granične vrednosti izloženosti amonijaku (HIP Azotara, 2020)

	mg/m ³	ppm
Na radnom mestu	14	20
Kratkotrajna izloženost	36	50

Ukoliko dođe do akcidentnog oslobađanja amonijaka u atmosferu, neposrednu opasnost predstavlja hazard usled udisanja toksične hemikalije (Anjana, 2018). Najvažniji simptomi dolaska u kontakt sa amonijakom: iritacija nosa i grla, kašalj, teškoće sa disanjem, mučnina, povraćanje, odložena upala respiratornih puteva, mogući simptomi kao kod astme. Nakon akutne izloženosti visokim koncentracijama amonijaka može doći do refleksivnog zastoja disanja/srčanog zastoja, plućnog edema, upale pluća (HIP Azotara, 2010).

Gutanje amonijaka može izazvati mučninu, povraćanje, oticanje usana, usne šupljine i grla, nagrizanje jednjaka, želuca i unutrašnjih organa. Kontakt amonijaka niske koncentracije (10 ppm) sa očima rezultovaće iritacijom i suzenjem očiju, dok pri visokim koncentracijama dolazi do odložene pojave edema/zamućenosti rožnjače, gubitka epitela, katarakte, glaukoma. Prskanje tečnog amonijaka izaziva nepovratno oštećenje očiju (Junior, 2012; HIP Azotara, 2010). Kontakt anhidrovanog amonijaka sa kožom prouzrokuje bol, iritaciju, dermatitis i sl. Pri visokim koncentracijama može doći do nekroze tkiva i dubokih opekotina (Junior, 2012).

2.1.8.3. Reakcija amonijaka sa drugim supstancama

Amonijak može graditi opasna jedinjenja u reakciji sa kiselinama, fluorom, acetaldehidom, halogenidima bora, smešama hlora, ugljendioksidom, platinskim katalizatorima, oksidima

fosfora, sumpordioksidom, vodonik sulfidom. Zabranjeno je zajedničko skladištenje amonijaka sa sledećim supstancama: farmaceutskim proizvodima, prehrambenim proizvodima i stočnom hranom uključujući aditive, radioaktivnim i eksplozivnim materijalima i zapaljivim supstancama. Produkti reakcije amonijaka sa živom, hlorom, jodom, bromom, kalcijumom, oksidom srebra ili hipohloritom mogu biti eksplozivna jedinjenja (HIP Azotara, 2010).

2.1.8.4. Proizvodnja i upotreba amonijaka

U Republici Srbiji, amonijak se proizvodi u HIP Azotari Pančevo. Oko 90% proizvedenog amonijaka troši se na proizvodnju azotnih veštačkih đubriva (KAN-a, SAN-a, UREE), amonijum nitrata i azotne kiseline. Ostala količina, od oko 10%, upotrebljava se u hemijskoj i tekstilnoj industriji, kao i u prehrambenoj industriji za zamrzavanje namirnica. U postrojenjima za hlađenje, amonijak i butan su prvobitno korišćeni kao rashladna sredstva sve do pojave hloro-fluoro-ugljenika. S obzirom na ekonomsku isplativost i sposobnost amonijaka da apsorbuje velike količine toplote daleko efikasnije u odnosu na druga rashladna sredstva, upotreba amonijaka kao rashladnog sredstva u industrijskim postrojenjima je i dalje veoma rasprostranjena (Sanchez i dr., 2018). Zbog toksičnosti i zapaljivosti upotreba amonijaka kao rashladnog sredstva u domaćinstvima je zabranjena. Kao đubrivo, amonijak se ubrizgava direktno u zemljište. Obzirom na visok afinitet amonijaka prema vodi, nastaje amonijum jon koji je stabilan u zemljištu i kao takvog biljke mogu da ga apsorbuju putem korenskog sistema.

Bezvodni (anhidrovani) amonijak se upotrebljava za regulisanje zagađenja u elektranama koje koriste prirodni gas ili ugalj za proizvodnju pare i/ili električne energije. Prilikom sagorevanja goriva u elektranama, kiseonik iz vazduha se upotrebljava za sagorevanje. Tom prilikom se i azot iz vazduha, takođe, zagreva i oksidiše, pri čemu nastaju oksidi azota NO_x (NO , NO_2 , NO_3) koji su štetni za humanu populaciju i životnu sredinu i čije je emitovanje ograničeno propisima.

2.1.8.5. Skladištenje amonijaka

Pri atmosferskom pritisku, temperatura ključanja amonijaka je -33°C . Kada se amonijak nalazi na sobnoj temperaturi i nije pod pritiskom, prelazi u gasovito agregatno stanje. Međutim, tokom skladištenja, bezvodni amonijak se obično prevodi u tečno agregatno stanje. Ovo se može postići na dva načina: smanjenjem temperature ispod tačke ključanja ili umerenim povećanjem pritiska unutar rezervoara za skladištenje. U slučaju utečnjavanja gasova putem povećanja pritiska, tečnosti pod pritiskom će ostati u tečnom stanju čak i ako im se temperatura poveća iznad tačke ključanja. Kada se pritisak smanji, supstanca se ponovo vraća u gasovito stanje. U zatvorenom sudu, supstanca se nalazi u ravnoteži između tečne i gasovite faze, što se naziva ekvilibrijum. Na početku, rezervoar za skladištenje je gotovo potpuno ispunjen tečnošću, dok gas ispunjava prostor iznad tečnosti. Kada se gas ukloni iz rezervoara, dovoljno tečnosti će ispariti kako bi se nadoknadio otpušteni gas i održao konstantan pritisak u rezervoaru.

U slučaju akcidentnog oslobađanja iz rezervoara za skladištenje, tečnost pod pritiskom će burno isparavati i oslobađati se u atmosferu u obliku dvofazne supstance (tečnost-gas), usled pada pritiska (Jones, 2013). Ukoliko se gas utečnjava smanjenjem temperature ispod tačke

ključanja, u slučaju akcidentnog oslobađanja supstance iz skladišnog rezervoara, ona će izlaziti u vidu tečnosti u atmosferu, jer ne dolazi do promene pritiska (Jones, 2013).

Važno je napomenuti da amonijak nije kompatibilan sa obojenim metalima kao što su bronza i bakar, jer može doći do hemijske reakcije između amonijaka i ovih materijala. Za skladištenje amonijaka preporučuju se materijali kao što su aluminijum, čelik (ugljenični i nerđajući) i određeni plastični materijali poput politetrafluoroetilena i polihlorotrifluoretiena (HIP Azotara, 2010).

Ovim se osigurava da su materijali koji se koriste za skladištenje amonijaka kompatibilni i otporni na hemijske reakcije sa supstancom. Ovakva pravilna selekcija materijala za skladištenje igra ključnu ulogu u sprečavanju neželjenih hemijskih reakcija, propuštanja i potencijalnih opasnosti u procesu skladištenja amonijaka.

2.2. Kontekst izloženosti

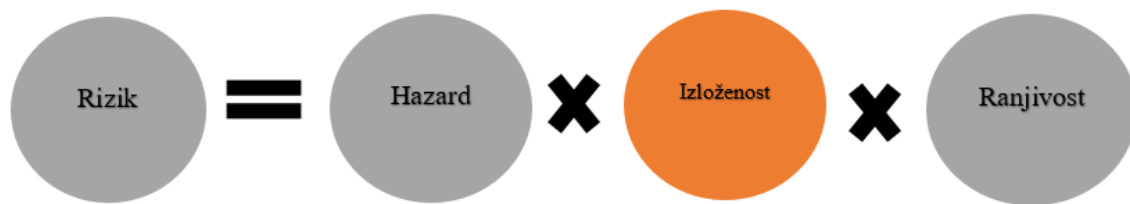
Za adekvatno definisanje izloženosti u pogledu definisanog problema, prepoznate su tri varijable čije vrednosti je neophodno razmotriti i definisati (Slika 2.1):

1. *Putanje hazardnih supstanci* određuju se na osnovu lokacija proizvodnje i upotrebe hazardnih supstanci.
2. *Lokacije na kojima je prisutna velika frekvencija populacije ili u kojima boravi populacija povećane ranjivosti* su bolnice, vrtići, starački domovi, škole, univerziteti, tržni centri, kulturni centri, dnevni boravci i stacionari za osobe sa posebnim potrebama.
3. Najrizičnije tačke na putanji hazardnih supstanci u blizini centara okupljanja osoba povećane ranjivosti predstavljaju *kružni tokovi i raskrsnice* s obzirom na povećanu gustinu saobraćaja, odnosno rizik od ostvarenja saobraćajne nesreće.

2.2.1. Pojam izloženosti

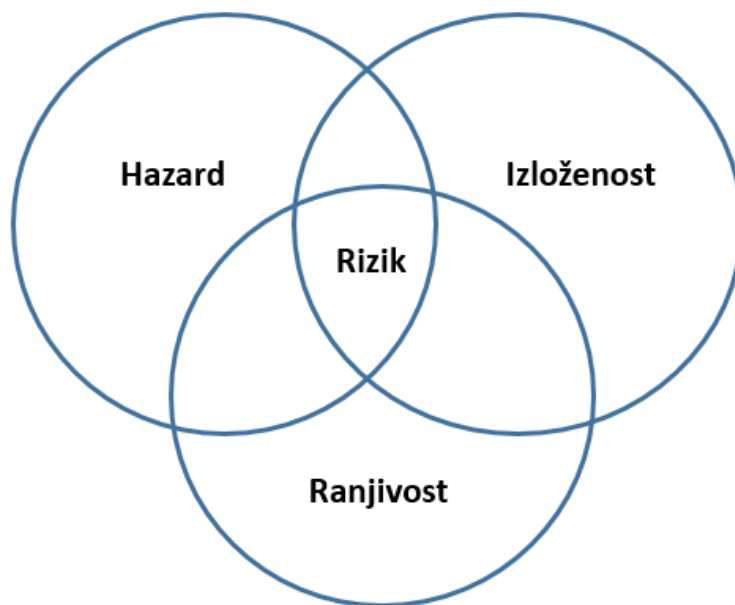
Uz hazard i ranjivost, izloženost je još jedan ključni faktor koji doprinosi riziku od katastrofalnih događaja (Slika 2.4). Izloženost se odnosi na broj ljudi i/ili drugih elemenata, kao što su domaćinstva, imovina, infrastruktura, kulturna dobra, fabrike, farme, sistemi, funkcije i druge entitete, koji su izloženi riziku i mogu biti pogođeni određenim događajem (Thywissen, 2006).

Ovaj koncept izloženosti ukazuje na prisutnost potencijalnih žrtava ili objekata koji su podložni negativnim posledicama određenog događaja. Izloženost se može razmatrati u kontekstu prirodnih katastrofa, nesreća, ekoloških incidenata ili drugih opasnosti. Brojnost i karakteristike izloženih elemenata važne su za procenu rizika i planiranje adekvatnih mera zaštite.



Slika 2.4 Komponente rizika od katastrofalnog događaja

U nenaseljenom području nema izloženosti ljudske populacije. Na primer, zemljotres u nenaseljenoj pustinji ne može se smatrati katastrofalnim događajem s obzirom na to da nije prouzročila štetu ljudima, imovini ili životnoj sredini. Znači, katastrofalni događaj nastaje samo u slučaju preseka sve tri komponente rizika: hazarda, ranjivosti i izloženosti (Slika 2.5).



Slika 2.5 Uslov za nastanak katastrofalnog događaja

U nekim slučajevima stepen rizik od katastrofalnog događaja, može zavistiti pretežno od izloženosti. Na primer, cunami koji se ostvario 2004. godine u Indijskom okeanu ugrozio je sve koji su u tom trenutku bili izloženi bez obzira na uslove u kojima se nalaze (prihodi, socijalni status, etnička pripadnost, zdravlje) tj. na ranjivost.

2.2.2. Deklaracija varijable lokacija

Za definisanje tačke u prostoru, odnosno precizne lokacije akcidenta, koriste se različiti tipovi koordinatnih sistema. U kontekstu geoprostornih podataka koji se unose u bazu podataka zasnovanu na SQL jeziku, najčešće se koriste geografski i projektovani koordinatni sistemi.

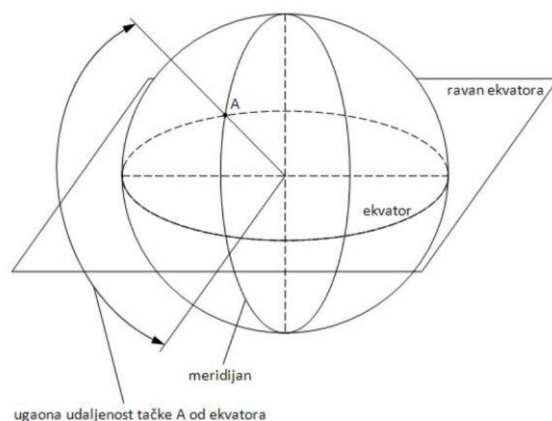
Korišćenje odgovarajućeg koordinatnog sistema za deklarisanje lokacija u prostoru omogućava precizno određivanje tačke akcidenta ili bilo koje druge lokacije. To je važno za evidentiranje,

analizu i upravljanje prostornim podacima u okviru baze podataka, pružajući osnovu za geoprostorno modeliranje i planiranje.

2.2.2.1. Geografski koordinatni sistem

Geografski koordinatni sistem definiše lokaciju u odnosu na trodimenzionalni geoid, što je referentna površina Zemlje. Koriste se koordinate geografske širine i dužine kako bi se odredila tačna pozicija u prostoru. Ova vrsta koordinatnog sistema je pogodna za globalne lokacije i omogućava precizno određivanje tačke na Zemlji.

U slučaju geografskog koordinatnog sistema, koordinata geografske širine određene tačke meri ugao između ravni ekvatora i linije povučene normalno na površinu Zemlje u toj tački. Koordinata geografske dužine meri ugao u ravni ekvatora između linije povučene iz centra Zemlje do tačke na površini Zemlje i linije povučene iz centra Zemlje do početnog meridijana (Griniča). Početni meridijan predstavlja zamišljenu liniju nacrtanu na površini Zemlje između Severnog i Južnog pola koja je izabrana za liniju od koje se mere uglovi geografske dužine (Slika 2.6).



Slika 2.6 Prikaz određivanja koordinate geografske širine i dužine (Opšte obrazovanje, 2023)

Pošto koordinate geografske širine i dužine predstavljaju uglove obično se izražavaju u stepenima. Vrednosti geografske dužine merene od početnog meridijana su u opsegu od -180° do $+180^{\circ}$, pri čemu se vrednosti istočno od Griniča označavaju pozitivnim predznakom ili dodavanjem sufiksa E, dok se vrednosti zapadno od Griniča označavaju negativnim predznakom ili sufiksom W.

Vrednosti geografske širine merene od ekvatora su u opsegu od -90° do $+90^{\circ}$, pri čemu se vrednosti severno od ekvatora označavaju pozitivnim predznakom ili dodavanjem sufiksa N, dok se vrednosti južno od ekvatora označavaju negativnim predznakom ili dodavanjem sufiksa S.

Postoji nekoliko prihvaćenih metoda izražavanja vrednosti geografske širine i dužine. Metoda koja se najčešće koristi je sistem stepena, minuta i sekundi - DMS (eng. *Degrees, Minutes, Seconds*). Ovim sistemom svaki stepen je podeljen na 60 minuta, dok je svaki minut dalje podeljen na 60 sekundi. Sistem koji najčešće koriste GPS prijemnici prikazuje cele stepene, zatim minute i decimalno podeljene minute. Zapis u obliku decimalnih stepena navodi

koordinate koristeći stepene i decimalno podeljene stepene (Aitchison, 2009). U sledećoj tabeli (Tabela 2.9) dat je primer prikaza iste vrednosti geografskih koordinata upotrebom tri različite metode.

Tabela 2.9 Različite metode izražavanja vrednosti geografskih koordinata (Aitchison, 2009).

DMS	51°15'32"
Stepeni i decimalno podeljeni minuti	51:15,53333333
Decimalni stepeni	51,25888889

2.2.2.2. Projektovani koordinatni sistem

Nasuprot geografskom koordinatnom sistemu, koji definiše položaj u trodimenzionalnom sfernom modelu Zemlje, projektovani koordinatni sistem opisuje položaj tačke na površini Zemlje kao da su date tačke postavljene na ravnoj dvodimenzionalnoj ravni. Jednostavan način za shvatanje prethodne konstatacije je razmatranje projektovanog koordinatnog sistema kao sistema koji opisuje položaj tačke na mapi, pre nego na Zemljinoj kugli.

Ako se razmatraju sve tačke na površini Zemlje kao da su položene na ravni, može se definisati njihov položaj na toj ravni upotrebom kartezijanskih koordinata x i y koje predstavljaju razdaljinu tačke od koordinatnog početka duž x i y ose. U projektovanom koordinatnom sistemu, vrednosti koordinata se mogu označavati i kao istočni pravac (x koordinata) i severni pravac (y koordinata).

Pošto projektovani koordinatni sistem opisuje položaj objekta pomoću računanja udaljenosti od koordinatnog početka duž ravni koja predstavlja površinu Zemlje, vrednosti severne i istočne koordinate se izražavaju korišćenjem linearnih jedinica mere kao što su metri ili stope (Aitchison, 2009).

2.3. Kontekst ranjivosti

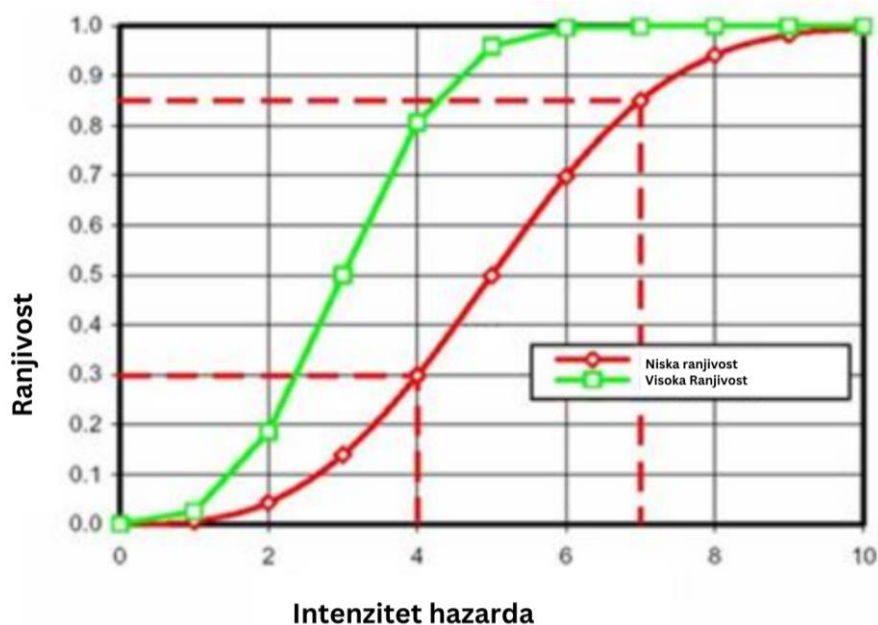
2.3.1. Pojam ranjivosti

Rizik od nastupanja katastrofalnog događaja ne zavisi samo od jačine potencijalnog hazarda ili brojnosti izložene populacije i imovine, već i od podložnosti, odnosno osetljivosti ljudi i imovine na ekonomske gubitke i štetu. Ranjivost se odnosi na karakteristike i okolnosti u kojima se neka zajednica ili sistem (element koji je pod rizikom, npr. pojedinac, domaćinstvo, oblast, nacija, zgrada, kvart, infrastruktura itd.) nalazi i koji čine tu zajednicu ili sistem osetljivom na hazard i mogu izazvati gubitke ukoliko dođe do ostvarenja hazarda.

U skladu sa Internacionalnom Strategijom za Redukciju Katastrofa Ujedinjenih nacija, ranjivost se definiše kao stanje ljudi ili procesa koje proističe iz fizičkih, socijalnih, ekonomskih i faktora životne sredine, i koje utiče na verovatnoću i razmeru štete od potencijalnog hazarda (Thywissen, 2006). Ranjivost može obuhvatati različite tipove gubitaka

koji proističu iz ranjivosti sistema ili zajednice, a može se razlikovati kao fizička ranjivost, ekonomska ranjivost, socijalna ranjivost i ranjivost životne sredine (Westen, 2016a). Fizička ranjivost predstavlja potencijal fizičkog uticaja na fizičko okruženje, odnosno na elemente koji su pod rizikom (eng. *EaR – Elements at Risk*). Izražava se kao stepen gubitka datog elementa ili skupa elemenata koji je nastao pojavom prirodnog fenomena date jačine i izražen je na skali od 0 (bez oštećenja) do 1 (ukupna šteta). Ekonomska ranjivost predstavlja potencijalne uticaje opasnosti na imovinu i procese (npr. prekid poslovanja, sekundarni efekti poput povećanog siromaštva i gubitka posla) odnosno ranjivost različitih ekonomskih sektora. Socijalna ranjivost predstavlja potencijalni uticaj hazardnog događaja na grupe kao što su siromašni, domaćinstva sa samohranim roditeljima, trudnice ili dojilje, hendikepirani, deca i stare osobe. Ranjivost životne sredine se odnosi na potencijalni uticaji katastrofalnih događaja na elemente životne sredine (flora, fauna, ekosistemi, biodiverzitet) (Westen, 2016a).

Ranjivost se može prikazati na različite načine. Jedan od načina je prikaz u formi dijagrama, odnosno krive ranjivosti. Kriva ranjivosti prikazuje odnos između intenziteta hazarda i stepena oštećenja elementa pod rizikom. Različiti elementi pod rizikom mogu pretrpeti različit stepen štete pod uticajem hazarda istog intenziteta u zavisnosti od sopstvene ranjivosti (Slika 2.7).



Slika 2.7 Primer krive ranjivosti (Westen, 2016a)

2.3.2. Popoulacija povećane ranjivosti

Kako bi se postiglo smanjenje ranjivosti određene zajednice neophodno je identifikovati najranjivije elemente pod rizikom date zajednice. Različite društvene grupe u okviru iste zajednice usled uslova i okolnosti u kojima se nalaze mogu pretrpeti različitu štetu u slučaju ostvarenja hazarda određenog intenziteta. U okviru svake zajednice, deca, stare osobe i osobe sa invaliditetom, se mogu determinisati kao najranjivija populacija. Osobe sa invaliditetom, zbog smanjenog nivoa kognitivnih sposobnosti, mogu imati izazove u prepoznavanju

akcidentnih situacija i razumevanju potrebe za evakuacijom. Takođe, osobe sa fizičkim ograničenjima unutar ove populacije mogu biti sprečene da se samostalno evakušu u slučaju katastrofalnih događaja. Smanjena kognitivna sposobnost može otežati osobi da prepozna znakove opasnosti, proceni situaciju ili donese brze odluke u vezi sa evakuacijom. To može dovesti do produženog vremena reakcije ili čak propuštanja prilike za evakuaciju, čime se povećava rizik za njihovu bezbednost.

Kada su u pitanju fizička ograničenja, osobe sa invaliditetom mogu se suočiti sa izazovima u fizičkoj mobilnosti i sposobnosti da se brzo i efikasno evakušu. Ograničena pokretljivost, nedostatak prilagođenih sredstava za evakuaciju ili nedostatak pristupačnih puteva i objekata mogu otežati ili onemogućiti osobama sa invaliditetom da napuste opasno područje na vreme.

Usvajanje inkluzivnih pristupa i planova za vanredne situacije je ključno kako bi se osigurala zaštita osoba sa invaliditetom u slučaju katastrofalnih događaja. To uključuje pružanje jasnih informacija, obuke i podrške osobama sa invaliditetom, kao i prilagođavanje evakuacionih planova, objekata i resursa kako bi se osigurala njihova sigurnost i mobilnost tokom evakuacije. Takođe je važno uključivanje osoba sa invaliditetom u procese planiranja i donošenja odluka kako bi se njihove specifične potrebe adekvatno adresirale i osigurala njihova inkluzija u sisteme zaštite od katastrofa.

2.3.3. Osobe sa invaliditetom u katastrofalnim događajima

Termin osoba sa posebnim potrebama odnosi se na nepokretne osobe u kolicima, decu predškolskog uzrasta, osobe starije od 65 godina, slepe ili gluve osobe, osobe sa srčanim oboljenjima, emocionalnim ili psihičkim smetnjama, artritisom, alergijama, astmom, respiratorne bolesnike, kao i na osobe sa vizuelnim, slušnim i opažajnim ograničenjima (National Council of Disability, 2005). Osobe sa invaliditetom, u velikom broju slučajeva, žive ili borave u ustanovama kao što su domovi za stare, stacionari, domovi za osobe sa posebnim potrebama, dnevni boravci i radni centri za osobe sa posebnim potrebama i dr. Korisnici ovih ustanova su u većini slučajeva u nemogućnosti da spoznaju i pravovremeno odreaguju na opasnost kada dođe do akcidenta, dok fizička ograničenja otežavaju evakuaciju. Stoga, neophodno je da osoblje stacionara i domova za osobe sa posebnim potrebama bude svesno mogućnosti potrebe za evakuacijom i obučeno za asistenciju korisnicima. Osim toga, osobe sa invaliditetom mogu biti izložene katastrofalnom događaju i van mesta svog stanovanja ili boravka. U tom slučaju profesionalci koji sprovode odgovor na katastrofalni događaj, u većini slučajeva, ukoliko to nije eksplicitno očigledno, previđaju činjenicu da pojedini pripadnici društva nisu u mogućnosti da opaze akcidentnu situaciju ili da se samostalno evakušu. U najčešćem broju slučajeva osobe sa invaliditetom će u katastrofalnim događajima biti prepuštene sopstvenim mogućnostima za reakciju.

Osobe sa invaliditetom čine oko 15% svetske populacije, što je otprilike 1 milijarda ljudi (World Health Organization, 2011). U slučaju katastrofalnih događaja, osobe sa invaliditetom su 2 do 4 puta više izložene riziku od gubitka života u poređenju sa osobama bez invaliditeta. Takođe, 6% onih koji su pogođeni katastrofalnim događajima ostaje trajno invalidno (United Nations Economic and Social Commission for Asia and the Pacific, 2017).

Anketa sprovedena od strane Ujedinjenih Nacija 2013. godine, koja je obuhvatila 5450 osoba sa invaliditetom iz 126 zemalja, daje uvid u razloge zbog kojih osobe sa invaliditetom gube živote u katastrofalnim događajima u nesrazmerno visokim stopama (United Nations Office for Disaster Risk Reduction, 2013):

- 20% anketiranih osoba tvrdi da bi se moglo brzo evakuisati, bez poteškoća, dok bi većina imala određeni nivo poteškoća ili ne bi uopšte bili u mogućnosti da se evakušu u slučaju iznenadnog katastrofalnog događaja;
- 38% ispitanika tvrdi da bi mogli da se evakušu bez poteškoća, ukoliko bi bilo dovoljno vremena za evakuaciju.
- 71% ispitanika tvrdi da nema lični plan pripremljenosti za katastrofalni događaj;
- 31% ispitanika uvek ima nekog za pomoć u slučaju potrebe evakuacije;
- 13% ispitanika nema nikog za pomoć u slučaju evakuacije;
- 17% ispitanika su svesni plana za upravljanje katastrofalnim događajima u mestu svog stanovanja, od kojih je 14% konsultovano prilikom kreiranja plana;
- 50% ispitanika je odgovorilo da bi učestvovali u kreiranju plana upravljanja katastrofalnim događajima u svojoj zajednici.

Istraživanjem koje je sprovedeno u oblasti Kvinslend u Australiji (Villeneuve, 2020), putem intervjua anketirano je 190 osoba, od kojih su 66 osobe sa invaliditetom. Cilj ovog istraživanja bio je usmeriti pažnju na mogućnosti osoba sa invaliditetom prilikom reagovanja na katastrofalne događaje, kao i uključivanje ove populacije u fazu pripreme za takve događaje. Većina ispitanika sa invaliditetom odgovorila je da nemaju plan u slučaju vanredne situacije. Takođe, problem koji je identifikovan je taj što postoje različiti oblici invaliditeta kojima je potrebno prilagoditi različit pristup u pogledu reakcije tokom katastrofalnog događaja. Veliki broj osoba sa invaliditetom su izjavile kako su im mašine ili uređaji neophodna pomagala bez kojih ne bi mogli funkcionisati, dok su pojedinim osobama neophodni da ih održe u svakodnevnom životu, stoga je potrebno omogućiti evakuaciju i transport osobe do bezbednog mesta ili bolnice, zajedno sa pomagalom. Takođe, transport osoba sa invaliditetom zajedno sa pomagalom može biti ograničen usled neprilagođenosti vozila koja se upotrebljavaju za evakuaciju. I konačno, kada osoba sa invaliditetom stigne do bezbednog mesta, odnosno skloništa, bolnice ili doma od prijatelja ili šire porodice, ta mesta su najčešće neprilagođena različitim oblicima invaliditeta.

Takođe, u anketi se mišljenje da su komšije oni koji će prvi priskočiti u pomoć osobama sa invaliditetom u slučaju vanredne situacije, pokazalo neosnovanim iz 3 razloga. Prvo, neke od osoba sa invaliditetom su socijalno izolovane. Drugo, osobe sa invaliditetom se osećaju isključene iz društva, tj. u vrlo uskim krugovima društva se osećaju dobrodošlim, u većini situacija su diskriminisane, što posledično podriva njihovo samopouzdanje da traže pomoć kako u redovnim, tako i u vanrednim situacijama. Treće, osobe sa invaliditetom su svesne da pružanje pomoći njima predstavlja dodatno opterećenje u odnosu na pružanje pomoći osobama bez invaliditeta, stoga se ustručavaju i da traže pomoć, i usmeravaju se na pripremu kako bi u slučaju vanredne situacije što više mogli da se oslone sami na sebe.

Imajući u vidu rezultate navedenih ispitivanja, kao i potrebu za determinacijom ranjivosti u pogledu uticaja potencijalnog hazarda na prepoznatu posebno ugroženu populaciju, kontekst ranjivosti je neophodno sagledati kroz različite kategorije invaliditeta.

2.3.4. Kategorije invaliditeta

Različite kategorije invaliditeta zahtevaju različit pristup prilikom faze pripreme za katastrofalni događaj odnosno pripreme za evakuaciju. Klasifikacije invaliditeta po kategorijama su mnogobrojne i zavise od cilja zbog kojeg se realizuje klasifikacija.

Na primer, prilikom gradnje objekata neophodno je prilagoditi pristup osobama sa invaliditetom kako u svakodnevnim uslovima, tako i u vanrednim situacijama. Stoga, u Pravilniku o tehničkim standardima planiranja, projektovanja i izgradnje objekata, kojima se osigurava nesmetano kretanje i pristup osobama sa invaliditetom, deci i starim osobama (Sl. glasnik RS, 22/2015) prepoznate su 2 kategorije invaliditeta:

1. Osoba sa invaliditetom je osoba sa telesnim, senzornim ili intelektualnim oštećenjem koja usled barijera koje postoje u okruženju ne može nesmetano da se kreće i da koristi površine javne namene, objekte za javno korišćenje, stambene i stambeno poslovne zgrade sa deset i više stanova, uključujući i javni prevoz i druge usluge namenjene javnosti;
2. Osobe smanjene pokretljivosti su osobe sa fizičkim ili senzornim invaliditetom, stare osobe, trudnice, i/ili druge osobe čija je mogućnost nesmetanog kretanja privremeno ili trajno smanjena usled barijera sa kojima se susreću u okruženju.

Portal INVALIDNOST.INFO koji se bavi pružanjem sveobuhvatnih informacija o invalidnosti prepoznaje četiri kategorije invaliditeta (INVALIDNOST.INFO):

1. fizički invaliditet (osobe korisnici kolica, osobe koje se otežano kreću),
2. senzorni invaliditet (osobe oštećenog sluha, osobe oštećenog vida),
3. invaliditet vezan za teškoće u učenju (osobe ometene u mentalnom razvoju, osobe sa autizmom) i
4. kombinovani invaliditet

Za potrebe kreiranja organizacionih i tehničkih rešenja za upozorenje i evakuaciju osoba sa invaliditetom u slučaju katastrofalnog događaja Nacionalna Asocijacija za Protivpožarnu Zaštitu iz SAD (eng. *USA National Fire Protection Association*) klasifikovala je različite oblike invaliditeta u 5 kategorija: ograničenja u kretanju, vizuelna ograničenja, ograničenja sluha, ograničenja u govoru, kognitivna ograničenja (NFPA, 2016).

1. Ograničenja u kretanju

Ograničenja u kretanju se mogu manifestovati kao nemogućnost upotrebe ili nedostatak udova, umesto kojih osoba koristi veštačke delove, odnosno proteze. Takođe, osobe sa ograničenjima u kretanju mogu koristiti pomoćne uređaje kao što su štap, štake, invalidska kolica kako bi se mogli samostalno kretati. Problemi prilikom evakuacije osoba sa ograničenjima u kretanju uključuju prolazak kroz uske prostore, penjanje strmim ili uskim stazama, kretanje preko

grubih ili neravnih površina, kretanje stepenicama. Olakšavajuća okolnost za profesionalce koji sprovode evakuaciju je ta što su ograničenja u kretanju lako uočljiva, te je mogućnost adekvatnog reagovanja tokom katastrofalnog događaja olakšana.

2. Vizuelna ograničenja

Osobe sa vizuelnim ograničenjima mogu biti slabovide ili potpuno slepe. Slabovide osobe mogu da razlikuju svetlost i tamu, boje, mogu da čitaju krupne natpise, ali nisu u mogućnosti da se kreću kroz slabo osvetljeni prostor, niti da čitaju sitno napisane oznake. Mnoge osobe sa vizuelnim ograničenjima zavise od čula dodira i sluha za orijentaciju i kretanje u prostoru, dok neke koriste štap kao pomagalo. U slučaju evakuacije, postoji rizik da slabovida ili slepa osoba ne primeti znak za evakuaciju ili znak za upozorenje o novonastaloj opasnosti tokom evakuacije.

3. Oštećenja sluha

Oštećenja sluha se mogu manifestovati kao potpuna nemogućnost raspoznavanja zvuka kada se osobe oslanjaju na jezik znakova ili delimična oštećenja sluha kada osoba može koristiti slušni aparat i čitati sa usana. Osobe sa oštećenim sluhom, u većini slučajeva, ne mogu da čuju alarme i glasovne najave koje upozoravaju na opasnost u slučaju potrebe za evakuacijom.

4. Ograničenja u govoru

Govorna ograničenja mogu biti uzrokovana različitim uslovima, ali svi rezultiraju određenim nivoom gubitka sposobnosti govora ili jasne verbalne komunikacije. Ograničenja u govoru mogu biti poteškoća prilikom evakuacije ukoliko u objektu postoje sistemi koji se pokreću uz pomoć senzora za govor.

5. Kognitivna ograničenja

Kognitivna ograničenja predstavljaju smanjen ili potpuno oštećen nivo sposobnosti za obradu i razumevanje informacija koje su primljene putem čula. Mogu biti uzrokovana širokim spektrom stanja kao što su: razvojne smetnje, multipla skleroza, depresija, alkoholizam, Alchajmerova bolest, Parkinsonova bolest, traumatske povrede mozga, sindrom hroničnog umora, moždani udar kao i neka psihijatrijska stanja.

Pored navedenih kategorija invaliditeta, postoje različiti nivoi invaliditeta, koji takođe utiču na funkcionalnost ljudi u katastrofalnom događaju. Takođe, jedna osoba može imati višestruki invaliditet, dok druga osoba može imati invaliditet sa fluktuirajućim simptomima (NFPA, 2016). Dalje, ne može se predvideti kada će nekome trebati pomoć, na primer u slučaju slomljene noge ili razvoja bolesti srca ili pluća.

3. Materijal i metode

3.1. Odabir lokacije akcidenta

3.1.1. Lokacija postrojenja za proizvodnju amonijaka u Republici Srbiji

U Republici Srbiji, jedino industrijsko postrojenje u kojem se proizvodi amonijak je HIP Azotara iz Pančeva. Osim amonijaka, u HIP Azotari se proizvode mineralna đubriva, azotna kiselina, amonijum nitrat, azotni rastvori, ugljen dioksid, sintezni gas, industrijski vazduh. U HIP Azotari Pančevo obavljaju se i uslužne delatnosti: kontrola kvaliteta i kvantiteta proizvoda i njihovog uticaja na životnu sredinu, kontrola kvaliteta opreme, inspekcijski poslovi i prijemna kontrola, korozivna ispitivanja i zaštita materijala, rafinacija i regeneracija plemenitih metala (platine, paladijuma i rodijuma) kao i usluge transporta.

HIP Azotara iz Pančeva nalazi se na listi Seveso II postrojenja. Seveso postrojenje jeste postrojenje u kojem se obavljaju aktivnosti u kojima je prisutna ili može biti prisutna opasna materija u jednakim ili većim količinama od propisanih (Zakon o zaštiti životne sredine (Sl. Glasnik RS, 135/2004, 36/2009, 36/2009 - dr. zakon, 72/2009 - dr. zakon, 43/2011 - odluka US, 14/2016, 76/2018, 95/2018 - dr. zakon i 95/2018 - dr. zakon)). To je tehnička jedinica unutar kompleksa gde se opasne materije proizvode, koriste, skladište ili se njima rukuje. Postrojenje uključuje svu opremu, zgrade, cevovode, mašine, alate, interne koloseke i depoe, dokove, istovarna pristaništa za postrojenja, pristane, skladišta ili slične građevine, na vodi ili kopnu, a koje su nužne za funkcionisanje postrojenja.. Stoga, HIP Azotara iz Pančeva podleže obavezamo Seveso II Direktive (izrada Politike prevencije udesa ili Izveštaja o bezbednosti i Plana zaštite od udesa), čijom se primenom omogućava prevencija, pripremljenost i brzi odgovor na hemijski akcident.

Industrijski kompleks HIP Azotara Pančevo nalazi se na 44°50'31,08" severne geografske širine i 20°40'8,89" istočne geografske dužine, na nadmorskoj visini od 78 m, odnosno pored puta Pančevo-Starčevo, u ulici Spoljnostarčevačka br. 80. U neposrednom okruženju azotare nalaze se HIP Petrohemija a.d. Pančevo i NIS Rafinerija nafte Pančevo. Rastojanje industrijske zone od centra Pančeva iznosi 4 km, a od Beograda 22 km. U pogledu uključivanja u saobraćajne tokove lokacija HIP Azotare Pančevo je povoljna. Ka severozapadu azotara je povezana sa uključenjem na međunarodni put E-70 preko kojeg se dalje povezuje prema zapadu sa Beogradom i prema istoku sa Kovinom i Smederevom. Gradskim saobraćajnicama u Pančevu povezana je sa izlaskom prema Vršcu i Zrenjaninu. HIP Azotara je sa rekom Dunav povezana veštačkim kanalom (Slika 3.1).



Slika 3.1 Lokacija i prostorno okruženje HIP Azotare Pančevo (Google Earth, 2021)

Amonijak proizveden u HIP Azotari Pančevo, u većem procentu se koristi kao sirovina za proizvodnju azotnih veštačkih đubriva, dok se manja količina upotrebljava u hemijskoj, tekstilnoj i prehrambenoj industriji za zamrzavanje namirnica, odnosno u rashladnim sistemima. Za potrebe distribucije amonijaka od HIP Azotare iz Pančeva do navedenih mesta upotrebe neophodno je organizovati bezbedan transport. Transport amonijaka obavljaju preduzeća specijalizovana za transport hemikalija koja poseduju vozila specijalno projektovana za tu svrhu.

3.1.2. Lokacija i prostorno okruženje Novog Sada

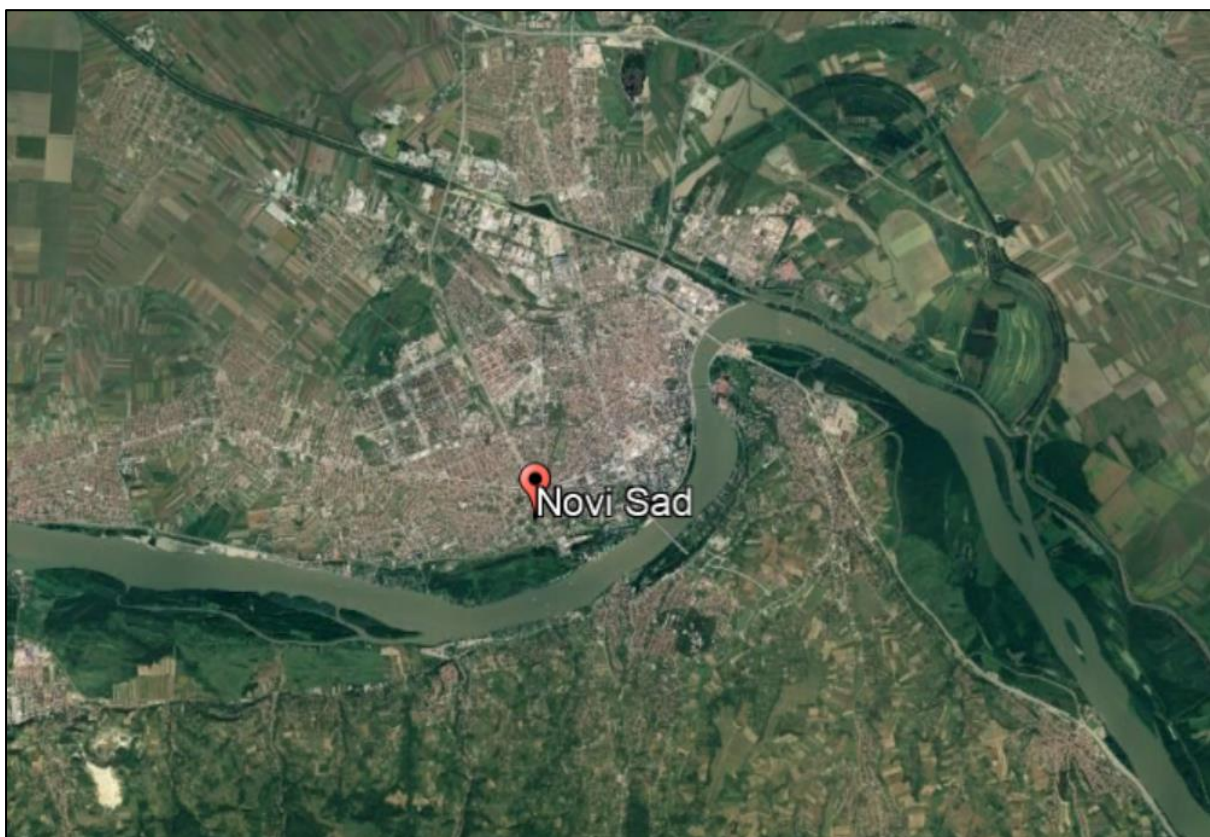
Na putanji vozila za transport amonijaka od mesta proizvodnje u HIP Azotari Pančevo, do mesta upotrebe u Calsberg pivari u Čelarevu nalazi se Novi Sad sa svojim prigradskim naseljima. Novi Sad se nalazi na $45^{\circ}20'$ severne geografske širine i $19^{\circ}51'$ istočne geografske dužine, na nadmorskoj visini između 72-84 m. Po broju stanovnika i površini, Novi Sad je, posle Beograda, drugi grad u Republici Srbiji, a najveći grad Autonomne Pokrajine Vojvodine. Zajedno sa prigradskim naseljima, obuhvata površinu od 702,7 km² i broji 402 681 stanovnika (popis iz 2019. godine), dok urbano jezgro grada, zajedno sa Petrovaradinom i Sremskom Kamenicom naseljava 412 157 stanovnika. Prigradska naselja Novog Sada su: Begeč, Budisava, Bukovac, Veternik, Kać, Kisač, Kovilj, Ledinci, Rumenka, Stari Ledinci, Stepanovićevo, Futog, Čenej. Neka od prigradskih naselja su se zbog povećanja brojnosti stanovnika, kao i širenja stambene zone grada, fizički spojila sa Novim Sadom i čine sa njim celovito urbano područje – aglomeraciju.

Grad Novi Sad je podunavsko naselje, obzirom da se prostire između 1 252 i 1 262 kilometra Dunava. Na levoj obali Dunava nalazi se Novi Sad, a na desnoj obali Petrovaradin i Sremska Kamenica, koji su se vremenom fizički, funkcionalno i socijalno integrisali, stvarajući jedinstvenu celinu (konurbaciju) (Petrović, 2017). Leva obala Dunava predstavlja ravničarsku,

bačku strana grada, dok je na desnoj obali smeštena brdovita, sremska strana. Sremski deo grada je na većoj nadmorskoj visini od bačkog dela, koja se kreće između 250-350 m. U Dunav se, sa bačke strane, uliva Mali bački kanal, koji pripada sistemu kanala Dunav-Tisa-Dunav.

Prolazak Dunava kroz Novi Sad omogućava rečnu vezu grada sa okruženjem. Dunavski koridor, odnosno koridor broj 7 povezuje zemlje Zapadne Evrope sa Crnim morem, dok Mali bački kanal, odnosno kanal Dunav-Tisa-Dunav povezuje Novi Sad sa Srednjom Evropom. Drumsku i železničku vezu grada sa okruženjem obezbeđuje koridor 10 koji se prostire od Salzburga do Soluna, povezujući grad sa Austrijom, Mađarskom, Slovenijom, Hrvatskom, Bugarskom, Makedonijom i Grčkom.

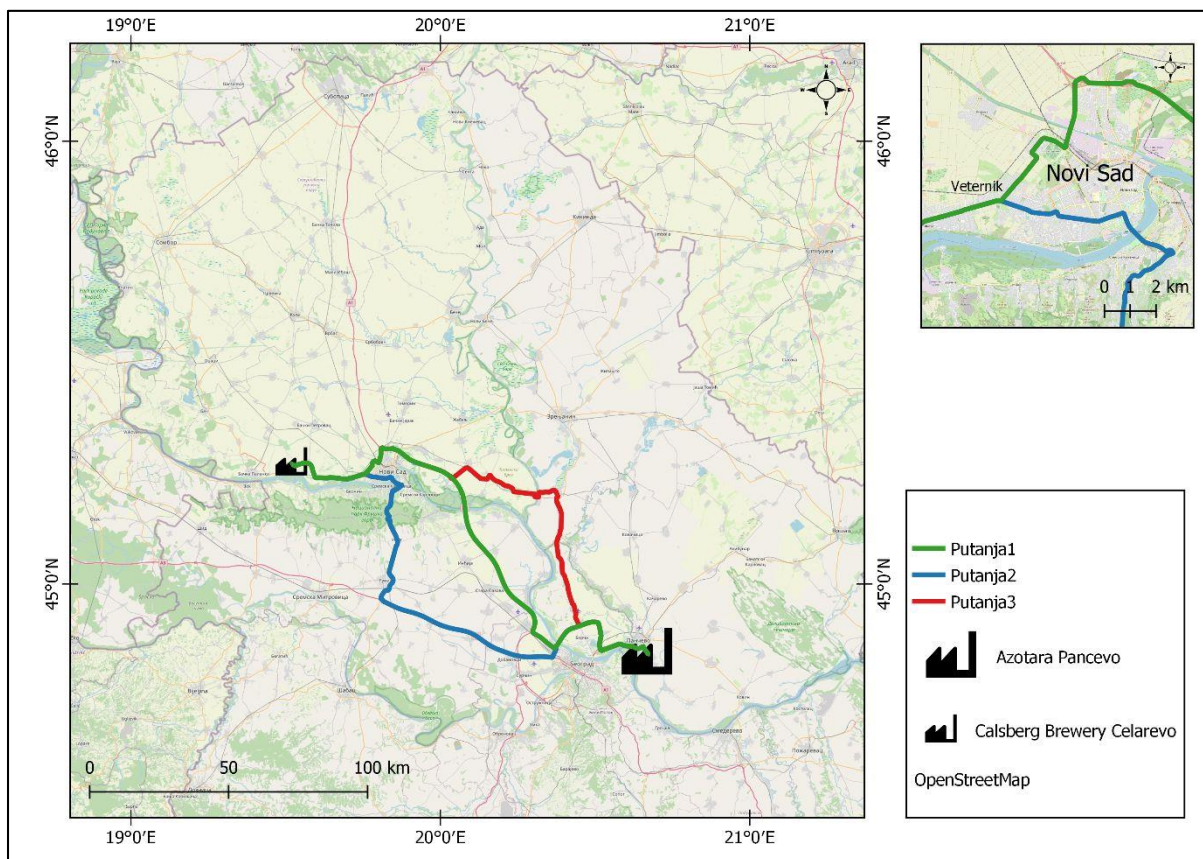
Novi Sad predstavlja ekonomski centar Autonomne Pokrajine Vojvodine u kojem je najznačajnije industrijsko postrojenje Rafinerija nafte Novi Sad, a u gradu se nalazi i sedište Naftne industrije Srbije. Novi Sad predstavlja kulturni centar Vojvodine, dok se turizam grada sve više i više razvija. Takođe, Novi Sad sa 14 fakulteta i 50 000 studenata predstavlja jedan od najvećih naučnih i obrazovnih centara Srednje Evrope.



Slika 3.2 Prostorno okruženje Novog Sada

3.1.3. Moguće putanje cisterne sa amonijakom

Analizom mogućih putanji cisterne, utvrđena su tri različita puta, od kojih sva tri prolaze kroz Veternik, prigradsko naselje u blizini Novog Sada. Na slici 3.3 prikazane su sve tri putanje: Putanja1, Putanja 2 i Putanja 3.



Slika 3.3 Moguće putanje cisterne sa amonijakom od HIP Azotare Pančevo do Calsberg d.o.o. Čelarevo

Sva tri moguća puta za transport cisterne sa amonijakom koja polazi iz HIP Azotare uključuju se na put E-70 u Pančevu. U Zemunu, Putanja 1 skreće na autoput za Novi Sad, dok Putanja 2 ostaje na putu E-70 prema Rumi. Putanja 3 odvaja se na Zrenjaninski put kod mesta Kovilovo. Putanja 3 se približava Novom Sadu i spaja se sa Putanjom 1, dok se Putanja 2 spaja sa Putanjom 1 u Veterniku. Sva tri puta prolaze kroz nekoliko naseljenih mesta, što znači da stanovništvo tih mesta može biti izloženo potencijalnom riziku od posledica curenja amonijaka iz cisterne.

3.1.4. Posebno ranjiva populacija duž putanje cisterne sa amonijakom

Kritične tačke duž putanje cisterne za prevoz amonijaka su one lokacije na kojima se nalazi posebno ranjiva populacija, jer se katastrofalni događaj može ostvariti kada se ranjivost i izloženost podudaraju u istom vremenskom i prostornom intervalu. Te lokacije uključuju bolnice, škole, vrtiće, staračke domove i ustanove za osobe sa posebnim potrebama. Posebno

ranjiva populacija može obuhvatiti stare osobe, decu nižeg uzrasta, kao i osobe sa hroničnim bolestima ili drugim fizičkim ili kognitivnim ograničenjima. Ove osobe mogu biti onemogućene da prepoznaju ili pravovremeno reaguju na katastrofalni događaj. Imajući u vidu specifična i različita ograničenja sa kojima se osobe sa posebnim potrebama suočavaju svakodnevno, ova populacija se može smatrati najranjivijom u poređenju sa drugim ranjivim grupama stanovništva. Na svakoj od tri identifikovane putanje cisterne sa amonijakom, posebno rizične tačke u pogledu mogućnosti nastanka akcidenta su raskrsnice i kružni tokovi. Ovi delovi puta se karakterišu velikim brojem vozila koja se istovremeno susreću, što povećava verovatnoću saobraćajnih nesreća. Za potrebe istraživanja u okviru doktorske disertacije, analizirane su lokacije centara boravka osoba sa invaliditetom koji se nalaze u blizini raskrsnica i kružnih tokova duž odabranih putanja amonijaka u urbanom području Novog Sada i njegovih prigradskih naselja. Dom "Veternik", kao ustanova socijalne zaštite za smeštaj osoba sa invaliditetom u Veterniku, se nalazi u neposrednoj blizini raskrsnice i kružnog toka, te je izložen potencijalnom riziku ukoliko dođe do akcidentnog događaja.

3.1.5. Ustanova za decu i mlade Veternik

Ustanova za decu i mlade Veternik (Dom „Veternik“) je ustanova socijalne zaštite predviđena za smeštaj do 500 osoba sa invaliditetom podeljenih u dve grupe: jedinica za decu i omladinu i jedinica za odrasle osobe. Kao ustanova socijalne zaštite Dom „Veternik“ je osnovan 1971. godine, a počeo je sa radom u februaru 1972. godine, obezbedivši smeštaj za 210 korisnika. Ustanova zbrinjava preko 500 korisnika o kojima se brine preko 260 zaposlenih. Dom „Veternik“, osim smeštaja, korisnicima obezbeđuje zdravstvenu zaštitu, negu, vaspitno-obrazovni rad, stručno osposobljavanje, organizaciju slobodnog vremena i niz drugih aktivnosti. Cilj ove ustanove je povećati individualnu nezavisnost u obavljanju svakodnevnih aktivnosti korisnika.

Dom „Veternik“ je smešten u neposrednoj blizini Novog Sada, u prigradskom naselju Veternik. Veternik se nadovezuje na Novi Sad u pravcu prema Bačkoj Palanci. Adresa ustanove je Kninska 157. Međutim, navedena adresa vodi do zadnjeg, sporednog ulaza ustanove, do kojeg se dolazi mrežom sporednih ulica. Do glavnog ulaza u Dom, iz pravca Novog Sada dolazi se skretanjem u levo sa glavnog magistralnog puta u Novosadsku ulicu (Slika 3.4). Geografske koordinate Doma „Veternik, u WGS 84 prostornom referentnom sistemu su 45°14'38.90" severne geografske širine i 19°44'12.19" istočne geografske dužine.



Slika 3.4. Lokacija Ustanove za decu i mlade „Veternik“ (Google Earth)

Unutar ustanove korisnici su smešteni ili u male kućne zajednice ili u paviljonski smeštaj. Unutar paviljanskog smeštaja nalaze se korisnici kojima je neophodna asistencija prilikom obavljanja svakodnevnih aktivnosti kao i pomoć prilikom održavanje lične i higijene prostora. Asistenciju u ovoj vrsti smeštaja obavlja medicinsko osoblje, osoblje zaduženo za negu korisnika, kao i osoblje iz službe za održavanje higijene prostorija. Smeštaj u paviljonima se sastoji od spavaonica i dnevnih boravaka za manje grupe korisnika. Nasuprot paviljonskom smeštaju, unutar malih kućnih zajednica borave korisnici koji su dostigli visok stepen samostalnosti u obavljanju dnevnih aktivnosti i higijene. Korisnici malih kućnih zajednica uključeni su u vaspitno-obrazovni proces, kao i u program radnog osposobljavanja.

Radno vreme u ustanovi je organizovano u tri smene u kojima je prisutan različit broj zaposlenih. U prvoj smeni radi između 120 i 140 zaposlenih, u drugoj smeni između 80 i 100, dok je u trećoj smeni angažovano između 13 i 15 zaposlenih. Svi zaposleni raspoređeni su u okviru tri sektora. Sektor za zdravstvo, negu i higijenu broji 159 zaposlenih različitih stručnih profila. Sektor za edukaciju i rehabilitaciju obuhvata 45 zaposlenih. Sektor za pravno-upravne, finansijske i opšte poslove zapošljava 64 osobe.

Osobe sa invaliditetom, kako bi postali korisnici Doma „Veternik“ moraju da prođu kroz postupak kategorizacije koju sprovodi Centar za socijalni rad lokalne samouprave. Kategorije ometenosti korisnika Doma su:

1. Umerena i laka kategorija – korisnici koji su završili osnovnu, i eventualno srednju školu;
2. Teška kategorija;
3. Telesna i mentalna invalidnost.

Zastupljena je i podkategorija *Višestruka ometenost* koja podrazumeva da osoba osim lakše invalidnosti ima i određeni stepen smetnje u razvoju, na primer osoba može biti nepokretna i slepa.

3.2. Prikupljanje podataka

Za potrebe analize rizika od akcidenta oslobađanja amonijaka iz transportne cisterne, kao i izloženosti ranjive populacije u blizini ostvarenja akcidenta, neophodno je analizirati vrednosti varijabli identifikovanih unutar sva tri prepoznata konteksta – hazarda, izloženosti i ranjivosti. Kao što je prikazano na Slici 2.1 u okviru konteksta hazarda varijable su grupisane u dve klase: varijable životne sredine, i varijable izazvane uticajem čoveka. Većina identifikovanih varijabli životne sredine predstavljaju meteorološke parametre. Podaci o vrednostima meteoroloških parametara javno su dostupni na veb sajtu Republičkog hidrometeorološkog zavoda Srbije (RHMZS). Varijable izazvane uticajem čoveka odnose se na dimenzije i napunjenost cisterne za prevoz amonijaka čije vrednosti mogu varirati. Za potrebe ovog istraživanja korišćeni su podaci o cisterni preuzeti od firme TEHNOFRIGO KGH DOO iz Beograda.

3.2.1. Podaci o vrednostima meteoroloških parametara

Republički hidrometeorološki zavod Srbije obavlja prikupljanje, obradu i analizu podataka u okviru Meteorološkog osmatračkog sistema Srbije (MOSS) koji obuhvata sve lokacije na kojima se obavljaju merenja i osmatranja. Parametri koji se mere i osmatraju na meteorološkim stanicama MOSS-a su (RHMZ, 2021):

- sadašnje vreme;
- prošlo vreme;
- pravac, brzina i jačina vetra;
- količina, vrsta i visina baze oblaka;
- vidljivost;
- temperatura vazduha;
- vlažnost vazduha;
- atmosferski pritisak;
- tendencija pritiska i njena karakteristika;
- ekstremne temperature (minimalna i maksimalna);
- intenzitet, trajanje i količina padavina;
- stanje tla;
- smer kretanja oblaka;
- sijanje sunca;
- minimalna temperatura na 5 cm;
- temperatura zemljišta na dubinama 2, 5, 10, 20, 30, 50 i 100 cm;
- isparavanje sa zemljišta;
- isparavanje sa slobodne vodene površine;
- fenološka osmatranja;

- vlažnost zemljišta;
- komponente sunčeve radijacije;
- dnevni uzorci vazduha i padavina;
- intenzitet gama zračenja vazduha i padavina
- zaleđivanje na provodnicima;
- električno pražnjenje.

U Srbiji postoji 29 sinoptičkih (glavnih) stanica na kojima se obavljaju osmatranja i merenja meteoroloških pojava i elemenata u tačno određenim terminima za potrebe prognoze vremena, klimatologije, hidrologije i agrometeorologije. Sinoptičke stanice u Srbiji se nalaze u Somboru, Novom Sadu, Kikindi, Zrenjaninu, Sremskoj Mitrovici, Banatskim Karlovcima, Beogradu, Loznici, Valjevu, Kragujevcu, Požegi, Smederevskoj Palanci, Velikom Gradištu, Negotinu, Sjenici, Kraljevu, Čupriji, Kruševcu, Nišu, Dimitrovgradu, Leskovcu, Vranju, Prištini, Peći, Prizrenu, na Paliću, Crnom Vrh, Kopaoniku i Zlatiboru. Mreža sinoptičkih stanica u Srbiji prikazana je na Slici 3.5. Osim sinoptičkih, postoje i klimatološke i padavinske stanice. Na klimatološkim stanicama obavljaju se osmatranja i merenja meteoroloških pojava i elemenata u određenim terminima za potrebe klimatologije, hidrologije i agrometeorologije (Meteorologos, 2011a). Na padavinskim stanicama osmatraju se i mere visina i količina padavina, visina snežnog pokrivača, meteorološke pojave i obavljaju se fenološka osmatranja, po potrebi.



Slika 3.5 Mreža sinoptičkih stanica u Srbiji (RHMZ, 2021a)

Merenja koja se obavljaju na sinoptičkim meteorološkim stanicama, kao i na klimatološkim i padavinskim stanicama RHMZS-a javno su dostupna na veb sajtu ove institucije. Meteorološki godišnjak je dokument u kojem se, za svaku kalendarsku godinu, objavljuju podaci koji obuhvataju merenja i osmatranja u odgovarajućim terminima (7h, 14h i 21h). Osmatranja obuhvataju 51 meteorološku pojavu (kiša, sneg, oblaci, magla, slana, rosa, inje i sl) i 12 meteoroloških elemenata (RHMZ, 2016). Osnovni meteorološki elementi su radijacija, trajanje Sunčevog zračenja, temperatura vazduha i tla, vazdušni pritisak, pravac i brzina vetra, visina padavina, oblačnost, itd. (Dukić, 1999). U Meteorološkom godišnjaku sadržane su i izvedene meteorološke veličine kao što su relativna vlažnost vazduha i napon vodene pare. Podaci o mesečnim vrednosti meteoroloških pojava i elemenata su dati za sva merna mesta, dok su podaci o dnevnim merenjima i osmatranjima navedeni za 6 mernih stanica: Beograd, Zlatibor, Novi Sad, Vranje, Loznica i Niš.

Podaci o dnevnim merenjima u Meteorološkom godišnjaku organizovani su tabelarno. Navedene su vrednosti sledećih meteoroloških parametara:

- vazdušni pritisak (mbar),
- temperatura vazduha (°C),
- relativna vlažnost (%),

- napon vodene pare (mbar),
- pravac i brzina vetra (m/s),
- insolacija (h),
- oblačnost (desetine),
- padavine (mm),
- sneg (cm),
- pojave – susnežica, krupa, poledica, sugradica, grmljavina, magla.

Srednje dnevne i mesečne temperature vazduha računane su primenom formule (RHMZS, 2016):

$$T_{sr} = \frac{T_7 + T_{14} + 2 \cdot T_{21}}{4}$$

gde su:

T_7 – temperatura izmerena u 7 sati,

T_{14} – temperatura izmerena u 14 sati,

T_{21} – temperatura izmerena u 21 sat.

Srednje dnevne i mesečne vrednosti pritiska, relativne vlažnosti i napona vodene pare računane su primenom formule (RHMZS, 2016):

$$X_{sr} = \frac{X_7 + X_{14} + X_{21}}{3}$$

Minimalna i maksimalna temperatura vazduha mere se u 21h za tekući dan, dok se u 7h meri visina snežnog pokrivača, kao i dnevna visina padavina.

Podaci o dnevnim vrednostima navedenih meteoroloških parametara u tabeli su izraženi upotrebom tri različita tipa podatka. Tip podatka vrednosti varijabli vazdušni pritisak, temperatura vazduha, napon vodene pare, brzina vetra, insolacija i visina padavina je realni tip (*double*). Vrednosti varijabli relativna vlažnost, oblačnost i visina snežnog pokrivača su celobrojnog tipa (*integer*). Pravac vetra je podatak tipa karakter (*char*). Na slici 3.6 prikazan je primer tabele sa dnevnim vrednostima meteoroloških parametara izmerenih u Novom Sadu, u januaru 2016. godine. Za potrebe analize uticaja meteoroloških parametara na rasprostiranje amonijaka u atmosferi korišćeni su podaci iz Meteorološkog godišnjaka za 2016. godinu.

Д а н	Ваздушни притисак у mb				Температура ваздуха у °С								Релативна влажност						
	07	14	21	ср.	Екстрем макс	Екстрем мин	амт	5cm	07	14	21	ср.	07	14	21	ср.			
1	1018,7	1019,0	1017,0	1017,9	-0,2	-9,7	8,5	-11,0	-9,2	-0,4	-2,5	-3,4	87	49	86	74			
2	1015,4	1014,2	1011,8	1013,8	-1,0	-3,8	2,8	-3,5	-2,7	-1,7	-3,8	-3,0	84	80	80	81			
3	1007,4	1006,2	1006,0	1006,5	-3,7	-8,6	4,9	-6,0	-6,0	-6,4	-8,6	-7,4	87	89	81	86			
4	999,4	993,1	990,6	994,4	-4,8	-11,0	6,2	-11,8	-10,5	-6,0	-4,8	-6,5	70	83	91	81			
5	993,9	994,4	994,9	994,4	-1,2	-5,4	4,2	-5,2	-4,7	-1,8	-2,7	-3,0	91	96	97	95			
6	994,3	991,7	997,2	991,1	1,5	-3,0	4,5	-3,4	-1,8	1,2	0,8	0,3	98	95	95	96			
7	988,7	991,6	995,0	991,8	0,8	-1,0	1,8	-0,2	0,3	0,6	-1,0	-0,3	95	97	98	97			
8	998,2	1002,3	1002,4	1001,0	3,0	-4,5	7,5	-6,0	-1,5	1,8	0,7	0,4	99	87	95	94			
9	999,4	997,9	997,7	998,3	10,1	0,6	9,5	-0,1	2,5	9,5	5,4	5,7	92	85	94	90			
10	993,6	994,0	995,9	994,5	12,3	4,9	7,4	3,9	7,0	12,1	5,8	7,7	92	86	99	92			
11	994,3	990,4	986,5	990,4	17,7	4,7	13,0	3,0	12,4	16,8	15,7	15,2	63	52	54	56			
12	989,8	991,5	993,9	991,7	16,0	5,0	11,0	4,5	5,6	10,1	5,2	6,5	96	73	93	87			
13	998,3	1001,5	1004,1	1002,3	7,2	0,7	6,5	-3,0	1,6	6,2	1,6	2,8	95	79	97	90			
14	1008,6	1007,1	1003,3	1006,3	9,1	0,0	9,1	-3,4	0,5	8,8	3,2	3,9	95	60	84	80			
15	997,6	996,7	1000,6	998,3	5,7	2,1	3,6	0,5	3,7	4,4	2,3	3,2	97	97	95	96			
16	1002,3	1002,8	1003,4	1002,8	2,8	-1,0	3,8	-4,0	-0,6	2,6	0,1	0,6	98	84	87	90			
17	1002,3	1001,5	1003,6	1002,5	0,2	-3,2	3,4	-3,2	-2,6	-1,7	-2,8	-2,5	78	74	89	80			
18	1007,4	1008,7	1009,7	1008,6	-0,9	-4,6	3,7	-4,4	-4,0	-1,4	-2,2	-2,5	84	69	75	76			
19	1010,0	1009,5	1010,3	1009,9	-0,4	-5,5	5,1	-6,0	-3,2	-0,6	-5,3	-3,6	81	67	84	77			
20	1008,8	1007,6	1008,6	1008,3	4,0	-9,0	13,0	-9,8	-8,6	3,8	-2,0	-2,2	92	56	83	77			
21	1010,5	1013,3	1019,9	1014,6	3,2	-5,4	8,6	-8,5	-4,7	3,1	-3,4	-2,1	93	66	84	81			
22	1023,7	1024,9	1026,5	1025,0	0,4	-8,1	8,5	-10,0	-7,4	-0,7	-4,6	-4,3	88	65	87	80			
23	1025,6	1023,7	1023,6	1024,3	0,8	-9,6	10,4	-12,5	-8,8	0,8	-3,2	-3,6	92	57	83	77			
24	1023,5	1023,9	1025,0	1024,1	-0,6	-3,5	2,9	-4,7	-2,4	-1,7	-1,2	-1,6	96	96	97	96			
25	1022,3	1019,5	1017,3	1019,7	5,0	-4,0	9,0	-5,5	-3,4	4,6	1,8	1,2	95	84	97	92			
26	1017,3	1019,1	1018,7	1018,4	6,0	1,2	4,8	1,1	2,4	5,2	2,3	3,1	97	97	100	98			
27	1016,8	1015,1	1015,5	1015,8	11,8	-0,5	12,3	-1,2	0,5	10,8	2,2	3,9	98	86	100	95			
28	1015,5	1015,4	1016,9	1015,9	15,6	1,6	14,0	-1,6	4,8	15,3	7,4	8,7	93	61	89	81			
29	1017,6	1018,1	1021,4	1019,0	11,7	2,7	9,0	-0,3	5,8	11,6	4,2	6,5	94	84	97	92			
30	1020,1	1016,1	1010,1	1015,4	12,0	-0,8	12,8	-3,8	0,4	11,4	12,0	9,0	96	77	59	77			
31	1004,9	1005,6	1008,1	1006,2	12,5	4,8	7,7	7,1	10,8	7,6	5,0	7,1	69	95	97	87			
dek1	1000,9	1000,3	999,9	1000,4	1,7	-4,0	5,7	-4,3	-2,6	0,9	-1,1	-0,9	90	85	92	89			
dek2	1001,9	1001,7	1002,4	1002,0	6,1	-1,1	7,2	-2,6	0,5	4,9	1,6	2,1	88	71	84	81			
dek3	1018,0	1017,7	1018,5	1018,0	7,1	-2,0	9,1	-3,6	-0,2	6,2	2,0	2,5	92	79	90	87			
mes	1007,3	1006,9	1007,3	1007,2	5,1	-2,4	7,4	-3,5	-0,7	4,1	0,9	1,3	90	78	89	86			
Д а н	Напон водене паре (mb)				Привиди брзина ветра (m/s)				Инсо-лација у десетинама				Пад-снег-више (cm)		Појаве				
	07	14	21	ср.	07	14	21	ср.	07	14	21	ср.	У	Н	☉	☽			
1	2,9	2,9	4,4	3,4	ESE	2,4	ENE	0,8	C	0,0	1,1	6,0	0	7	10	5,7	*		
2	4,2	4,3	3,7	4,1	E	4,4	E	4,4	E	9,4	6,0	0,0	10	10	10	10,0	0,0	.0	*
3	3,4	3,4	2,6	3,1	E	9,4	E	4,4	ESE	6,7	6,8	0,0	10	10	10	10,0	1,0	3,3	*
4	1,9	3,2	3,9	3,0	ESE	6,7	ESE	6,7	ESE	2,4	5,3	0,0	8	10	10	9,3	0,9	4,1	*
5	3,9	5,2	4,9	4,7	C	0,0	E	2,4	E	2,4	1,6	0,0	10	10	10	10,0	2,5	5,1	*
6	5,3	6,3	6,1	5,9	E	0,8	ENE	4,4	NNE	4,4	3,2	0,2	10	10	10	10,0	.5	.	*
7	5,9	6,2	5,6	5,9	WSW	4,4	WSW	6,7	WSW	2,4	4,5	0,0	10	10	0	6,7	8,0	2.	*
8	5,4	6,0	6,1	5,8	WSW	0,8	WSW	0,8	E	2,4	1,4	1,0	3	9	7	6,3	2,9	3,2	*
9	6,7	10,2	8,5	8,5	E	4,4	E	2,4	E	2,4	3,0	0,0	10	9	10	9,7	0,5	1.	*
10	9,2	12,1	9,1	10,1	E	4,4	WSW	2,4	SE	0,8	2,5	0,0	10	9	4	7,7	0,7	.	*
11	9,1	9,9	9,6	9,5	SSE	2,4	SSE	2,4	SSE	4,4	3,0	1,4	9	6	10	8,3	1,8	.	*
12	8,7	9,1	8,2	8,7	SSW	2,4	SE	2,4	SSW	2,4	2,4	4,5	9	6	5	6,7	9,8	.	*
13	6,5	7,4	6,6	6,8	WSW	2,4	NNW	4,4	SW	2,4	3,0	1,4	4	10	1	5,0	.	.	*
14	6,0	6,8	6,5	6,4	SW	0,8	E	4,4	E	2,4	2,5	5,5	1	7	4	4,0	1,1	.	*
15	7,7	8,1	6,9	7,6	E	2,4	W	2,4	WSW	2,4	2,4	0,0	10	10	7	9,0	5,7	.	*
16	5,7	6,2	5,4	5,8	WSW	2,4	NW	2,4	NNW	4,4	3,0	0,9	3	10	10	7,7	14,2	.	*
17	3,9	4,0	4,4	4,1	NW	4,4	NNW	4,4	NW	6,7	5,1	0,0	10	10	10	10,0	.	.	*
18	3,8	3,8	3,9	3,8	NNW	4,4	NW	4,4	NNW	2,4	3,7	1,6	10	7	6	7,7	0,4	3,3	*
19	3,9	3,9	3,5	3,8	C	0,0	ESE	4,4	E	2,4	2,2	5,9	10	1	4	5,0	.	2.	*
20	2,9	4,5	4,4	3,9	E	2,4	S	0,8	WSW	0,8	1,4	7,1	1	1	2	1,3	.	.	*
21	4,0	5,0	4,0	4,3	SW	0,8	WNW	2,4	NW	2,4	1,9	4,5	9	5	0	4,7	.	.	*
22	3,1	3,8	3,8	3,6	W	0,8	W	2,4	WSW	0,8	1,4	6,6	1	1	0	0,7	.	.	*
23	2,9	3,7	4,0	3,5	WSW	2,4	ESE	4,4	E	2,4	3,0	5,1	0	4	8	4,0	.	.	*
24	4,9	5,2	5,4	5,2	E	0,8	NNW	2,4	NNE	0,8	1,4	0,0	10	10	10	10,0	0,6	2,2	*
25	4,5	7,1	6,7	6,1	E	4,4	E	2,4	E	0,8	2,5	1,1	4	9	10	7,7	0,7	3,1	*
26	7,0	8,6	7,2	7,6	SW	2,4	ESE	2,4	E	2,4	2,4	0,0	10	10	10	10,0	0,5	.	*
27	6,2	11,2	7,2	8,2	E	2,4	WSW	0,8	SE	0,8	1,4	6,8	3	5	10	6,0	.	.	*
28	8,0	10,5	9,2	9,2	SSW	2,4	SW	4,4	W	2,4	3,0	5,9	4	4	0	2,7	.	.	*
29	8,7	11,5	8,0	9,4	SSW	2,4	SW	2,4	SSW	2,4	2,4	0,6	7	10	0	5,7	.	.	*
30	6,1	10,5	8,3	8,3	E	2,4	E	2,4	SSE	2,4	2,4	3,2	0	10	9	6,3	0,0	.	*
31	9,0	9,9	8,5	9,1	S	2,4	NNW	6,7	E	2,4	3,8	0,0	10	10	10	10,0	.	.	*
dek1	4,9	6,0	5,5	5,5	3,8	3,5	3,3	3,4	7,2	8,1	9,4	8,1	8,5	16,5					
dek2	5,8	6,4	5,9	6,0	2,4	3,2	3,1	2,8	28,3	6,7	6,8	5,9	6,5	33,0					
dek3	5,9	7,9	6,6	6,8	2,1	3,0	1,8	2,2	33,8	5,3	7,1	6,1	6,2	1,8					
mes	5,5	6,8	6,0	6,1	2,7	3,2	2,7	2,8	69,3	6,6	7,7	6,7	7,0	51,3					

Слика 3.6 Тabela дневне вредности метеоролошких параметара приказаних у Meteoroloшkom годишњaku (RHMZS, 2016)

3.2.2. Dimenzije i napunjenost cisterne

С obzirom на то да је за потребе rashladnog sistema у pivari у Čelarevu, neophodna manja količina amonijaka, transport се може realizovati upotrebom cisterne manje zapremine. Privatna kompanija TEHNOFRIGO KGH DOO iz Beograda poseduje cisternu za transport amonijaka dimenzija prečnika i dužine rezervoara 1 400 x 3 600 mm. Masa punjenja navedene cisterne iznosi 2 500 kg, i preporučuje се да masa punjenja не sme да pređe две trećine zapremine cisterne. Cisterna је projektovana за ispitni pritisak од 35 bar.

3.2.3. Kategorije invaliditeta

Podaci vezani za kategorije invaliditeta prikupljeni su u saradnji sa Ustanovom za decu i mlade Veternik. Podaci su dobijeni u analognom obliku, odštampani na papiru, u formi tabele. Slika 3.7. prikazuje navedenu analognu tabelu odnosno dostupne podatke i njihov format. Prikazani su podaci o godini rođenja svakog pojedinačnog korisnika, centar iz kojeg se upućuje u Dom „Veternik“ i smetnja u mentalnom razvoju.

TENI KORISNICI (ODELENJE NEPOKRETNIH KORISNIKA)		
	CENTAR	Smetnja u ment. razvoju
1998.	KULA	TEŠKA
1975.	BAČ.PETROVAC	TEŠKA
1994.	SOMBOR	TEŠKA
1968.	SUBOTICA	TEŠKA
1995.	KRALJEVO	TEŠKA-VIŠEST
1997.	BG-STARI GRAD	TEŠKA-VIŠEST
1995.	LOZNICA	TEŠKA
1977.	BG-VOŽDOVAC	TEŽA
1998.	KRAGUJEVAC	TEŠKA-VIŠEST
1986.	NOVI SAD	TEŠKA
1984.	LJIG	UMERENA
1998.	RUMA	TEŠKA
1972.	VRBAS	TEŽA
1990.	NOVI SAD	TEŠKA
1972.	BG-ČUKARICA	TEŠKA
1971.	NOVI SAD	TEŽA
ŠA1986.	NOVI SAD	TEŠKA
1999.	VRŠAC	TEŠKA
1994.	BG-Zemun	TEŠKA
1995.	BG-ČUKARICA	TEŽA-VIŠEST
2000.	SRBOBRAN	TEŠKA
1974.	NOVI SAD	TEŠKA
1971.	SUBOTICA	TEŠKA
1990.	BAČ	TEŠKA
1999	INĐIJA	TEŽA
1995.	SR.MITROVICA	TEŠKA
1980.	NOVI SAD	TEŽA
1974.	NOVI PAZAR	TEŽA
1989.	N.KNEŽEVAC	TEŽA
1990.	BG-ZEMUN	TEŠKA
1987	SUBOTICA	TEŽA
1980.	VRBAS	TEŠKA
1997.	INĐIJA	TEŠKA
1993.	ŠID	TEŠKA
1988.	ST.PAZOVA	TEŠKA
1985.	KOCELJEVA	TEŠKA
1990.	BG-BARAJEVO	TEŠKA
1987.	NOVI SAD	TEŽA-VIŠEST
1996.	KANJIŽA	TEŠKA-VIŠEST
1999.	PEČINCI	TEŠKA
1995.	SMEDEREVO	TEŠKA
1995.	SMEDEREVO	TEŠKA
1996.	BAČ-PALANKA	TEŠKA
1979.	NOVI KNEŽEVAC	TEŠKA

Slika 3.7 Prikaz formata i sadržaja dostupnih podataka o kategorijama invaliditeta (Maletin, 2013)

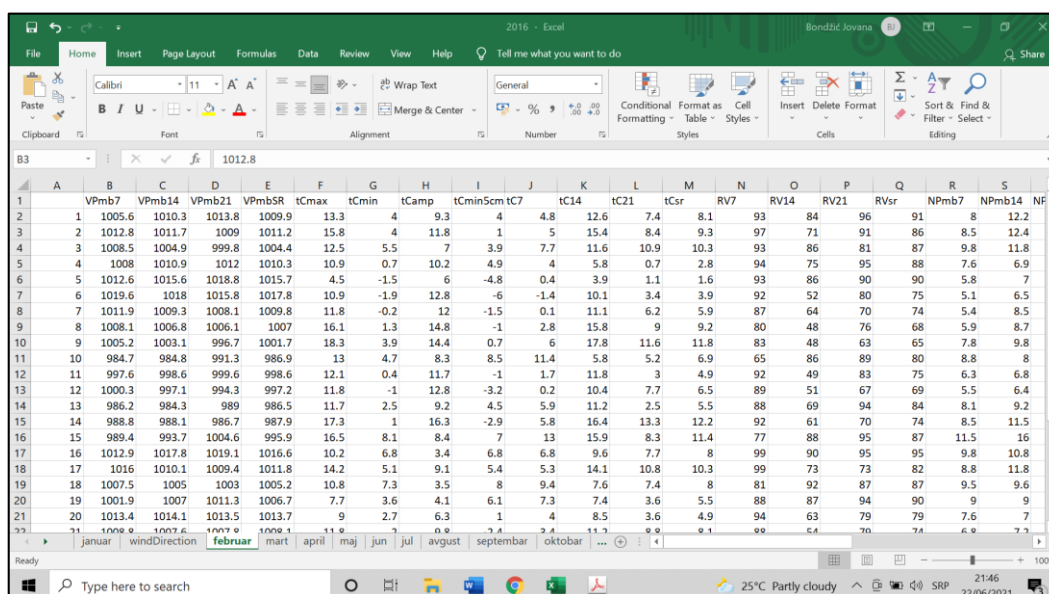
Za potrebe digitalizacije i upotrebe podatka o kategorijama smetnji u razvoju korisnika Doma „Veternik“, ručno su prebrojani podaci za svaku kategoriju. U tabeli 3.1 prikazane su vrednosti podataka o brojnosti za svaku kategoriju mentalnog invaliditeta.

Tabela 3.1 Brojnost korisnika Doma „Veternik“ po kategorijama smetnji u mentalnom razvoju

Kategorija invaliditeta	Brojnost
Laka	37
Umerena	104
Teža	85
Teška	80
Laka-višestruka	7
Umerena-višestruka	6
Teža-višestruka	15
Teška-višestruka	9
Bez smetnji – telesni invaliditet	1

3.3. Organizacija podataka

Meteorološki podaci na sajtu RHMZS dostupni su u u pdf formatu. Za potrebe istraživanja podaci su iz pdf formata konvertovani u u .xlsx fajl. U slučaju potrebe istraživanja nad većim opsegom podataka, npr. za period od 10 do 50 godina, podatke bi bilo neophodno konvertovati u Microsoft Access dokument koji omogućava upotrebu SQL upita, odnosno naprednu organizaciju i pretragu zasnovanu na konceptu baza podataka. Prethodno opisan način organizacije podataka u Microsoft Excel dokumentu pogodan je za konvertovanje u Microsoft Access dokument. Deo tabele organizovane u Excel dokumentu prikazan je na Slici 3.8.



Slika 3.8 Podaci iz Meteorološkog godišnjaka konvertovani u Excel dokument

3.4. Obrada podataka

Prikupljeni i organizovani podaci iz sva tri prepoznata konteksta obrađeni su u skladu sa potrebama istraživanja. U pogledu konteksta hazarda obrađeni su meteorološki podaci, u skladu sa postavljenim hipotezama, kao i podaci vezani za uslove isticanja i napunjenost cisterne za prevoz amonijaka. Kontekst izloženosti obuhvatio je podatke vezane za lokaciju objekta istraživanja, podatke o putanji cisterne sa amonijakom i podatke o odabranim lokacijama potencijalnog akcidenta. Za potrebe obrade podataka iz konteksta izloženosti kreiran je prostorni model realnog sistema. Podatke vezane za kontekst ranjivosti, odnosno brojnost različitih kategorija invaliditeta integrisani su u model realnog sistema prethodno kreiran za potrebe analize konteksta izloženosti.

3.4.1. Obrada podataka – kontekst hazarda

Na osnovu pregleda teorijske osnove i naučne literature iz oblasti istraživanja (Inanloo i Tansel, 2015; Anjana i dr. 2018; Sanchez i dr.; 2018, Orozco i dr.; 2019), i uočavanjem specifičnih okolnosti odabrane studije slučaja, pretpostavljeno je da se atmosferska temperatura, brzina i pravac vetra mogu smatrati varijablama sa značajnim uticajem na rasprostiranje amonijaka usled akcidentnog ispuštanja u atmosferu. Ostale identifikovane varijable unutar konteksta hazarda smatrane su manje značajnim u pogledu uticaja na rezultate analize. Prikupljeni podaci o meteorološkim parametrima, za 2016. godinu, obrađeni su u skladu sa postavljenim pretpostavkama.

S obzirom na to da meteorološke karakteristike u Republici Srbiji u toku jednog meseca ne podležu značajnijim varijacijama, analiza uticaja meteoroloških parametara na rasprostiranje amonijaka sprovedena je na osnovu sintetizovanih i stvarnih vrednosti za svaki pojedinačni mesec u 2016. godini. Radna pretpostavka, na osnovu fizičko-hemijskih karakteristika amonijaka i uticaja odabranih meteoroloških parametara na rasprostiranje amonijaka u vazduhu, je da najmanja brzina vetra u kombinaciji sa najvišom temperaturom dovode do najlošijeg mogućeg ishoda. Nasuprot tome, do najpovoljnijeg mogućeg ishoda dovešće kombinacija najveće brzina vetra i najniže temperature, pospešujući proces difuzije. Stoga, za potrebe izdvajanja skupa podataka neophodnih za analizu, za svaki pojedinačni mesec određene su vrednosti najviše i najniže temperature i brzine vetra. Vrednosti ostalih, manje značajnih varijabli su sintetizovane na osnovu ispitivanja raspodele mesečnih vrednosti svake pojedinačne varijable. Ukoliko je raspodela normalna, srednja vrednost je izabrana za predstavnika skupa podataka. U slučajevima zakrivljene raspodele birana je vrednost medijane. U slučaju najverovatnijeg scenarija, vrednosti svih varijabli sintetizovane su na osnovu vrednosti moda kao predstavnika skupa podataka na mesečnom nivou. Kao rezultat opisane obrade meteoroloških podataka dobijeni su ulazni podaci neophodni za sprovođenje eksperimenata nad modelom rasprostiranja amonijaka u životnoj sredini upotrebom ALOHA softvera. U tabeli 3.2 prikazane su karakteristične vrednosti meteoroloških parametara za sva tri prepoznata scenarija – najlošiji (eng. *worst-case* - WC), najpovoljniji (eng. *best-case* - BC) i najverovatniji (eng. *most probable* - MP) za svaki pojedinačni mesec tokom 2016. godine. Karakteristične vrednosti meteoroloških parametara dobijene su na osnovu merenja u 14h,

obzirom da se cisterne sa amonijakom najverovatnije može naći na putanji u blizini Doma Veternik tokom sredine radnog dana. Za potrebe simulacionih eksperimenata 15. dan u mesecu je odabran za unos u model ALOHA softvera.

Tabela 3.2 Karakteristične vrednosti meteoroloških parametara

Datum	Scenario	Temperatura [°C]	Brzina vetra [m/s]	Pravac vetra	Oblačnost [desetine]	Relativna vlažnost vazduha [%]
15.01.2016.	WC	16.8	1	ENE/NNW	9	83
	BC	-6.4	6.7	ENE/NNW	9	83
	MP	-1.7	2.4	E	10	97
15.02.2016.	WC	18.8	0.8	ENE/NNW	8	71
	BC	-6.4	12.3	ENE/NNW	8	71
	MP	-1.7	4.4	ESE	10	86
15.03.2016.	WC	24.4	0	ENE/NNW	9	61
	BC	3.8	6.7	ENE/NNW	9	61
	MP	5.8	2.4	SW	10	60
15.04.2016.	WC	28.8	0.8	ENE/NNW	8	42
	BC	5	6.7	ENE/NNW	8	42
	MP	25.8	2.4	WSW	10	85
15.05.2016.	WC	30.1	0.8	ENE/NNW	6	48
	BC	13	9.4	ENE/NNW	6	48
	MP	18.2	2.4	WSW	10	41
15.06.2016.	WC	33.5	0.8	ENE/NNW	6	58.5
	BC	19.4	9.4	ENE/NNW	6	58.5
	MP	24.8	2.4	NW	6	49
15.07.2016.	WC	33.7	0.8	ENE/NNW	3	53
	BC	17.5	6.7	ENE/NNW	3	53
	MP	30.1	2.4	NNW	2	55
15.08.2016.	WC	33.4	0.8	ENE/NNW	4	50
	BC	15.8	6.7	ENE/NNW	4	50
	MP	29.5	4.4	WNW	5	50
15.09.2016.	WC	31.4	0.8	ENE/NNW	6	41.5
	BC	13.5	6.7	ENE/NNW	6	41.5
	MP	29.2	2.4	ESE	3	37
15.10.2016.	WC	26.7	0.8	ENE/NNW	8	63
	BC	8.3	6.7	ENE/NNW	8	63
	MP	11.4	4.4	WNW	9	62
15.11.2016.	WC	12.6	0	ENE/NNW	9	67
	BC	-5.1	9.4	ENE/NNW	9	67
	MP	-1	4.4	SE	10	61
15.12.2016.	WC	13.4	0	ENE/NNW	9	76
	BC	-3.5	9.4	ENE/NNW	9	76
	MP	5.8	2.4	WNW	10	92

3.4.1.1. ALOHA softver

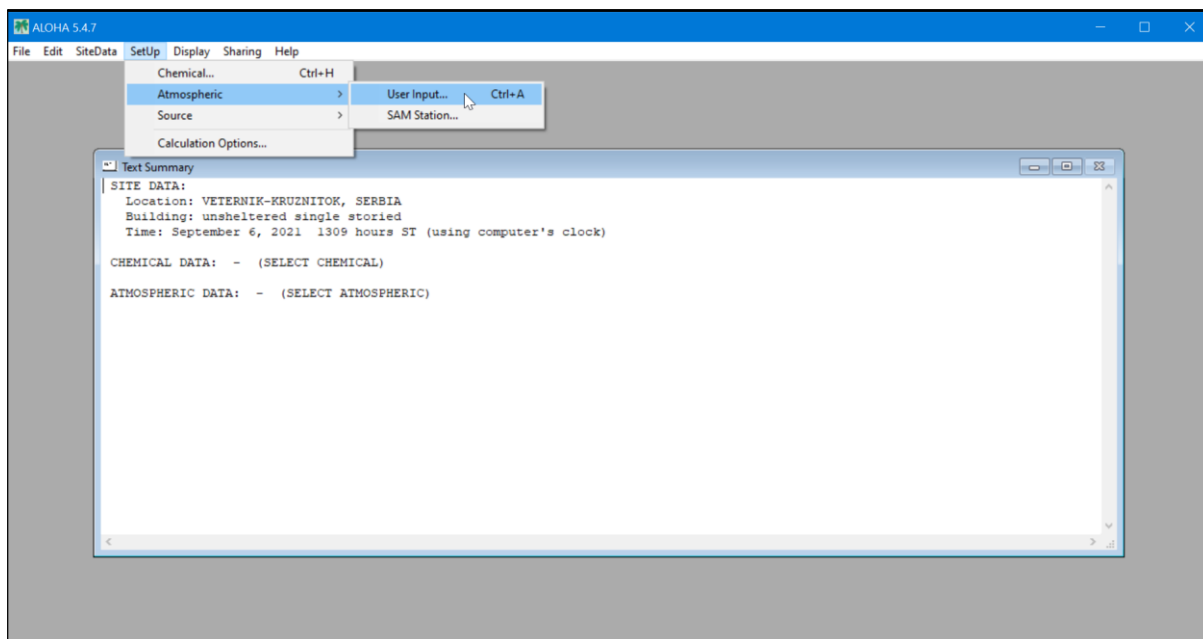
ALOHA (eng. *Aerial Locations of Hazardous Atmospheres*) predstavlja kompjuterski program koji je kreiran kao deo programskog paketa CAMEO (eng. *Computer Aided Management of Emergency Operations*) i može biti korišćen nezavisno ili kao proširenje CAMEO paketa. Oba programska paketa su kreirana od strane organizacije NOAA (eng. *National Oceanic and Atmospheric Administration*) i EPA (eng. *Environmental Protection Agency*). ALOHA softver se koristi za planiranje i reagovanje u akcidentnim situacijama u vezi sa hemikalijama. Kao rezultat daje procene mogućeg prostornog opsega rasprostiranja hazarda koji su povezani sa kratkoročnim oslobađanjem isparljivih i/ili zapaljivih hemikalija u atmosferi. Upotrebom dijaloških prozora korisničkog interfejsa neophodno je odabrati hemikaliju, izvor iz kojeg se hemikalija oslobađa, vreme i lokaciju akcidenta, i uneti ulazne podatke o meteorološkim parametrima. U ALOHA softver ugrađena je biblioteka sa podacima o fizičko-hemijskim informacijama za više od sto čistih hemijskih supstanci, kao i za pet hemijskih jedinjenja. Takođe, matematički modeli koji opisuju ponašanje hemijskih supstanci u vazduhu predstavljaju sastavni deo algoritma softvera. Na osnovu unete hemikalije i ulaznih podataka, kao i matematički zasnovanih modela, upotrebom ALOHA softvera mogu se modelovati različiti scenariji akcidenta: oblak toksičnog gasa (eng. *toxic gas clouds*), oblak zapaljivog gasa (eng. *flammable gas clouds*), eksplozija pregrejanog rezervoara sa gasom (eng. *Boiling Liquid Expanding Vapor Explosions - BLEVE*), vatreni mlaz (eng. *jet fire*), vatreni bazen (eng. *pool fire*), eksplozija oblaka pare (eng. *vapor cloud explosions*). Izlazni rezultati predstavljeni su u formi tekstualnog dokumenta i grafički u vidu dijagrama. Na dijagramima su prikazani rezultati karakteristični za scenarije – zone ugroženosti, ugroženost na određenoj lokaciji, kao i dijagrami snage izvora hemikalije. Zone ugroženosti predstavljaju prostorne oblasti u kojima hazard (npr. oslobođeni toksični gas) može premašiti nivo ugroženosti (eng. *Level of Concern - LOC*). Nivo ugroženosti predstavlja graničnu koncentraciju hemikalije koja može naškoditi humanoј populaciji ukoliko je udišu određeno vreme. U narednim poglavljima detaljnije su opisane komponente, upotreba i tumačenje rezultata ALOHA programskog paketa.

3.4.1.1.1. Ulazni podaci

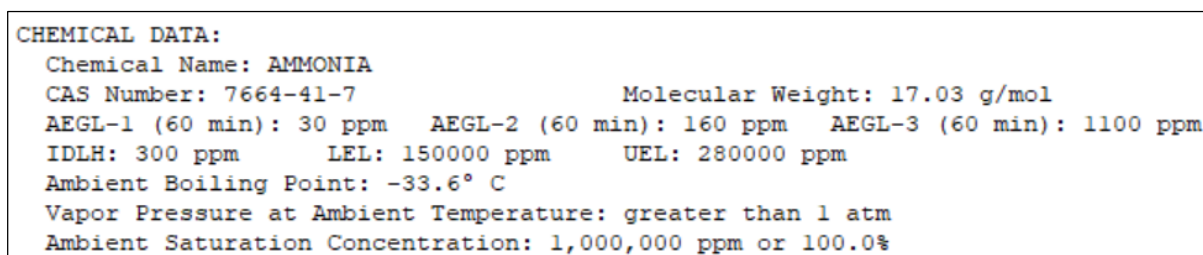
ALOHA softver je dizajniran na način da unos podataka prilikom ograničenog vremena za reakciju tokom akcidentne situacije bude olakšan. (Slika 3.9).

Prilikom odabira hemikalije iz biblioteke hemikalija, u ALOHA projekat automatski se unose podaci o nazivu hemikalije, CAS registarski broj, molekulska masa, temperatura ključanja, temperatura mržnjenja, napon pare, toksikološki podaci (Slika 3.10). Navedeni podaci predstavljaju neophodne ulazne podatke za matematičke modele ugrađene u algoritam ALOHA softvera na osnovu kojih se izračunava rasprostiranje hemikalija oslobođenih u atmosferu.

Osim biblioteke hemikalija, ALOHA softver poseduje podatke o geografskoj širini i dužini, nadmorskoј visini i vremenskoј zoni za mnoge lokacije u SAD. Navedeni podaci su neophodni za proračun solarne radijacije i lokalnog ambijentalnog pritiska. Podaci o lokacijama koje se ne nalaze u SAD mogu se manuelno uneti unošenjem koordinata geografske širine i dužine analizirane lokacije.



Slika 3.9 Korisnički interfejs ALOHA softvera



Slika 3.10 Podaci o hemikaliji uneti u projekat ALOHA softvera

Meteorološki podaci koje je neophodno uneti su pravac i brzina vetra, oblačnost, atmosferska temperatura, temperaturna inverzija. Klasa stabilnosti atmosfere se izračunava na osnovu unetih meteoroloških, i podataka o scenariju akcidenta, ali se može i manuelno uneti ukoliko korisnik smatra da postoje posebne okolnosti okruženja koje utiču na klasu stabilnosti atmosfere (npr. atmosfera iznad površine prekrivene snegom je stabilnija u odnosu na klasu stabilnosti koju bi ponudio algoritam ALOHA softvera obzirom da se podatak o snežnom pokrivaču ne unosi u ALOHA projekat).

Dodatno, u ALOHA projekat neophodno je uneti podatak o izvoru hemikalije (eng. *Source*). Izvor hemikalije odnosi se na objekat ili prostor iz kog se hemikalija oslobađa u životnu sredinu. Algoritam ALOHA softvera može da modeluje četiri izvora hemikalije: direktan (eng. *Direct*), lokva (eng. *Pool*), rezervoar (eng. *Tank*), gasovod (eng. *Gas Pipeline*). Direktan izvor hemikalije odnosi se na situacije kada se hemikalija oslobađa direktno u atmosferu. Takođe, u ALOHA projektu, preporučljivo je odabrati direktan izvor kada ne postoji dovoljno informacija o izvoru oslobađanja hemikalije u atmosferu. Lokva kao izvor hemikalije se odnosi na situaciju kada se hemikalija u celosti oslobodila u životnu sredinu i formirala tečnu lokvu na tlu koja može isparavati ili u slučaju zapaljive hemikalije formirati vatrenu lokvu. Rezervoar se odnosi na situaciju kada se hemikalija oslobađa u atmosferu iz rezervoara za skladištenje. U tom

slučaju hemikalija može biti pod pritiskom ili ne. Cevovod kao izvor hemikalije predstavlja situaciju u kojoj je se hemikalija oslobađa kroz otvor na cevovodu nastao usled određenog oštećenja.

U okviru istraživanja obuhvaćenog doktorskom disertacijom, na osnovu predložene metodologije definisane su ulazne promenljive (karakteristike supstance, meteorološki parametri, karakteristike cisterne i scenarija akcidenta) što je podržano softverskim paketom ALOHA i iskorišćeno za analizu zadanog scenarija.

3.4.1.1.2. Mogući scenariji akcidenta

U zavisnosti od izabranog izvora hemikalije, algoritam ALOHA softvera omogućava odabir scenarija koji želimo modelovati. U Tabeli 3.3 dat je pregled svih scenarija koji se mogu modelovati upotrebom ALOHA softvera. Nakon odabira scenarija, na osnovu modela odnosno jednačina ugrađenih u algoritam ALOHA softvera, moguće je proceniti rasprostiranje uticaja hazarda vezanog za odabrani scenario. Hazardi koji mogu nastati u zavisnosti od ostvarenja određenog scenarija prikazani su u Tabeli 3.4 i to su zapaljivost (eng. *Flammability*), termalna radijacija (eng. *Thermal radiation*), preveliki pritisak (eng. *Overpressure*) i toksičnost (eng. *Toxicity*).

Zapaljivost je hazard koji može nastati ukoliko oblak pare zapaljivog gasa dođe u kontakt sa izvorom paljenja. U tom slučaju može nastati munjeviti plamen (eng. *Flash fire*). Upotrebom ALOHA softvera može se modelovati scenario u kojem se određuje zapaljivo područje (eng. *Flammable area*). Zapaljivo područje se odnosi na područje u kojem može doći do munjevitog plamena ukoliko se koncentracija hemikalije oslobođene u vazduhu nalazi između donje i gornje granice zapaljivosti (LEL i UEL) i ukoliko naiđe na izvor paljenja.

Termalna radijacija odnosi se na hazard prilikom kojeg je hemijska supstanca oslobođena u vazduhu počela da gori. Uticaj navedenog hazarda može se modelovati upotrebom ALOHA softvera ukoliko se odaberu scenariji Vatreni bazen, Vatreni mlaz ili BLEVE. Vatreni bazen može nastati ukoliko zapaljiva supstanca nakon oslobađanja iz izvora formira lokvu na tlu, koja se nakon toga zapali se. Vatreni mlaz nastaje kada se hemikalija velikom brzinom oslobađa iz rezervoara i istovremeno počne da gori. Eksplozija ključajuće tečnosti u rezervoaru (eng. *Boiling Liquid Expanding Vapor Explosion - BLEVE* –) obično nastaje u zatvorenim rezervoarima koji sadrže gas utečnjen pod pritiskom u slučaju spoljašnjeg izvora zagrevanja. Usled zagrevanja dolazi do povećanja pritiska unutar rezervoara što dovodi do eksplozije i oslobađanja hemikalije u atmosferu.

Preveliki pritisak se odnosi na iznenadnu pojavu pritiska nakon eksplozije. Takođe se naziva i eksplozivni talas. Eksplozivni talas nastaje ukoliko zapaljiva hemikalija oslobođena u atmosferu formira oblak pare koji nailaskom na izvor paljenja biva zapaljen. Do zapaljenja može doći samo u delovima oblaka pare koji se nalaze između donje i gornje granice zapaljivosti. U slučaju da se plamen prenosi kroz oblak pare velikom brzinom nastaje eksplozivna sila odnosno eksplozivni talas.

Toksičnost se odnosi na hazarde koji mogu nastati nakon akcidentalnog oslobađanja toksične hemijske supstance u atmosferu. Nakon oslobađanja navedene vrste supstance nastaje toksični oblak pare koji može uticati na humanu populaciju ukoliko određeni period vremena udišu

toksična isparenja. Podaci o toksičnosti više od 100 hemijskih supstanci integrirani su u ALOHA softver unutar biblioteke hemikalija. Upotrebom navedenih podataka i matematičkih modela koji procenjuju disperziju supstanci u vazduhu ugrađenih u algoritam ALOHA softvera, moguće je predvideti na koji način se koncentracija hemikalije oslobodene u atmosferu menja u prostoru i vremenu.

Tabela 3.3 Mogući scenariji akcidentnih situacija (Jones, 2013)

Izvor/Scenario	Toksična isparenja	Požar	Eksplozija
Direktan			
Direktno izlivanje	Toksični oblak pare	Zapaljivo područje (Munjeviti plamen)	Eksplozija oblaka pare
Lokva			
Isparava	Toksični oblak pare	Zapaljivo područje (Munjeviti plamen)	Eksplozija oblaka pare
Gori (Vatreni bazen)		Vatreni bazen	
Rezervoar			
Ne gori	Toksični oblak pare	Zapaljivo područje (Munjeviti plamen)	Eksplozija oblaka pare
Gori		Vatreni mlaz ili Vatreni bazen	
BLEVE		BLEVE (Vatrena lopta ili Vatreni bazen)	
Cevovod			
Ne gori	Toksični oblak pare	Zapaljivo područje (Munjeviti plamen)	Eksplozija oblaka pare
Gori (Vatreni mlaz)		Zapaljivo područje (Munjeviti plamen)	

Tabela 3.4 Hazardi u zavisnosti od scenarija akcidenta

Hazard	Scenario
Toksičnost	Toksični oblak pare
Zapaljivost	Zapaljivo područje (Munjeviti plamen)
Termalna radijacija	Vatreni mlaz
	Vatreni bazen
	BLEVE
Preveliki pritisak	Eksplozija oblaka pare

3.4.1.1.3. Matematički modeli integrirani u ALOHA softver

Za potrebe procene disperzije hemijske supstance oslobođene u atmosferu, u algoritam ALOHA softvera ugrađeni su dva matematička modela – Gausov model i Model namenjen za teške gasove (eng. *Heavy gas model*). Gausov model se koristi za proračun disperzije gasova koji su lakši od vazduha, dok se Model namenjen za teške gasove koristi za proračun disperzije gasova velike molekulske mase. Gasovi koji su lakši od vazduha su gustine koja je približna gustini vazduha, stoga, Gausov model proračunava uticaj brzine vetra i atmosferske stabilnosti na navedene gasove. Gasovi velike molekulske mase su gustine koja je veća od gustine vazduha i na njihovo kretanje u atmosferi utiče sila gravitacije. Model namenjen za takve gasove zasnovan je na DEGADIS modelu (Havens and Spicer, 1985; Spicer and Havens, 1989).

Na osnovu podataka unetih u projekat, algoritam ALOHA softvera automatski odabira model na osnovu koga će se računati disperzija supstance u atmosferi. Izbor se zasniva pretežno na vrednostima parametara molekulska masa, zapremina oslobođene supstance i temperatura supstance. Međutim, korisniku je dozvoljena i opcija samostalnog odabira modela proračuna. Navedena opcija posebno je pogodna u slučaju modelovanja supstanci čija je molekulska masa manja od molekulske mase vazduha i koja je skladištena na niskoj temperaturi ili visokom pritisku, kao što je slučaj sa amonijakom. U navedenom primeru supstanca se prilikom oslobađanja u atmosferu može ponašati i kao supstanca velike molekulske mase. U navedenom slučaju, ALOHA softver će prikazati obaveštenje o toj mogućnosti i preporuka je da se uradi proračun disperzije upotrebom oba modela i izvrši poređenje rezultata.

Upotrebom matematičkog modela ALOHA softvera, u okviru istraživanja obuhvaćenog doktorskom disertacijom, realizovana je algoritamska transformacija ulaznih podataka u izlazne rezultate (Slika 2.1).

3.4.1.1.4. Izlazni rezultati

Za potrebe generisanja izlaznih rezultata u glavnom meniju ALOHA softvera obezbeđena je opcija Prikaz (eng. *Display*). Upotrebom navedene opcije moguće je prikazati rezultate modelovanja u formi tekstualnog zapisa, dijagrama zona ugroženosti, dijagrama jačine izvora i dijagrama koncentracije na odabranoj lokaciji.

Tekstualni zapis sadrži informacije o scenariju nad kojim se realizuje modelovanje. Informacije su organizovane na način da su u prvom delu prozora dati ulazni podaci, dok su u drugom delu prozora dati rezultati izračunavanja realizovanih u ALOHA softveru kao i dodatne napomene ukoliko postoje. Na slici 3.11 prikazan je deo prozora ALOHA softvera u kojem su prikazani izlazni rezultati.

ATMOSPHERIC DATA: (MANUAL INPUT OF DATA)

Wind: 6.7 meters/second from ENE at 3 meters
 Ground Roughness: urban or forest Cloud Cover: 1 tenths
 Air Temperature: -6.4° C Stability Class: D
 No Inversion Height Relative Humidity: 83%

SOURCE STRENGTH:

Leak from hole in horizontal cylindrical tank
 Flammable chemical escaping from tank (not burning)
 Tank Diameter: 1.4 meters Tank Length: 3.6 meters
 Tank Volume: 5,542 liters
 Tank contains liquid Internal Temperature: -6.4° C
 Chemical Mass in Tank: 2500 kilograms
 Tank is 70% full
 Circular Opening Diameter: 5 centimeters
 Opening is 0.52 meters from tank bottom
 Internal Pressure at Failure: 3500000 pascals
 Release Duration: 10 minutes
 Max Average Sustained Release Rate: 1,130 kilograms/min
 (averaged over a minute or more)
 Total Amount Released: 1,583 kilograms
 Note: The chemical escaped as a mixture of gas and aerosol (two phase flow).

THREAT ZONE: (GAUSSIAN SELECTED)

Model Run: Gaussian
 Red : 315 meters --- (1100 ppm = AEGL-3 [60 min])
 Orange: 865 meters --- (160 ppm = AEGL-2 [60 min])
 Yellow: 1.9 kilometers --- (30 ppm = AEGL-1 [60 min])

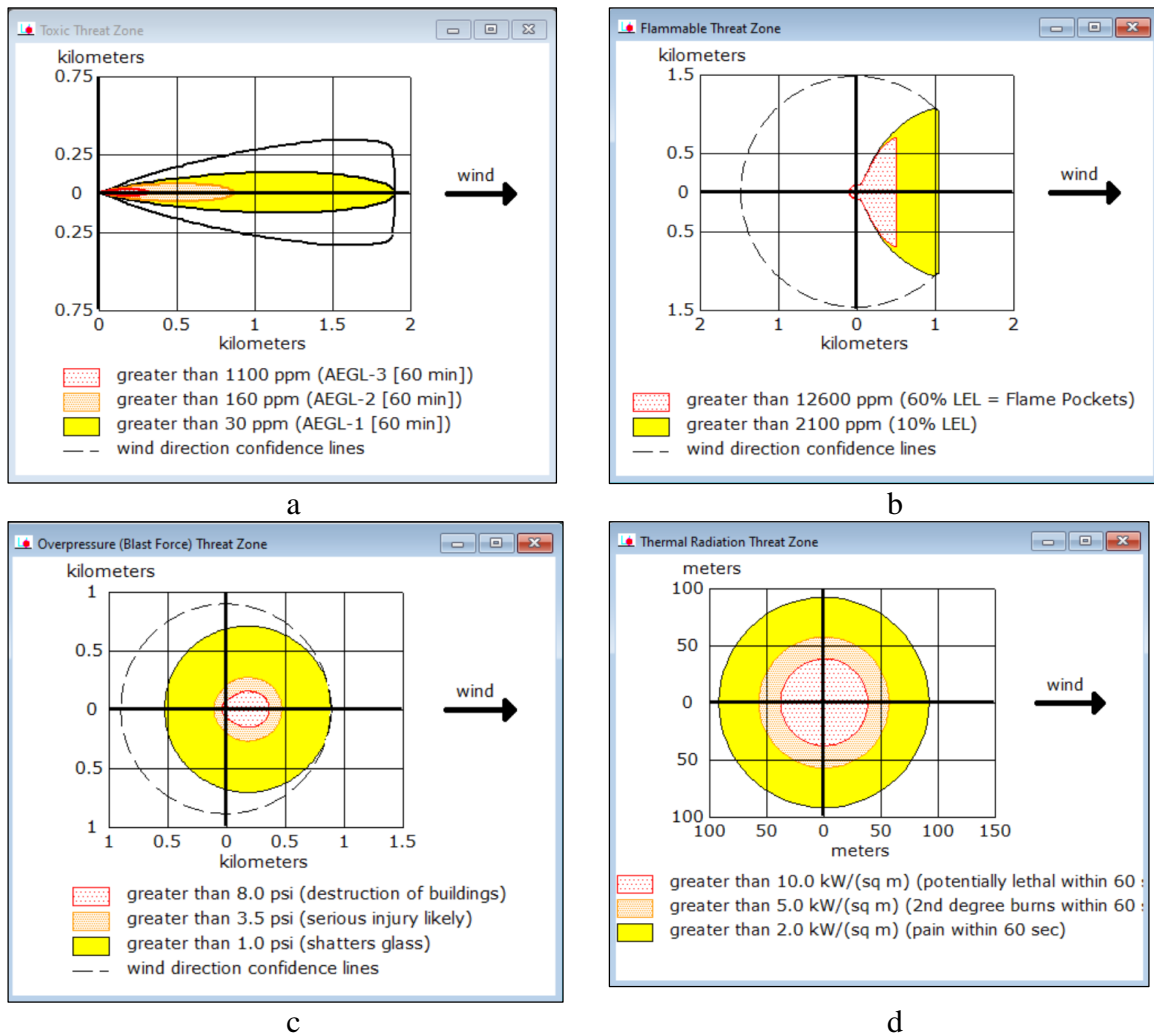
THREAT AT POINT:

Concentration Estimates at the point:
 West: 1.52 kilometers South: 0.62 kilometers
 Max Concentration:
 Outdoor: 39.3 ppm
 Indoor: 1.52 ppm

Slika 3.11 Izlazni rezultati u formi tekstualnog zapisa

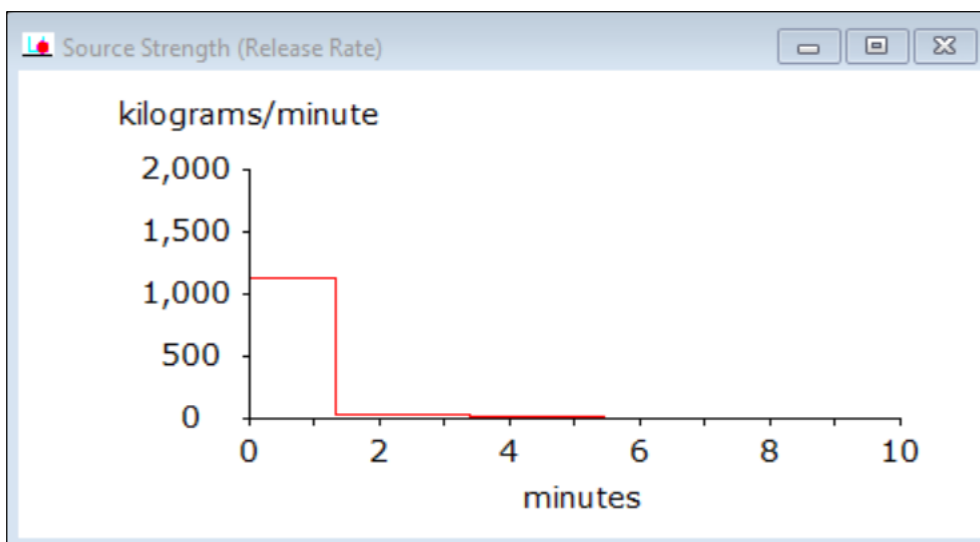
Dijagram zona ugroženosti. Zone ugroženosti predstavljaju površine u atmosferi u kojima postoji mogućnost od izlaganja toksičnim isparenjima, zapaljivim supstancama, prevelikom pritisku ili termalnoj radijaciji. Modelovanjem u ALOHA softveru predviđaju se zone ugroženosti u kojima je procenjeno da će nivo uticaja hazarda premašiti odabrani nivo ugroženosti (eng. *Level of Concern* - LOC) u nekom trenutku vremena nakon početka ostvarenja hazarda. Nivo ugroženosti predstavlja graničnu koncentraciju hemikalije koja može ugroziti humanu populaciju ukoliko se udiše određeni vremenski period. U svakom scenariju ALOHA projekta moguće je odabrati najviše tri nivoa ugroženosti kako bi se ispitali različiti nivoi uticaja hemikalije na izloženu humanu populaciju. Za svaki odabran nivo ugroženosti, na dijagramu će biti prikazana zona ugroženosti žutom, narandžastom ili crvenom bojom. Crvenom bojom se prikazuje najlošiji scenario zasnovan na graničnoj koncentraciji koja ukoliko se premaši može dovesti do letalnih posledica. Žutom bojom se prikazuje najpovoljniji scenario, odnosno zona u kojoj ukoliko nivo ugroženosti bude premašen može doći do

reverzibilnih posledica po zdravlje ljudi. Na Slici 3.12 prikazani su primeri dijagrama zona ugroženosti za 4 različita uticaja: toksičnost, zapaljivost, termalna radijacija i preveliki pritisak. Dijagrami zona ugroženosti mogu biti prikazani na mapi upotrebom softvera MARPLOT ili konvertovanjem u .kml fajl na Google Earth ili Google Maps aplikacijama.



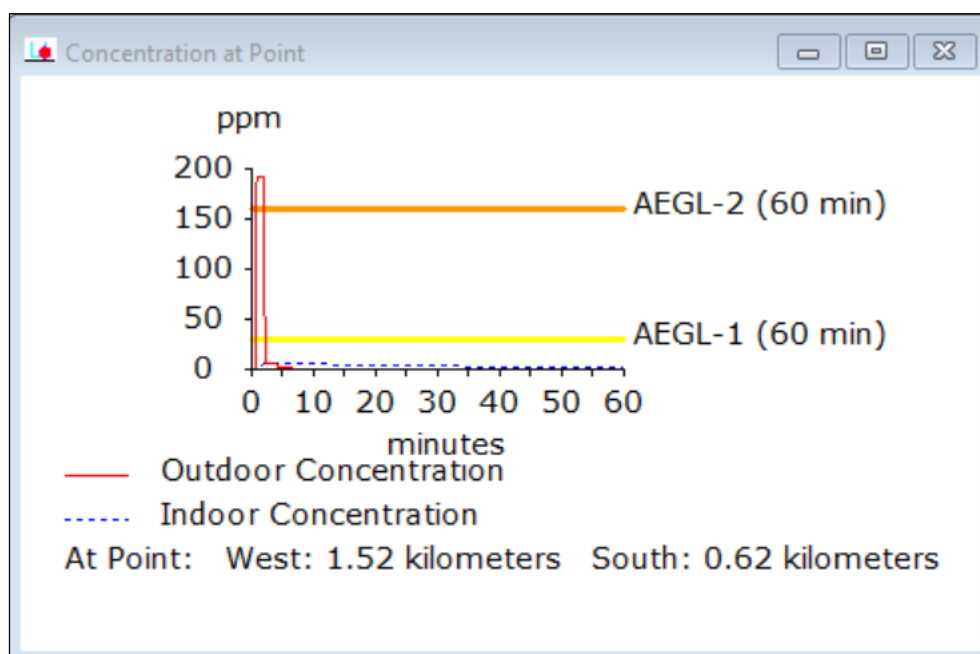
Slika 3.12 Dijagrami zona ugroženosti a –toksičnost, b – zapaljivost, c – preveliki pritisak, d – termalna radijacija

Dijagram jačine izvora prikazuje stopu po kojoj se hemikalija oslobađa u atmosferu iz izvora ili stopu sagorevanja, u zavisnosti od toga koji se scenario modeluje. Hemikalija se iz izvora može oslobađati veoma brzo u slučaju scenarija u kojem hemikalija skladištena pod pritiskom ističe kroz pukotinu na rezervoaru, ili nešto sporije u slučaju scenarija u kojem hemikalija u tečnom stanju isparava iz lokve na tlu. Dijagram jačine izvora prikazuje stopu oslobađanja hemikalije u vremenskom periodu od sat vremena nakon početka oslobađanja hemikalije ili u kraćem periodu ukoliko se hemikalija oslobodi za manje od sat vremena. Na Slici 3.13 prikazan je primer dijagrama jačine izvora.



Slika 3.13 Dijagram jačine izvora

Dijagram koncentracije na odabranoj lokaciji prikazuje koncentraciju oslobođene hemikalije na otvorenom, kao i u zatvorenom prostoru. Rezultat proračuna navedenih koncentracija, prikazuje se, osim na dijagramu, takođe i u tekstualnom zapisu. Koncentracija je na dijagramu prikazana u prvih 60 minuta nakon početka oslobađanja hemikalije u atmosferu. Sa dijagrama se može očitati da li je koncentracija na odabranoj lokaciji premašila odabrani nivo ugroženosti (LOC) kao i u kom vremenskom trenutku oslobođena hemikalija dolazi do odabrane lokacije. Na Slici 3.14 prikazan je primer dijagrama koncentracije na odabranoj lokaciji.



Slika 3.14 Dijagram koncentracije na odabranoj lokaciji

U poglavlju 4. doktorske disertacije izlazni rezultati su prikazani u formi dijagrama zona ugroženosti (Slika 3.12.)

3.4.1.1.5. Tačnost, preciznost, pouzdanost i ograničenja ALOHA softvera

Grafički korisnički interfejs ALOHA softvera organizovan je sa ciljem da se navigacija kroz dijaloške prozore može obaviti brzo i intuitivno. Takođe, niz upozorenja će se pojaviti u slučaju izbora neadekvatnih vrednosti ulaznih podataka, kako bi se minimizirala mogućnost nastanka greške izazvane od strane operatera.

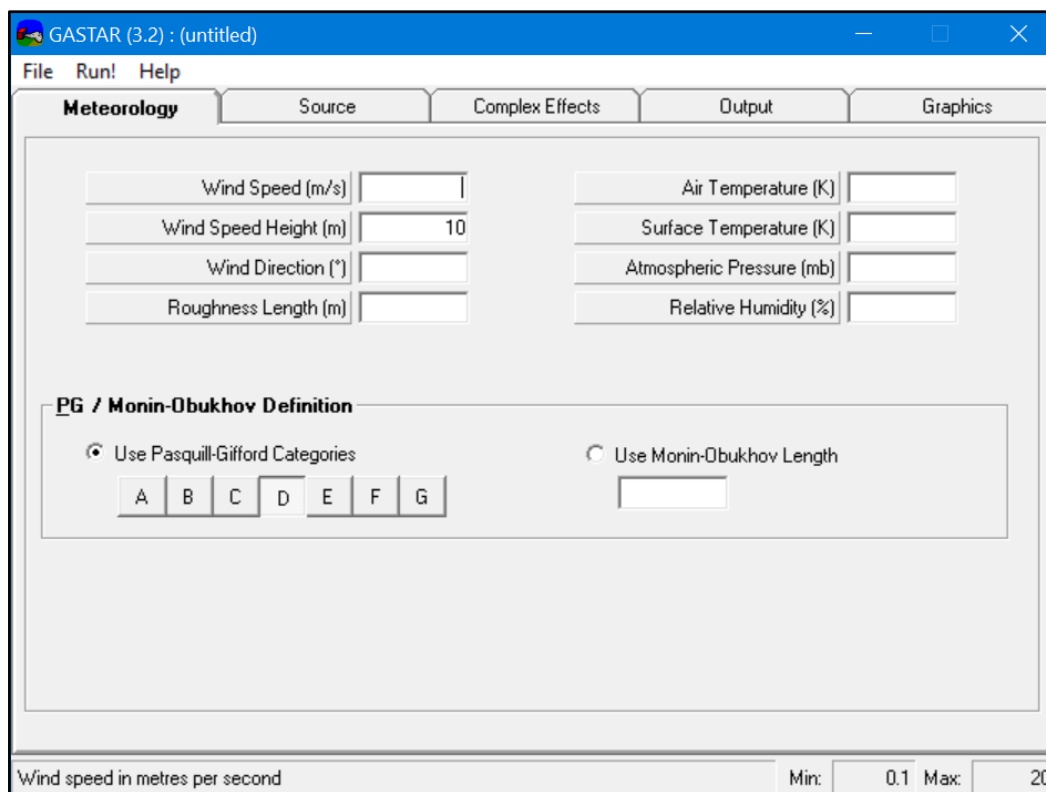
U pogledu pouzdanosti i tačnosti značajno je naglasiti da rezultati proračuna ALOHA softvera predstavljaju procene ponašanja fenomena u atmosferi. Sa druge strane, tačnost i pouzdanost izlaznih rezultata u velikoj meri zavise od verodostojnosti ulaznih podataka kao i od ispravne interpretacije rezultata, uzimajući u obzir specifične okolnosti scenarija koji se modeluje. Takođe, radi što verodostojnije interpretacije rezultata neophodno je imati na umu ograničenja ALOHA softvera. Na primer, proračuni ALOHA softvera ograničeni su na prvih 60 minuta oslobađanja hemikalije, kao i na udaljenost od 10 km. Takođe, prilikom odabira veoma stabilnih atmosferskih uslova ili brzine vetra (manje od 1 m/s) proračuni mogu biti nepouzdan. Zatim, mogu se modelovati čiste supstance, dok je modelovanje jedinjenja ograničeno samo na 5 rastvora. S obzirom na to da je model disperzije supstanci u vazduhu ugrađen u ALOHA softver upoređen sa tri slična modela i verifikovan podacima na terenu, ALOHA je procenjena veoma pouzdanom za simulacije realizovane istraživanjem disertacije.

3.4.1.2. GASTAR softver

Komercijalni softver, GASTAR analiziran je u svrhu procene mogućnosti primene u modelovanju razmatranog akcidenta rasprostiranja amonijaka, s obzirom na njegove različitosti u odnosu na ALOHA softver. GASTAR predstavlja softver koji koristi integralni odnosno *box* model za opisivanje razvoja oblaka teških gasova u atmosferi. Model obuhvata osnovne proračune disperzije gasa koji određuju koncentraciju i termodinamičke karakteristike oblaka gasa.

3.4.1.2.1. Ulazni podaci

Korisnički interfejs sastoji se od četiri prozora za unos ulaznih podataka neophodnih za proračune modela: *Meteoerology* (Meteorologija), *Source* (Izvor), *Complex Effects* (Složeni Efekti) i *Outputs* (Rezultati) (Slika 3.15).



Slika 3.15 Korisnički interfejs softvera GASTAR

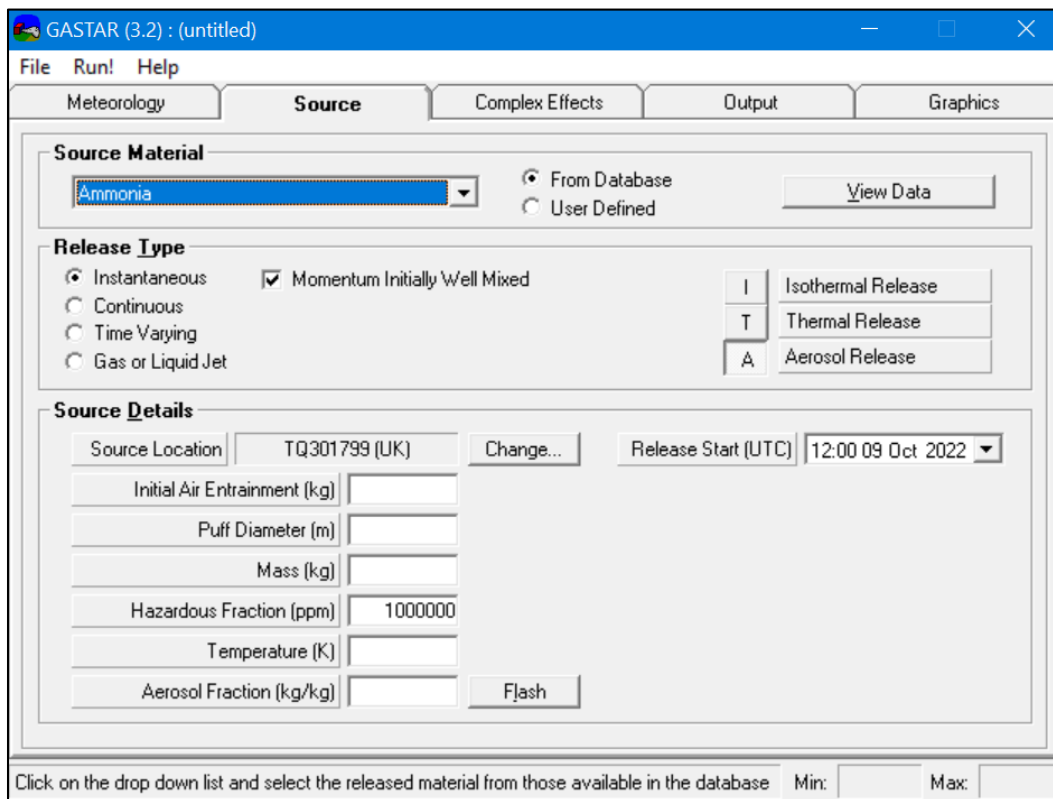
3.4.1.2.2. Meteorologija - ulazni podaci koji opisuju meteorološke uslove

Ulazni podaci koje je neophodno uneti u model, a koji opisuju meteorološke uslove su: brzina vetra, visina na kojoj se meri brzina vetra, pravac vetra, hrapavost tla, temperatura vazduha, temperatura tla, atmosferski pritisak, vlažnost vazduha, stabilnost atmosfere.

Brzina vetra izražava se u jedinicama m/s i u softver se unosi realan broj u opsegu od 0,1-20. Visina na kojoj se meri brzina vetra se izražava u metrima i potrebno je uneti realan broj u opsegu od 0,1 do 15. Ulazni podatak varijable *smer vetra* izražava se u stepenima i unosi se u opsegu od 0 do 360. Podatak se odnosi na smer iz kojeg vetar duva. *Hrapavost tla* je varijabla koja kategorizuje hrapavost površine. Izražava se u metrima i predstavlja veličinu vrtloga na površini tla. U softver se unosi realan broj u opsegu od 0,0001 do 2. *Temperatura vazduha* i *temperatura tla* se izražavaju u Kelvinima i unose se u softver u opsegu vrednosti od 220 do 330. *Atmosferski pritisak* se izražava u milibarima. Za potrebe modela, u softver se unosi u opsegu vrednosti od 800 do 1 200 mb. *Vlažnost vazduha* se izražava u procentima i unosi u softver u opsegu vrednosti od 0 do 100. Vrednosti varijable *stabilnost atmosfere* mogu se uneti izborom jedne od dve skale Monin-Obukov ili Paskil-Gifordove skale. U slučaju odabira Monin-Obukov skale, vrednosti ulaznih podataka se izražavaju u metrima i unose u opsegu od 2 do 1 000 000 m. Paskil-Gifordova skala kategoriše sedam klasa stabilnosti koje se označavaju slovima abecede od A do G, pri čemu klasa A označava ekstremno nestabilne uslove dok klasa G označava stabilne uslove.

3.4.1.2.3. Detalji o izvoru supstance (eng. *Source*)

Ulazni podaci koji opisuju izvor toksične supstance, a koje je neophodno uneti u model prikazani su na Slici 3.16.



Slika 3.16 Ulazni podaci koji opisuju izvor supstance

1. Odabir supstance

Supstance koja se želi modelovati možete se odabrati iz ponuđene baze podataka integrisane u softver. Ukoliko se želi uneti supstanca koja se ne nalazi u bazi podataka, neophodno je uneti i fizičko-hemijske karakteristike unete supstance.

2. Tip oslobađanja supstance

Model prepoznaje dva osnovna tipa oslobađanja supstance. Na levoj strani ekrana (Slika 3.16) ponuđen je izbor opcija: Trenutno, Kontinualno, Vremenski promenljivo i Oslobađanje u vidu mlaza. Na desnoj strani ekrana neophodno je definisati da li je oslobađanje Izotermalno (bez promene temperature i agregatnog stanja), Termalno (temperaturne promene moguće, bez promene agregatnog stanja) ili Aerosol (dvo-fazni sistem sa mogućim promenama temperature i agregatnog stanja). U slučaju amonijaka oslobođenog iz transportne cisterne oslobađanje supstance bi se kategorisalo kao trenutno oslobađanje.

Trenutno oslobađanje supstance

U slučaju trenutnog oslobađanja supstance, početna zapremina, V_0 , se izračunava upotrebom vrednosti mase koja je oslobođena, meteoroloških uslova i detalja o izvoru supstance. Vrednost početnog prečnika oblaka oslobođene supstance je potrebno uneti. Pretpostavlja se da je

početni oblak pravilan kružni cilindar. Pretpostavljeno je da su početna temperatura, T_0 , (u slučaju Termalnog i Aerosol oslobađanja), početna frakcija aerosol (u slučaju Aerosola), početna koncentracija, C_0 , i početna gustina, ρ_0 , uniformne po celoj zapremini oslobođene supstance.

U slučaju Trenutnog oslobađanja supstance, moguće je odabrati *Momentum Initially Well Mixed* kako bi se odredilo da li su početni uslovi momenta oblaka oslobođene supstance dobro izmešani ili ne. Uobičajeni je slučaj da je početni momenat oblaka oslobođene supstance dobro izmešan. Obično su trenutna oslobađanja supstance rezultat katastrofalnog događaja kao što je pukotina na rezervoaru ili eksplozija. U takvim slučajevima, očigledno je da će oblak oslobođene supstance imati dobro izmešan momenat.

Stopa početnog usisavanja vazduha

U slučaju akcidentne situacije nije moguće odrediti tačnu vrednost usisavanja vazduha na početku oslobađanja supstance. Model svakako zahteva unos mase (fluks) usisanog vazduha na početku akcidenta. Vrednost se unosi u opsegu od 0 do 10 000 000 kg (/s).

Širina izvora


Širina izvora se označava u metrima i za potrebe proračuna modela unosi se realan broj koji određuje početni prečnik oblaka oslobođene supstance.

Masa oslobođene supstance

Masa oslobođene supstance se izražava u kilogramima i ne uključuje usisani vazduh. U model se unosi vrednost u opsegu od 0,01 do 1 000 000 kg.

Temperatura oslobođene supstance

Temperatura oslobođene supstance predstavlja temperature početnog oblaka oslobođene supstance (neposredno nakon oslobađanja u atmosferu, ali pre usisavanja vazduha). U slučaju oslobađanja u atmosferu isparljive supstance koja je skladištena u tečnom stanju, pod pritiskom, na ambijentalnoj temperaturi, neophodno je obaviti *Flash* proračune (Slika 3.17) kako bi se odredila krajnja temperatura i frakcija aerosola (Slika 3.18).



Source Details	
Source Location	TQ301799 (UK) Change...
Release Start (UTC)	12:00 09 Oct 2022
Initial Air Entrainment (kg)	<input type="text"/>
Puff Diameter (m)	<input type="text"/>
Mass (kg)	<input type="text"/>
Hazardous Fraction (ppm)	1000000
Temperature (K)	<input type="text"/>
Aerosol Fraction (kg/kg)	<input type="text"/>
<input type="button" value="Flash"/>	

Slika 3.17 *Flash* proračuni

Flash Calculation

Storage conditions

Storage Temperature (K) Atmospheric Pressure (mb)

Normal method

Aerosol Fraction
 Density (kg/m³)
 Source Temperature (K)

Exponential method

Aerosol Fraction
 Density (kg/m³)
 Source Temperature (K)

Material details

Name	1,2-Butadiene		
Molecular Weight (g)	54.091	Density (kg/m ³)	676
Boiling Point (K)	284	Latent Heat of Vap. (kJ/kg)	448.63
Sp. Ht. Cap. of Liquid (kJ/kg/K)	2.208	Sp. Ht. Cap. of Gas (kJ/kg/K)	1.482

Temperature of the material being stored under pressure, typically this is the ambient (air) temperature Min: Max:

Slika 3.18 Ulazni podaci i rezultati *Flash* proračuna

Frakcija aerosola

Frakcija aerosola predstavlja udeo tečne faze u aerosolu na početku oslobađanja. Vrednost se automatski unosi nakon realizacije *Flash* proračuna. Vrednosti frakcije aerosola su u opsegu između 0 i 99.

Flash proračun

Flash proračun je opcija koja se otvara u slučaju odabira oslobađanja Aerosola. Kada se modeluje supstanca čija je tačka ključanja ispod ambijentalne temperature koja se skladišti u rezervoaru pod pritiskom na ambijentalnoj temperaturi, korisno je uraditi *Flash* proračun. Kada se iznenada oslobodi, ovakva supstanca proizvodi hladan, gust oblak koji sadrži određeni udeo materijala u tečnom stanju.

3.4.1.2.4. Complex Effects (Složeni Efekti)

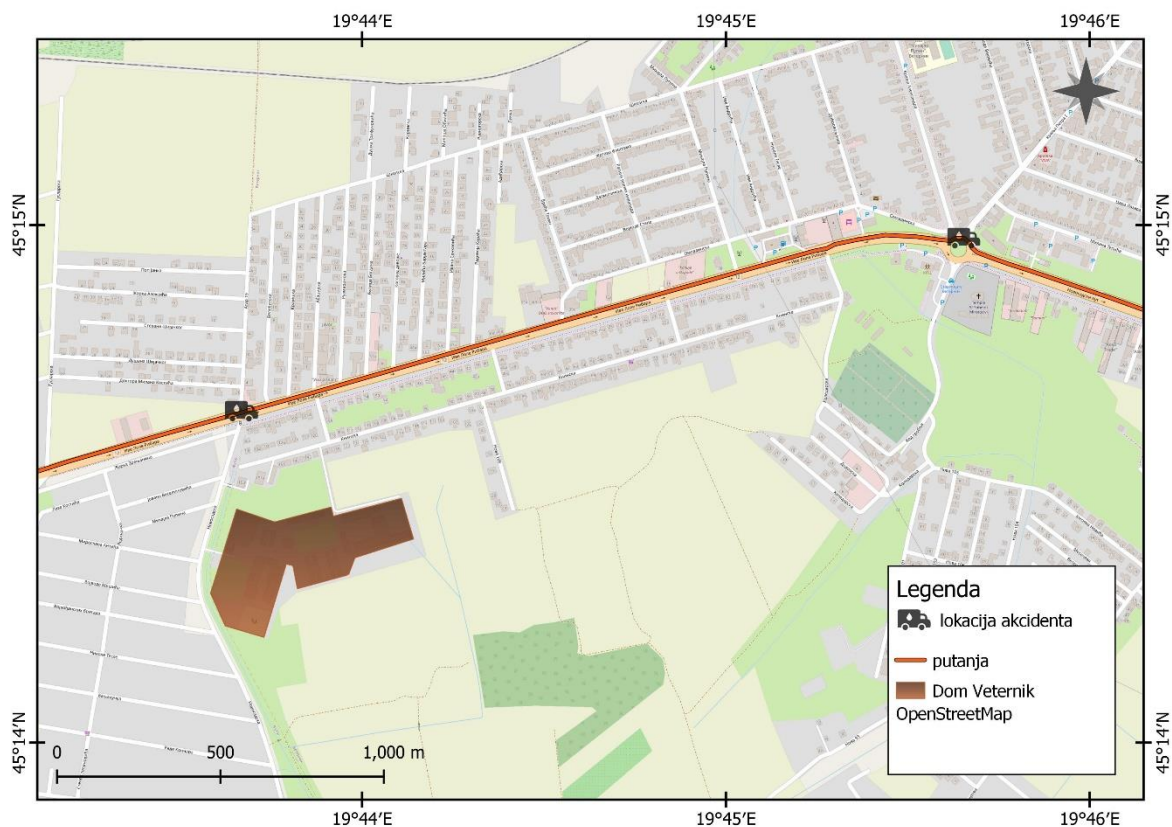
Složeni Efekti se odnose na kompleksne interakcije i promene koje se javljaju u gasnom sistemu kao rezultat različitih parametara i uslova. To može uključivati promene pritiska, temperature, brzine protoka, sastava gasa i drugih faktora. Složeni efekti mogu se manifestovati kao promene u strujanju gasa, gubitku pritiska, pojavi turbulencija, kondenzaciji ili isparavanju, mešanju različitih komponenti gasa, i slično. "Složeni Efekti" u GASTAR softveru se mogu analizirati kroz simulacije i modelovanje gasnih sistema kako bi se razumeli i predvideli kako će se sistem ponašati u različitim scenarijima.

3.4.1.2.5. Outputs (Rezultati)

Rezultati se odnose na *outpute* ili izlazne podatke koje GASTAR softver generiše kao rezultat analize gasnog sistema. To mogu biti numerički podaci, grafički prikazi, tabele ili izveštaji koji pružaju informacije o različitim parametrima sistema. Rezultati mogu obuhvatati pritiske, temperature, protok gasa, koncentracije različitih komponenti gasa, gubitke pritiska, brzine protoka, distribuciju gasa kroz mrežu i druge relevantne informacije. Ti rezultati se koriste za procenu performansi gasnog sistema, identifikaciju problema ili slabih tačaka, optimizaciju dizajna ili operacija, i donošenje informisanih odluka u vezi sa gasnim sistemima.

3.4.2. Obrada podataka – kontekst izloženosti

Sa ciljem procene izloženosti Doma Veternik uticaju oslobađanja amonijaka usled akcidentne situacije izazvane oštećenjem transportne cisterne, dve potencijalne lokacije ostvarenja akcidenta su analizirane. Za lokaciju 1 odabran je kružni tok u blizini Doma koji se nalazi na geografskoj širini od $45^{\circ}14'58,84''$ N i geografskoj dužini od $19^{\circ}45'21,96''$ E, dok je za lokaciju 2 odabrana raskrsnica najbliža Domu, koja se nalazi na geografskoj širini od $45^{\circ}14'46,66''$ N i geografskoj dužini od $19^{\circ}44'11,76''$ E (Slika 3.19). Analizom prostornog okruženja Doma Veternik, procenjeno je da, usled povećane verovatnoće za ostvarenje saobraćajne nesreće, navedene lokacije imaju najveću verovatnoću ostvarenja hazarda oslobađanja amonijaka iz transportne cisterne. Analiza prostornog okruženja, odnosno izloženosti realizovana je upotrebom geoinformacionih sistema, odnosno QGIS softvera.



Slika 3.19 Lokacije povećane verovatnoće ostvarenja akcidenta

3.4.2.1. Geografski informacioni sistemi – GIS

Geografski informacioni sistem (GIS) predstavlja kompjuterski sistem za prikupljanje, skladištenje, pretraživanje, analizu i prikazivanje prostornih podataka. Reč *geografski* znači da podaci koji se prikazuju upotrebom GIS-a imaju poznatu lokaciju koja se može izraziti geografskim koordinatama. Reč *informacioni* ukazuje na to da se organizacijom podataka upotrebom GIS-a može doći do korisnih informacija, odnosno znanja, najčešće u formi mapa, odnosno prostorno zasnovanih modela. Reč *sistem* ukazuje na činjenicu da je GIS sačinjen od više međusobno povezanih komponenti sa različitim funkcionalnostima. Postoji mnoštvo različitih definicija GIS-a u zavisnosti od namene i funkcije za koju se upotrebljavaju. Najpoznatija podela definicija GIS-a je na definicije zasnovane na GIS-u kao sredstvu za rad, definicije zasnovane na bazama podataka i definicije u smislu organizacije.

GIS definisan kao sredstvo za rad predstavlja moćan skup sredstava za prikupljanje, memorisanje, pretraživanje po potrebi, transformacije i prikazivanja prostornih podataka iz stvarnog sveta za određene svrhe (Burrough P. A., McDonnell R.A., 2006). Takođe, od strane autora Parker. (1998) GIS je definisan kao informaciona tehnologija koja memoriše, analizira i prikazuje kako prostorne tako i ne-prostorne podatke.

Definicija zasnovana na bazama podataka opisuje GIS kao sistem baza podataka u kojem je većina podataka prostorno indeksirana i nad kojima se upravlja nizom postupaka da bi odreagovali na upite o prostornim entitetima koji se nalaze u bazama (Smith i dr, 1987). Dok definicija u smislu organizacije predstavlja GIS kao sistem podrške u odlučivanju koji obuhvata integraciju prostorno referenciranih podataka u okruženju za rešavanje problema (Cowen, 1988).

3.4.2.2. Osnovne funkcionalnosti Geografskih Informacionih Sistema

Prostorno referencirani podaci, odnosno geoprostorni podaci predstavljaju podatke koji opisuju položaj, oblik i orijentaciju objekata na površini Zemlje. Geoprostorni podaci, odnosno objekti koji se prikazuju upotrebom geoinformacionih sistema mogu biti fizički opipljivi, materijalni objekti kao što su zgrade, jezera, putevi, a takođe mogu biti i apstraktni tj. zamišljeni oblici kao što su npr. državne granice. Geoprostorni podaci pružaju informacije koje se mogu upotrebiti u širokom opseg različitih oblasti.

Mnoge oblasti privrede i nauke koriste geografske informacione sisteme za potrebe podrške u odlučivanju zasnovanom na geoprostornim podacima. GIS se upotrebljava za potrebe upravljanja prirodnim resursima, za planiranje upotrebe zemljišta, za potrebe organizacije transporta, u marketingu. U arheologiji GIS se upotrebljava za potrebe opisa nalazišta i procene arheološkog scenarija. U zdravstvu se primenjuje za potrebe prikaza vektora širenja epidemija. U društvenim naukama koristi se za analizu demografskih kretanja i razvoja. U oblasti životne sredine GIS se upotrebljava za potrebe praćenja i upravljanja degradacijom zemljišta, upravljanje klizištima, dezertifikacijom, zatim u upravljanju kvalitetom i količinama voda kao i vazduha, u vremenskom i klimatološkom modeliranju i prognozama. Navedene mogućnosti

upotrebe geoinformacionih sistema ukazuju na značaj upotrebe prostornih informacija u modernom informatičkom društvu.

Komponente GIS-a

Kako bi bila omogućena adekvatna upotreba GIS-a neophodno je da postoji nekoliko osnovnih komponenti ovog informacionog sistema, a to su: kompjuterski hardver, niz aplikacionih softvera, podaci, metode i obučeni kadar. Sve navedene komponente sistema treba da su usklađene kako bi sistem funkcionisao na zadovoljavajući način (Burrough, McDonnell, 2006).

Softver za geografske informacione sisteme obezbeđuje funkcionalnosti i alate neophodne za čuvanje, analizu i prikazivanje geografskih podataka. Po definiciji, GIS se može podeliti na pet osnovnih funkcionalnosti (Burrough, McDonnell, 2006):

- Unos i provera podataka;
- Memorisanje i upravljanje bazama podataka;
- Izlaz i prezentacija;
- Transformacija podataka;
- Interakcija sa korisnikom;

Alati, komponente softvera za GIS, kojima se postižu prethodno navedene funkcionalnosti su:

- Alati za unos i upravljanje geografskim podacima;
- Sistem za upravljanje bazom podataka SUBP (eng. *Database Managemet System*, DBMS –)
- Alati koji podržavaju prostorne upite, analizu i vizualizaciju;
- Grafički korisnički interfejs (eng. *Graphical User Interface - GUI*) za olakšan pristup ostalim alatima.

Podaci predstavljaju najznačajniju komponentu GIS-a. Podaci u geografskim informacionim sistemima imaju dodatnu karakteristiku u odnosu na podatke koji se koriste u konvencionalnim informacionim sistemima, a to je prostorna karakteristika. Dodatno, geografski informacioni sistemi omogućavaju integrisanje prostornog i neprostornog domena podataka. Neprostorni domen podataka se odnosi na tematske osobine prostornih podataka, odnosno takozvane attribute prostornih podataka. U geografskim informacionim sistemima, podaci se, u odnosu na način organizacije, strukturu, formu, način prikaza i upotrebu dele na rasterske, vektorske, alfa-numeričke podatke i digitalni model terena.

Rasterski podaci predstavljaju podatke u digitalnom obliku zasnovane na matrici čiji je osnovni element piksel. Rasterski podaci mogu biti u formatima bmp, tif, jpg, pcx i drugim. Dele se na georeferencirane i negeoreferencirane rasterske podatke. Georeferenciranim rasterskim podacima moguće je pridružiti i podatak o prostornim koordinatama na nivou piksela. Georeferencirani podaci su: skenirane mape, satelitski snimci, aerofoto snimci i grid slike.

Vektorski podaci omogućavaju predstavljanje objekata iz stvarnog sveta unutar GIS okruženja. Navedeno se postiže upotrebom jednostavnih geometrijskih oblika koji približno odgovaraju stvarnom obliku i položaju datih objekata koji se nazivaju *geometrije*. Postoje tri osnovna tipa geometrija: tačka, linija i poligon. Tačka predstavlja osnovni tip geometrije, definisana je svojim koordinatama i predstavlja nula-dimenzionalnu geometriju. Upotrebljava se za

prikazivanje preciznog položaja kao što je na primer određena adresa ili lokacija grada. Linija predstavlja skup povezanih tačaka. To je jednodimenzionalna geometrija. Koristi se za predstavljanje puteva, reka, državnih granica. Poligon je definisan granicom povezanih tačaka kod kojih se prva i poslednja tačka poklapaju. Sačinjen je od granice kojom je oivičen i od površine unutar granice. Koristi se za predstavljanje površina kao što su na primer jezera, ostrva, države itd.

Alfa-numeričkim podacima se izražava neprostorni domen podataka odnosno karakteristike geoprostornih podataka. Navedene karakteristike nazivaju se atributi i predstavljaju se u obliku tabela ili grafički odnosno upotrebom kartografskih simbola. Alfa-numerički podaci se izražavaju pomoću slova i cifara.

Digitalni model terena predstavlja posebnu vrstu rasterskog podatka u kojem svaka tačka modela sadrži podatke o položaju tačke u prostoru i podatak o visini te tačke. Digitalna interpretacija visina terena može biti izražena GRID ili TIN modelom. GRID model predstavlja reljef u formi pravilne mreže kvadrata, dok TIN (Triangulated Irregular Network) model predstavlja mrežu trouglova koji nastaju spajanjem poznatih vrednosti tačaka.

Kadar obuhvata obučene ljude bez čijeg angažovanja i znanja bi geoinformacioni sistemi bili neupotrebljivi. Obučeni stručnjaci upotrebljavaju GIS za rešavanje problema iz realnog sveta i njihova ekspertiza varira od tehničara koji dizajniraju i održavaju sistem do stručnjaka koji koriste GIS u obavljanju svakodnevnog posla.

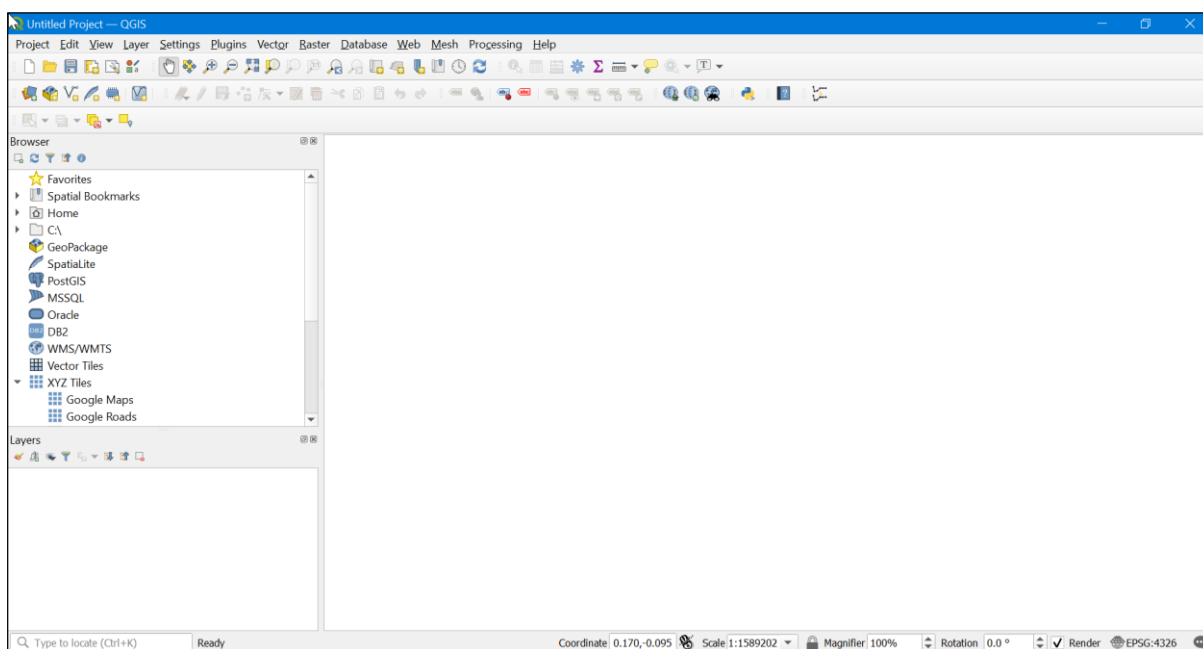
Metode se odnose na odgovarajuće procedure za primenu GIS-a u praksi i usklađene su sa sistemom poslovanja jedinstvenim za svaku organizaciju koja koristi ove sisteme.

3.4.2.3. Quantum GIS softver

Za potrebe analize izloženosti amonijaku usled akcidentne situacije nastale oslobađanjem supstance iz transportne cisterne, u okviru doktorske disertacije, korišćen je QGIS softver (ranije poznat kao Quantum GIS). Razvoj Quantum GIS softvera je započeo Geri Šerman 2002. godine, dok je verzija 1.0 izdata 2009. godine. Danas je u upotrebi QGIS 3.22 Biatowieza verzija.

QGIS predstavlja profesionalni GIS softver koji je slobodan za korišćenje i program je otvorenog koda. Razvijen je u programskom jeziku C++, a dozvoljava integraciju dodataka razvijenih u jezicima C++ i Python. Može da radi na različitim operativnim sistemima kao što su Mac, Linux, Unix, Windows i Android. QGIS omogućava pregled, analizu i upravljanje prostornim podacima. Podržava većinu geoprostornih vektorskih i rasterskih tipova podataka, format baze podataka kao i upotrebu ESRI (eng. *Environmental Systems Research Institute*) *shapefile* formata podatka. Inicijalni cilj QGIS projekta bio je da se obezbedi geoinformacioni sistem za pregled podataka. Danas se ovaj projekat razvio do razmera dnevnih potreba za pregledanjem GIS podataka, za prikupljanje podataka, za napredne GIS analize, kao i za prezentacije u formi naprednih mapa, atlasa i izveštaja.

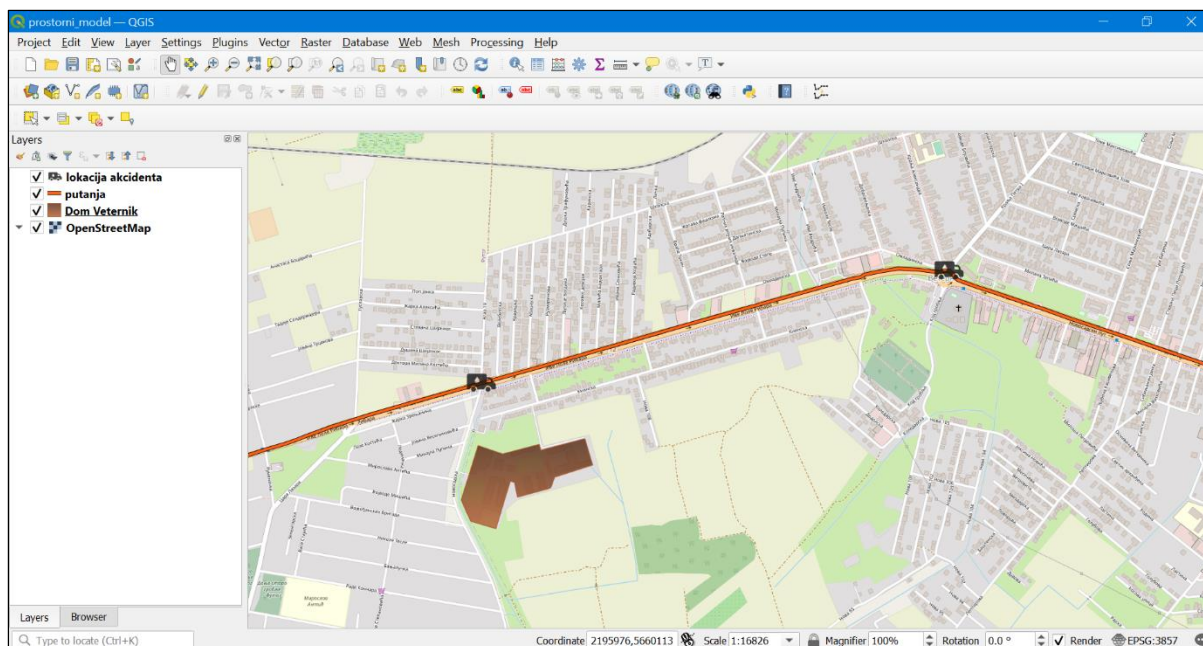
Na slici 3.20 je prikazan izgled grafičkog korisničkog interfejsa QGIS-a korišćenog za potrebe istraživanja u okviru doktorske disertacije (verzija QGIS 3.22 Biatowieza).



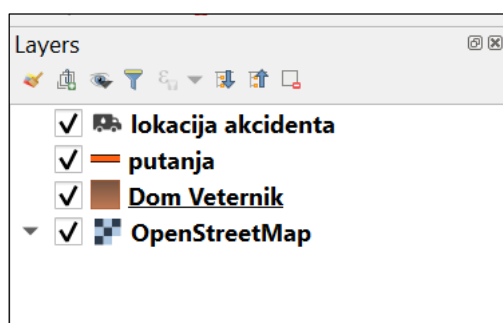
Slika 3.20 Grafički korisnički interfejs QGIS softvera (verzija QGIS 3.22 Biatowieza)

3.4.2.4. Organizacija QGIS projekta za potrebe analize izloženosti

Za potrebe analize izloženosti Doma Veternik kreiran je QGIS projekat, odnosno prostorni model realnog sistema. Prostorni model je kreiran preklapanjem 4 međusobno nezavisna sloja (Slika 3.22) povezana zajedničkim prostornim referentnim sistemom WGS 84/Pseudo Mercator. OpenStreet rasterski sloj upotrebljen je kao kartografska osnova ovog projekta. Lokacija Doma Veternik prikazana je vektorskim slojem upotrebom geometrije tačke. Takođe, potencijalne lokacije akcidenta prikazane su upotrebom geometrije tačke, u nezavisnom vektorskom sloju. Moguća putanja cisterne sa amonijakom prikazana je upotrebom geometrije linije u trećem vektorskom sloju. Slika 3.21 prikazuje QGIS projekat prostornog modela realnog sistema.



Slika 3.21 Prostorni model realnog sistema kreiran upotrebom QGIS softvera

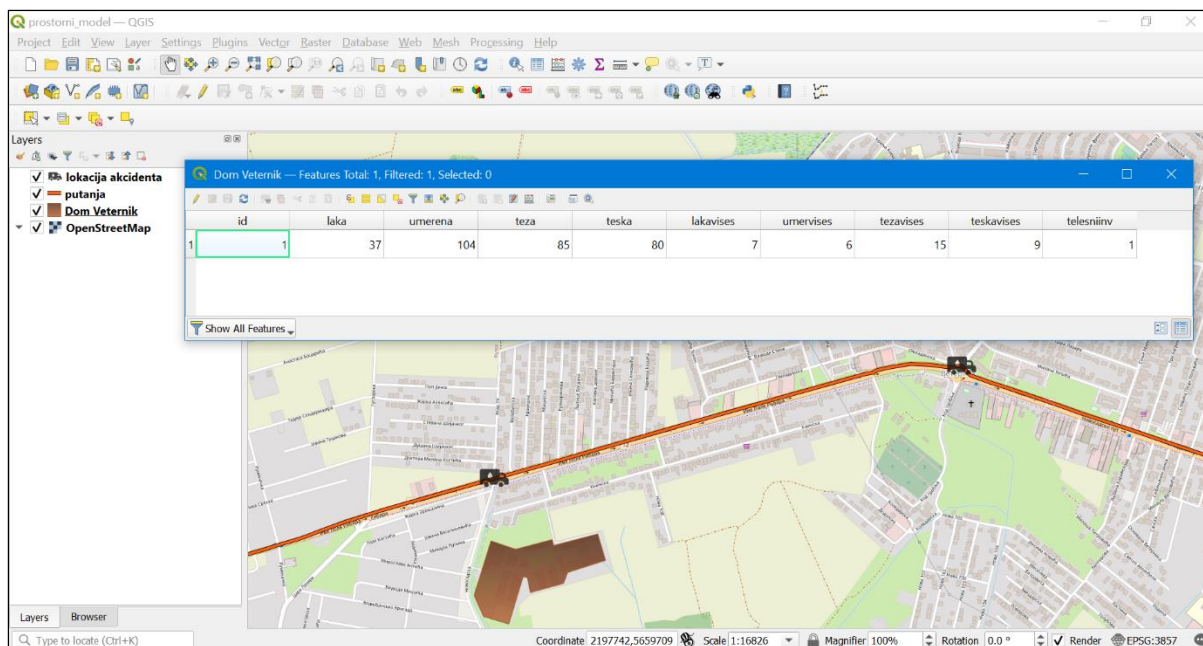


Slika 3.22 Rasterski i vektorski slojevi organizovani u prozoru *Layers* QGIS softvera

3.4.3. Obrada podataka – kontekst ranjivosti

U kontekstu ranjivosti obrada podataka obuhvatila je integrisanje podataka o kategorijama invaliditeta i brojnosti korisnika Doma Veternik po svakoj kategoriji, u prethodno kreirani prostorni model, odnosno QGIS projekat. Podaci navedeni u Tabeli 3.1 manuelno su uneti u atributnu tabelu pridruženu vektorskom sloju koji prikazuje lokaciju Doma Veternik.

Atributna tabela prikazuje informacije o karakteristikama odabranog vektorskog sloja. Svaki red u tabeli predstavlja po jedan objekat prikazan u vektorskom sloju, dok svaka kolona predstavlja po jednu karakteristiku (atribut) koja opisuje prikazane objekte. Na Slikama 3.23 i 3.24 prikazan je vektorski sloj lokacije Doma Veternik i atributna tabela sa unetim vrednostima atributnih podataka, respektivno.



Slika 3.23 Vektorski sloj Doma Veternik sa pridruženom atributnom tabelom

vulnerable_location — Features Total: 1, Filtered: 1, Selected: 0

id	laka	umerena	teza	teska	lakavises	umervises	tezavises	teskavises	telesniinv
1	37	104	85	80	7	6	15	9	1

Slika 3.24 Atributna tabela

4. Rezultati i diskusija

Rezultati simulacija akcidentne situacije sprovedenih za meteorološke podatke iz 2016. godine pokazali su ujednačen obrazac za svih 12 meseci. U softver za simulaciju akcidenta, osim vrednosti ulaznih podataka meteoroloških parametara, uneti su i podaci o položaju, obliku i dimenzijama rupture na cisterni koja može nastati usled potencijalnog akcidenta tokom transporta. Obzirom na mogućnost direktnog sudara cisterne sa putničkim vozilom, pretpostavljeno je da može nastati ruptura kružnog oblika, prečnika 5 cm, na udaljenosti od 0,5 m od dna cisterne. Takođe, za vrednost varijable hrapavost tla odabrana je kategorija *Urban or Forest* s obzirom na to da je lokacija akcidenta unutar gradskog okruženja.

Kada se amonijak oslobodi iz cisterne, gde je skladišten u tečnom stanju pod pritiskom, dolazi do trenutnog isparavanja ove hemikalije u atmosferu. Brzo isparavanje amonijaka predstavlja potencijalnu opasnost za ljudsku populaciju i životnu sredinu usled toksičnosti amonijaka. Izlazni rezultat simulacije predstavljaju tri zone ugroženosti, odnosno područja životne sredine unutar kojih je procenjeno da će uticaj koncentracije oslobođenog amonijaka na humanu populaciju premašiti odabrani nivo ugroženosti (LOC) u nekom trenutku nakon početka ispuštanja hemikalije u atmosferu. Za ispitane scenarije, vrednosti LOC odabrane su u skladu sa AEGL vrednostima sa trajanjem izlaganja od 60 minuta. Rezultati simulacije prikazani su u formi dijagrama na kojima su prikazane zone ugroženosti u crvenoj, narandžastoj i žutoj boji za sva tri scenarija (eng. *worst case (WC)* – najlošiji scenario, eng. *best case (BC)* – najpovoljniji scenario, i eng. *Most probable case (MPC)* – najverovatniji scenario) za svaki pojedinačni mesec tokom 2016. godine. Crvena zona označava oblast u kojoj će koncentracija amonijaka premašiti 1 000 ppm u nekom trenutku nakon ispuštanja pri čemu izloženo stanovništvo može biti životno ugroženo. Ova zona je najbliža izvoru oslobađanja hemikalije. Ukoliko su ljudi izloženi koncentraciji amonijaka od 160 ppm, unutar narandžaste zone, mogu doživeti ireverzibilne zdravstvene posledice ili mogu biti onemogućeni za pravovremeno reagovanje i evakuaciju. Unutar žute zone, najudaljenije od izvora oslobađanja, predviđa se da će koncentracija amonijaka premašiti 30 ppm, što može izazvati privremene simptome kao što su nelagodnost ili iritacija.

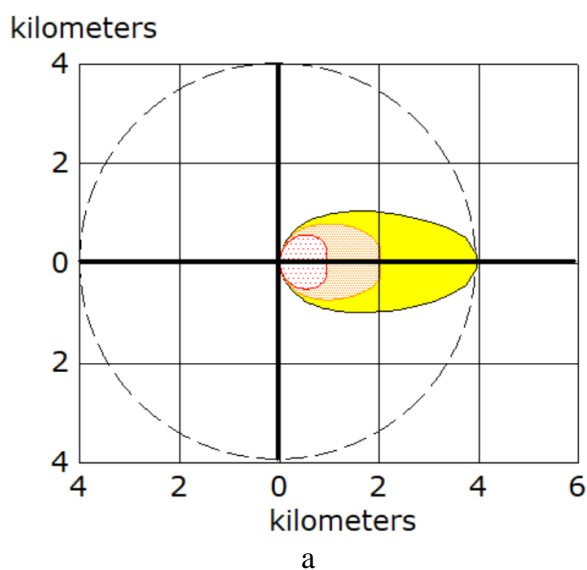
Svi dijagrami prikazuju zone ugroženosti duž pravca vetra. Crna linija (puna ili isprekidana) na svakom dijagramu prikazuje liniju poverenja pravca vetra. Linija poverenja ilustruje regiju unutar koje se očekuje da će se oblak oslobođene supstance zadržati približno 95% vremena s obzirom na uobičajene promene pravca vetra. Što je brzina vetra manja, vetar lakše menja pravac, pa je u tom slučaju i linija poverenja većeg obima. Linija poverenja formira krug kada je brzina vetra veoma mala (Slika 4.1a).

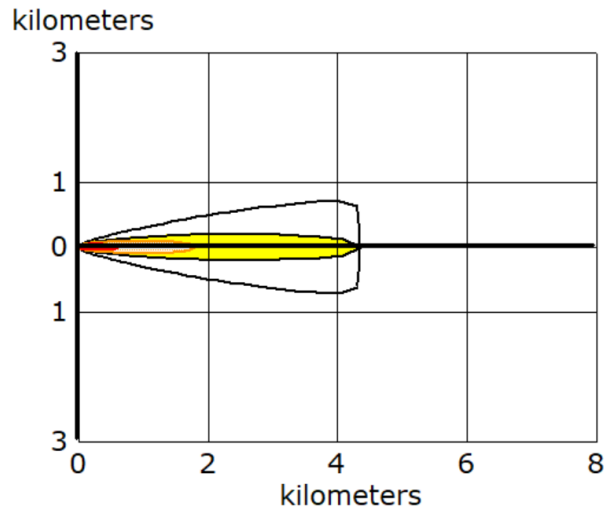
Za potrebe ispitivanja uticaja pravca vetra na rasprostiranje amonijaka, odnosno na potencijalnu izloženost korisnika Doma „Vetermik“ akcidentu, rezultati simulacije, u formi dodatnog vektorskog sloja, uvezeni su u prethodno kreiran prostorni model realne situacije. Nepovoljni pravci vetra u odnosu na odabrane lokacije potencijalnog ostvarenja akcidenta i lokaciju Doma su istok-sever-istok (eng. *east-north-east* - ENE) u slučaju ostvarenja akcidenta u blizini kružnog toka (lokacija 1) i sever-sever-zapad (eng. *north-north-west* - NNW) u slučaju ostvarenja akcidenta na raskrsnici (lokacija 2) u blizini Doma.

4.1. Rezultati za Januar 2016. godine

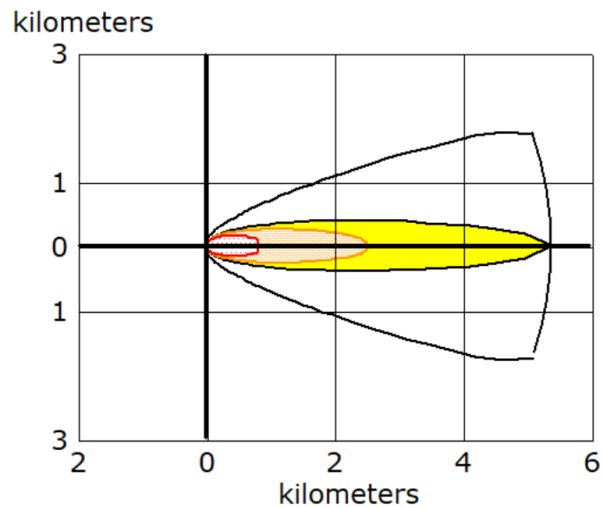
Poređenjem grafika za tri različita scenarija, za januar 2016. godine (Slika 4.1) uočava se da najlošiji scenario (WC) dominira u pogledu površine zahvaćene toksičnim uticajem amonijaka, dok najpovoljniji scenario (BC) obuhvata najmanju površinu. U pogledu rasprostiranja amonijaka duž x-ose, primećuje se da su u BC scenariju udaljenosti rasprostiranja crvene i narandžaste zone manje u poređenju sa WC scenarijem. S druge strane, žuta zona se prostire na veću udaljenost, što je u skladu sa očekivanjima zbog veće brzine vetra u BC scenariju. Povećana brzina vetra omogućava transport amonijaka na veću udaljenost od izvora zagađenja. Niska temperatura ambijentalnog vazduha i sporije isparavanje na početku oslobađanja dovode do razblaživanja male količine amonijaka. Kao rezultat, u BC scenariju, crvena i narandžasta zona se nalaze na manjim udaljenostima u poređenju sa WC scenarijem. Rezultati simulacije potvrđuju pretpostavku da visoka temperatura i mala brzina vetra utiču na to da veća površina bude pod uticajem oslobođenog amonijaka.

Maksimalno trajanje oslobađanja amonijaka iznosilo je 10 minuta i identifikovano je u BC scenariju. Ovaj rezultat je očekivan usled sporijeg isparavanja supstance na nižoj temperaturi u odnosu na temperaturu u WC scenariju.





b



c

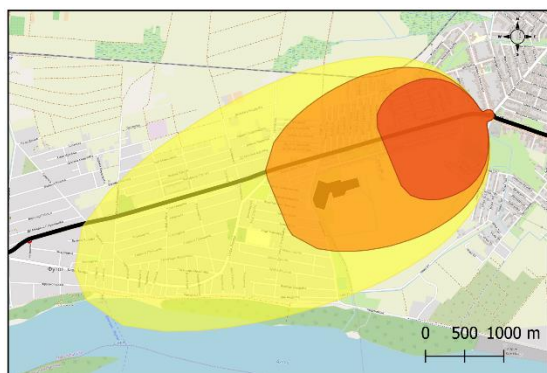
Slika 4.1 Rezultati simulacije za januar 2016. godine; a – najlošiji scenario (WC), b – najpovoljniji scenario (BC), c – najverovatniji scenario (MPC)

U Tabeli 4.1 prikazani su ulazni podaci i izlazni rezultati simulacije za januar 2016. godine. Vrednost klase stabilnosti atmosfere proračunata je automatski, na osnovu matematičkog modela ALOHA softvera i unetih vrednosti meteoroloških parametara. Klase stabilnosti atmosfere izražene su u kategorijama (A, B, C, D, E ili F). Za WC, BC i MPC scenarije, kategorije klase stabilnosti atmosfere su B, D i D, respektivno. Dobijene vrednosti udaljenosti rasprostiranja amonijaka u atmosferi, duž x-ose, za WC scenario, iznosile su 0,964 km za crvenu zonu, 2 km za narandžastu zonu i 4 km za žutu zonu. U slučaju BC scenarija, dobijene vrednosti udaljenosti rasprostiranja amonijaka, duž x-ose, iznosile su 0,624 km, 1,8 km i 4,4 km za crvenu, narandžastu i žutu zonu, respektivno. MPC scenario je rezultovao udaljenostima od 0,807 km u crvenoj zoni, 2,5 km u narandžastoj i 5,4 km u žutoj zoni rasprostiranja.

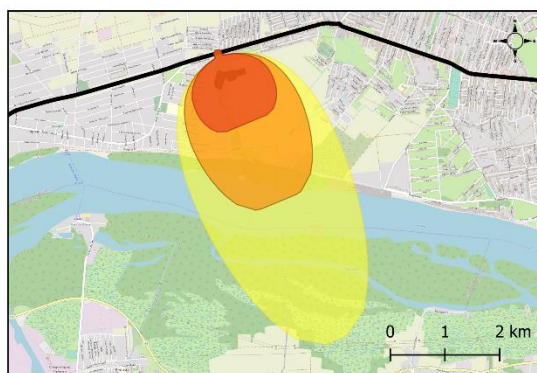
Tabela 4.1 Ulazni podaci meteoroloških parametara i izlazni rezultati modela za januar 2016. godine

		WC	BC	MPC
Ulazni podaci	Temperatura [°C]	16,8	-6,4	-1,7
	Brzina Vetra [m/s]	1	6,7	2,4
	Pravac Vetra	ENE/NNW	ENE/NNW	E
	Oblačnost [desetine]	9	9	10
	Vlažnost Vazduha [%]	83	83	97
	Stabilnost Atmosfere	B	D	D
Rezultati	Crvena Zona [km]	0,964	0,624	0,807
	Narandžasta Zona [km]	2,0	1,8	2,5
	Žuta Zona [km]	4,0	4,4	5,4
	Trajanje oslobađanja supstance [min]	5	10	5

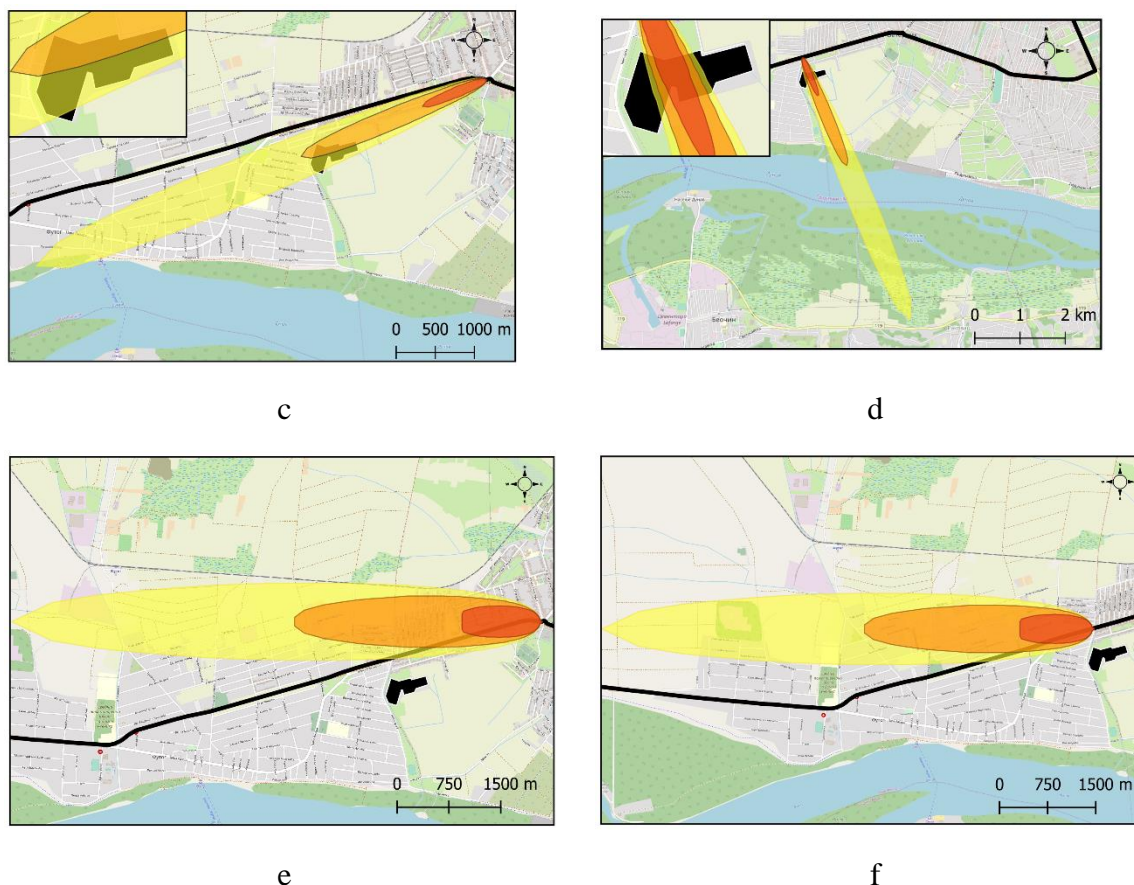
Na Slici 4.2. prikazano je rasprostiranje akcidenta u prostornom okruženju za odgovarajuće pravce vetra u BC i WC scenarijima, na oba posmatrana lokaliteta. Za slučaj MPC scenarija prikazan je najverovatniji pravac vetra – istok (eng. *east* – E). Analizom kreiranog prostornog modela akcidentne situacije, u slučaju ostvarenja akcidenta na lokaciji 1, Dom „Veternik“ se u WC scenariju nalazi u narandžastoj zoni izloženosti (Slika 4.2a), dok se u slučaju lokacije 2 Dom nalazi u crvenoj zoni izloženosti (Slika 4.2b), što je i bilo očekivano s obzirom na to da je lokacija 2 bliža domu. U BC scenariju situacija je ista u pogledu zona ugroženosti u kojima se Dom nalazi (Slike 4.2c i 4.2d), s tim da je površina Doma koja bi bila izložena uticaju akcidenta manja, srazmerno površini rasprostiranja amonijaka. MPC scenario neće ugroziti Dom u Veterniku, u slučaju najverovatnijeg smera vetra (Slike 4.2e i 4.2f). Ukoliko bi se vetar menjao, Dom u Veterniku bi bio ugrožen u slučaju ostvarenja akcidenta na oba razmatrana lokaliteta.



a



b

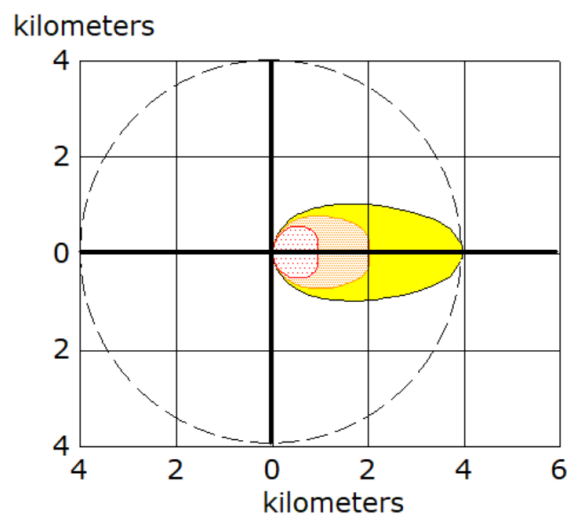


Slika 4.2 Prikaz prostornog odnosa rasprostiranja amonijaka i lokacije Doma za januar 2016. godine: a – WC scenario, lokacija 1; b – WC scenario, lokacija 2; c – BC scenario, lokacija 1; d – BC scenario, lokacija 2; e – MPC scenario, lokacija 1; f – MPC scenario, lokacija 2

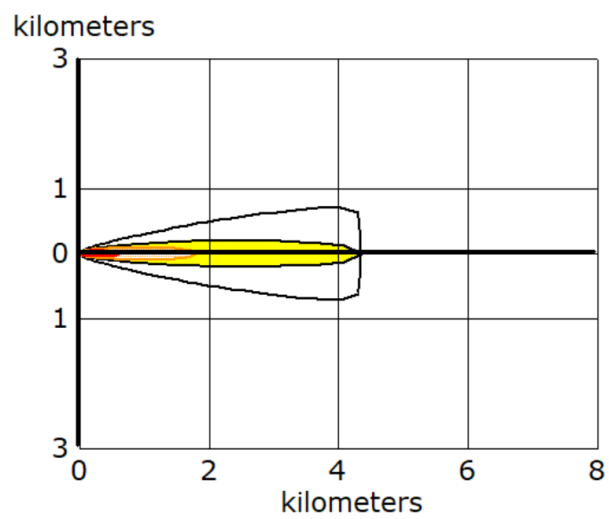
4.2. Rezultati za Februar 2016. godine

Poređenjem grafika za tri različita scenarija za februar 2016. godine (Slika 4.3) uočava se da najlošiji scenario (WC) dominira u pogledu površine zahvaćene toksičnim uticajem amonijaka, dok najpovoljniji scenario (BC) obuhvata najmanju površinu. U pogledu rasprostiranja amonijaka duž x-ose, primećuje se da su u BC scenariju udaljenosti rasprostiranja crvene i narandžaste zone manje u poređenju sa WC scenarijem. S druge strane, žuta zona se prostire na manju udaljenost, što predstavlja izuzetak. Pretpostavka je da do odstupanja dolazi usled male gustine dostupnog uzorka ulaznih podataka u model. Niska temperatura ambijentalnog vazduha i sporije isparavanje na početku oslobađanja dovode do razblaživanja male količine amonijaka. Kao rezultat, u BC scenariju, crvena i narandžasta zona se nalaze na manjim udaljenostima u poređenju sa WC scenarijem. Rezultati simulacije potvrđuju pretpostavku da visoka temperatura i mala brzina vetra utiču na to da veća površina bude pod uticajem oslobođenog amonijaka.

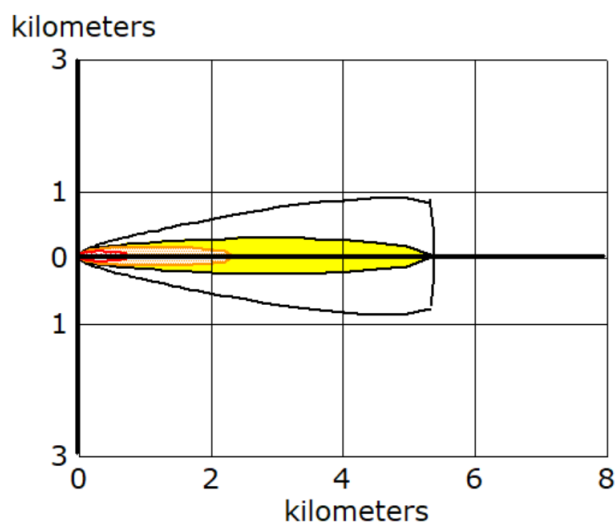
Maksimalno trajanje oslobođenja amonijaka iznosilo je 10 minuta i identifikovano je u BC scenariju. Ovaj rezultat je očekivan zbog sporijeg procesa isparavanja supstance pri nižim temperaturama.



a



b



c

Slika 4.3 Rezultati simulacije za februar 2016. godine; a – najlošiji scenario (WC), b – najpovoljniji scenario (BC), c – najverovatniji scenario (MPC)

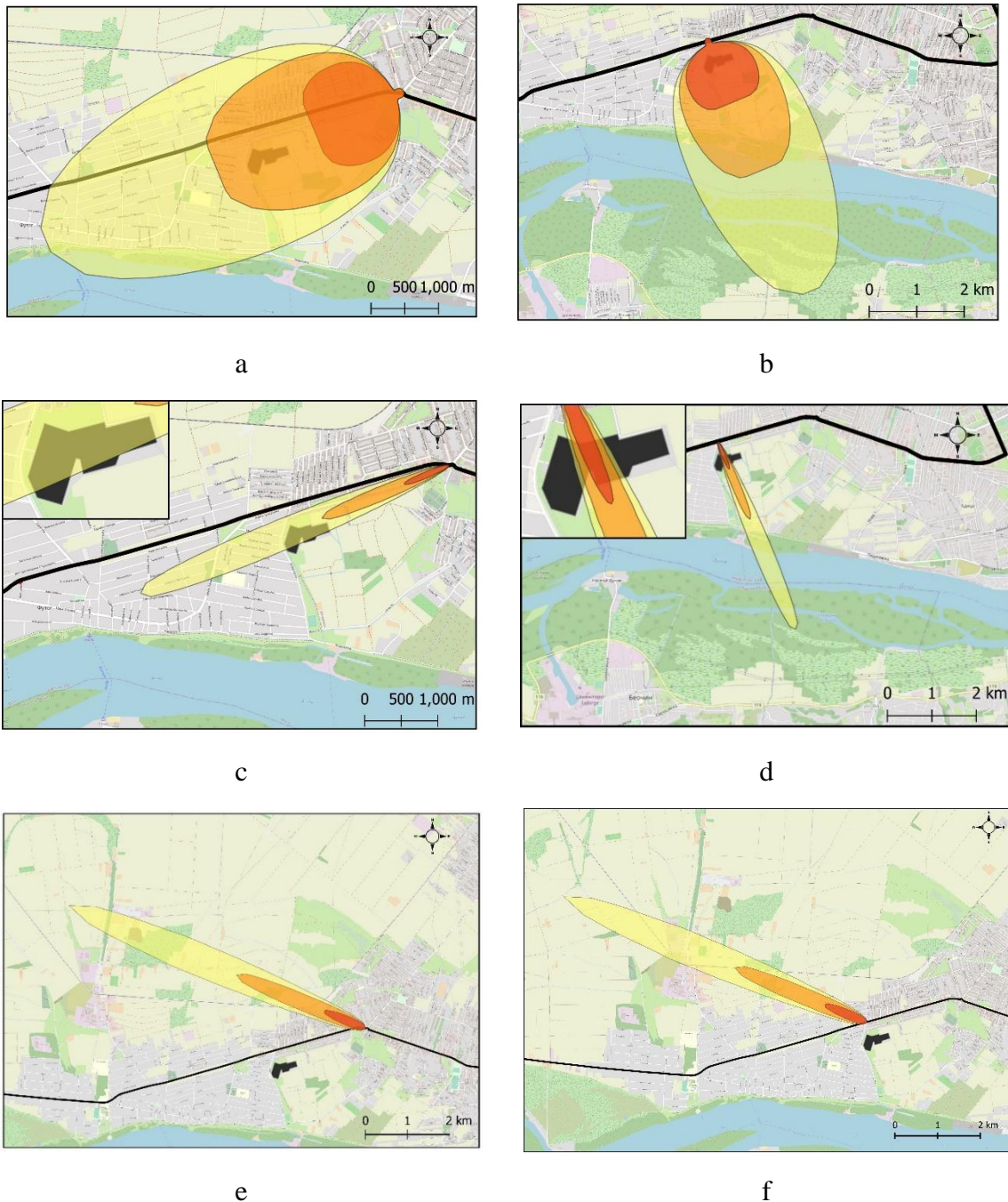
U Tabeli 4.2 prikazani su ulazni podaci i izlazni rezultati simulacije za februar 2016. godine. Za WC, BC i MPC scenarije, kategorije klasa stabilnosti atmosfere su B, D i D, respektivno. Udaljenosti rasprostiranja amonijaka u ambijentalnom vazduhu, duž x-ose, za WC scenario iznosile su 0,968 km za crvenu zonu, 2,1 km za narandžastu zonu i 4 km za žutu zonu. U slučaju BC scenarija udaljenosti rasprostiranja amonijaka, duž x-ose, iznosile su 0,468 km, 1,3 km i 3,2 km za crvenu, narandžastu i žutu zonu, respektivno. MPC scenario je rezultovao vrednostima od 0,744 km u crvenoj zoni, 2,3 km u narandžastoj i 5,4 km u žutoj zoni rasprostiranja.

Tabela 4.2 Ulazni podaci meteoroloških parametara i izlazni rezultati modela za februar 2016. godine

		WC	BC	MPC
Ulazni podaci	Temperatura [°C]	18,8	-6,4	-1,7
	Brzina Vetra [m/s]	0,8	12,3	4,4
	Pravac Vetra	ENE/NNW	ENE/NNW	ESE
	Oblačnost [desetine]	8	8	10
	Vlažnost Vazduha [%]	71	71	86
	Stabilnost Atmosfere	B	D	D
Rezultati	Crvena Zona [km]	0,968	0,468	0,744
	Narandžasta Zona [km]	2,1	1,3	2,3
	Žuta Zona [km]	4	3,2	5,4
	Trajanje oslobađanja supstance [min]	8	10	5

Na Slici 4.4 prikazano je rasprostiranje akcidenta u prostornom okruženju za odgovarajuće pravce vetra u okviru BC i WC scenarija, na oba posmatrana lokaliteta. U slučaju MPC scenarija, najverovatniji pravac vetra – istok-jug-istok (eng. *east-south-east* - ESE) je prikazan. Analizom kreiranog prostornog modela akcidentne situacije u WC scenariju, u slučaju ostvarenja akcidenta na lokaciji 1, Dom „Veternik“ se nalazi u narandžastoj zoni izloženosti

(Slika 4.4a), dok se u slučaju lokacije 2, Dom nalazi u crvenoj zoni izloženosti (Slika 4.4b), što je i bilo očekivano s obzirom na to da je lokacija 2 bliža Domu. U BC scenariju situacija je ista u pogledu zona ugroženosti (Slike 4.4c i 4.4d), s tim da je površina Doma izložena uticaju akcidenta manja, srazmerno površini rasprostiranja amonijaka. MPC scenario neće ugroziti Dom u Veterniku, u slučaju najverovatnijeg smera vetra (Slike 4.4e i 4.4f). Ukoliko bi se vetar menjao, Dom u Veterniku bi bio ugrožen u slučaju ostvarenja akcidenta na oba razmatrana lokaliteta.

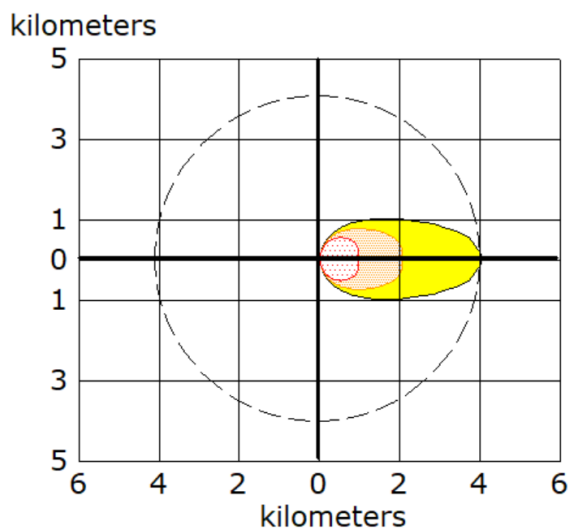


Slika 4.4 Prikaz prostornog odnosa rasprostiranja amonijaka i lokacije Doma za februar 2016. godine: a – WC scenario, lokacija 1; b – WC scenario, lokacija 2; c – BC scenario, lokacija 1; d – BC scenario, lokacija 2; e – MPC scenario, lokacija 1; f – MPC scenario, lokacija 2

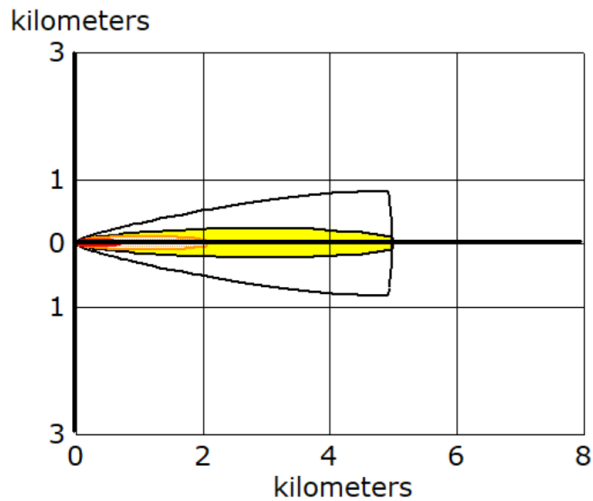
4.3. Rezultati za Mart 2016

Poređenjem grafika za tri različita scenarija za mart 2016. godine (Slika 4.5), može se uočiti da najlošiji scenario (WC) dominira u pogledu površine zahvaćene toksičnim uticajem amonijaka, dok najpovoljniji scenario (BC) obuhvata najmanju površinu. U pogledu rasprostiranja amonijaka duž x-ose, primećuje se da je u BC scenariju udaljenost rasprostiranja crvene zone manja u poređenju sa WC scenarijem. S druge strane, žuta zona se prostire na veću udaljenost, što je u skladu sa očekivanjima zbog veće brzine vetra u BC scenariju. Povećana brzina vetra omogućava transport amonijaka na veću udaljenost od izvora zagađenja. Niska temperatura ambijentalnog vazduha i sporije isparavanje na početku oslobađanja dovode do razblaživanja male količine amonijaka. Kao rezultat, u BC scenariju, crvena zona se nalazi na manjoj udaljenosti u odnosu na WC scenario. Narandžaste zone su na jednakim udaljenostima u BC i WC scenarijima, što predstavlja izuzetak. Pretpostavka je da do odstupanja dolazi usled male gustine dostupnog uzorka ulaznih podataka. Rezultati simulacije potvrđuju pretpostavku da visoka temperatura i mala brzina vetra utiču na to da veća površina bude pod uticajem oslobođenog amonijaka.

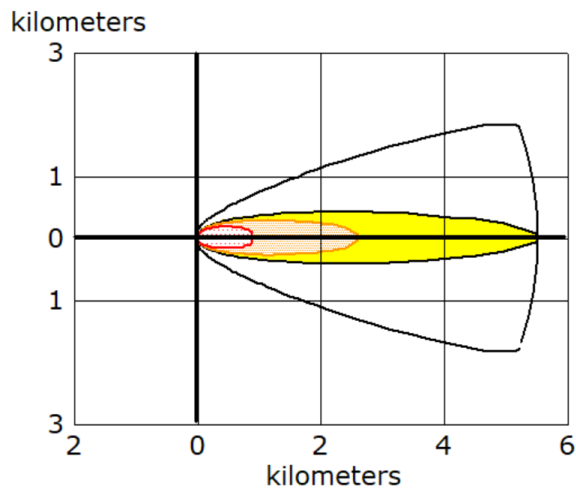
Maksimalno trajanje oslobađanja amonijaka iznosilo je 7 minuta i evidentirano je tokom MPC scenarija, što predstavlja izuzetak, usled male gustine dostupnog uzorka ulaznih podataka.



a



b



c

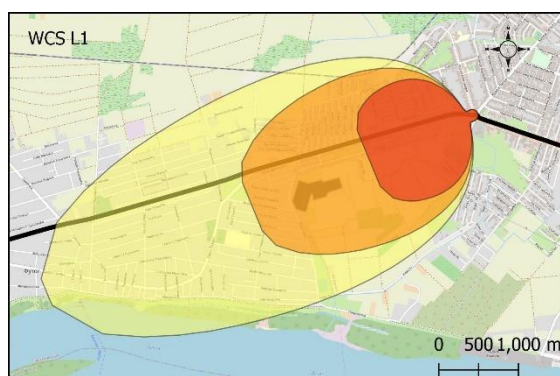
Slika 4.5 Rezultati simulacije za mart 2016. godine; a – najlošiji scenario (WC), b – najpovoljniji scenario (BC), c – najverovatniji scenario (MPC)

U Tabeli 4.3 prikazani su ulazni podaci i izlazni rezultati simulacije za mart 2016. godine. Za WC, BC i MPC scenarije, kategorije klasa stabilnosti atmosfere su B, D i D, respektivno. Vrednosti udaljenosti rasprostiranja amonijaka u ambijentalnom vazduhu, duž x-ose, za WC scenario iznosile su 0,989 km za crvenu zonu, 2,1 km za narandžastu zonu i 4,1 km za žutu zonu. U slučaju BC scenarija udaljenosti rasprostiranja duž x-ose iznosile su 0,722 km, 2,1 km i 5,0 km za crvenu, narandžastu i žutu zonu, respektivno. MPC scenario je rezultovao vrednostima od 0,895 km u crvenoj zoni, 2,6 km u narandžastoj i 5,5 km u žutoj zoni rasprostiranja.

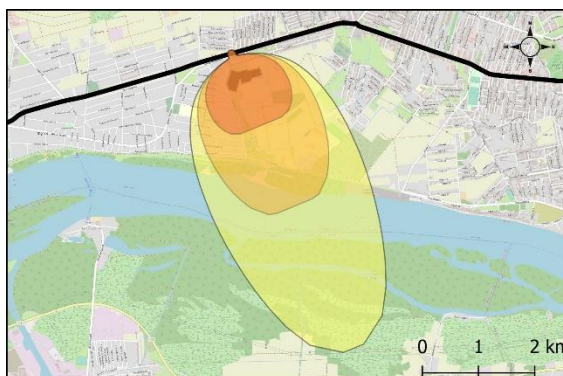
Tabela 4.3 Ulazni podaci meteoroloških parametara i izlazni rezultati modela za mart 2016. godine

		WC	BC	MPC
Ulazni podaci	Temperatura [°C]	24,2	3,8	5,8
	Brzina Vetra [m/s]	0,63	6,7	2,4
	Pravac Vetra	ENE/NNW	ENE/NNW	SW
	Oblačnost [desetine]	9	9	10
	Vlažnost Vazduha [%]	61	61	60
	Stabilnost Atmosfere	B	D	D
Rezultati	Crvena Zona [km]	0,989	0,722	0,895
	Narandžasta Zona [km]	2,1	2,1	2,6
	Žuta Zona [km]	4,1	5,0	5,5
	Trajanje oslobađanja supstance [min]	5	5	7

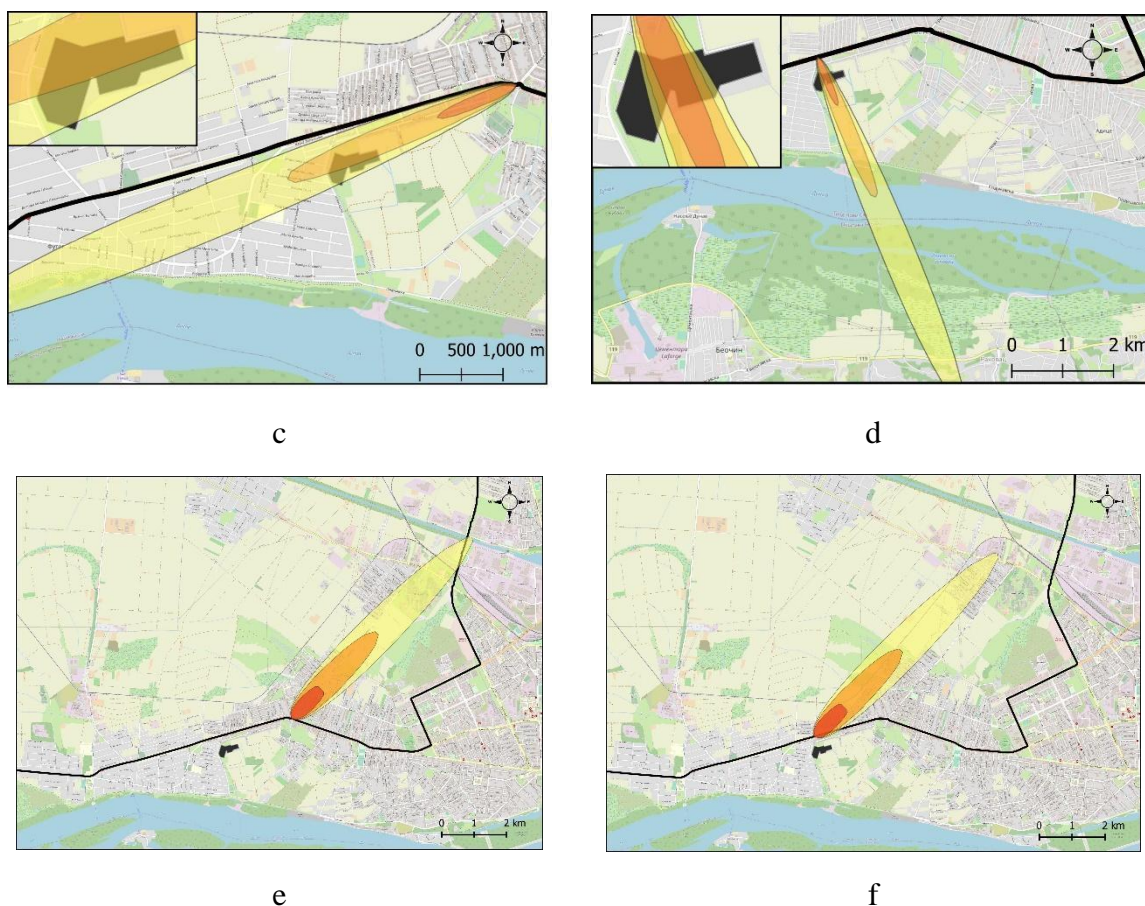
Na Slici 4.6 prikazano je rasprostiranje akcidenta u prostornom okruženju za odgovarajuće pravce vetra BC i WC scenarija, na oba posmatrana lokaliteta. U slučaju MPC scenarija prikazan je najverovatniji pravac vetra – jug-istok (eng. *south-west* - SW). Analizom kreiranog prostornog modela akcidentne situacije, u slučaju ostvarenja akcidenta na lokaciji 1, Dom „Veternik“ se u WC scenariju nalazi u narandžastoj zoni izloženosti (Slika 4.6a), dok se u slučaju lokacije 2 Dom nalazi u crvenoj zoni izloženosti (Slika 4.6b), što je i bilo očekivano s obzirom na to da je lokacija 2 bliža Domu. U BC scenariju situacija je ista u pogledu zona ugroženosti u kojima se Dom nalazi (Slike 4.6c i 4.6d), s tim da je površina Doma izložena uticaju akcidenta manja, srazmerno površini rasprostiranja amonijaka. MPC scenario neće ugroziti Dom u Veterniku, u slučaju najverovatnijeg smera vetra (Slike 4.6e i 4.6f). Ukoliko bi se vetar menjao, Dom u Veterniku bi bio ugrožen u slučaju ostvarenja akcidenta na oba razmatrana lokaliteta.



a



b

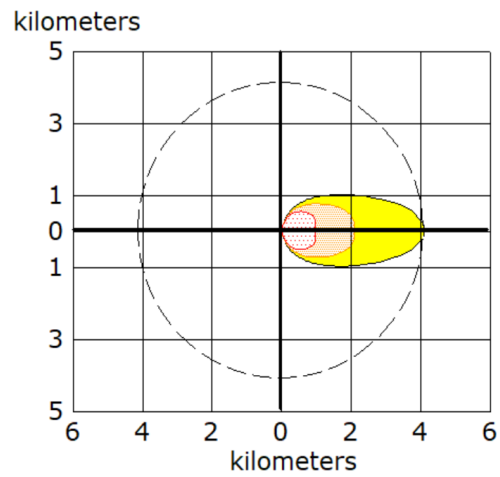


Slika 4.6 Prikaz prostornog odnosa rasprostriranja amonijaka i lokacije Doma za mart 2016. godine: a – WC scenario, lokacija 1; b – WC scenario, lokacija 2; c – BC scenario, lokacija 1; d – BC scenario, lokacija 2; e – MPC scenario, lokacija 1; f – MPC scenario, lokacija 2

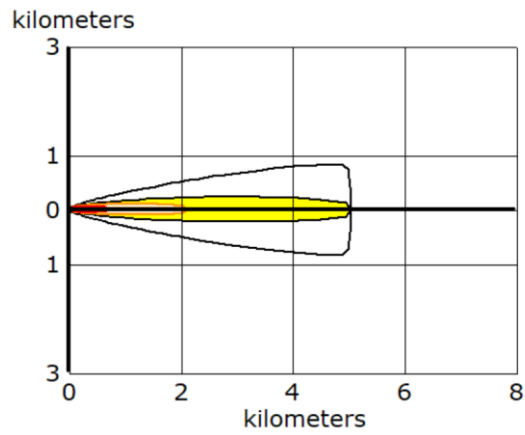
4.4. Rezultati za April 2016. godine

Poređenjem grafika za tri različita scenarija za april 2016. godine (Slika 4.7) uočava se da najlošiji scenario (WC) dominira u pogledu površine zahvaćene toksičnim uticajem amonijaka, dok najpovoljniji scenario (BC) obuhvata najmanju površinu. U pogledu rasprostriranja amonijaka duž x-ose, primećuje se da je u BC scenariju udaljenost rasprostriranja crvene zone manja u poređenju sa WC scenarijem. S druge strane, žuta zona se prostire na veću udaljenost, što je u skladu sa očekivanjima zbog veće brzine vetra u BC scenariju. Povećana brzina vetra omogućava transport amonijaka na veću udaljenost od izvora zagađenja. Niska temperatura ambijentalnog vazduha i sporije isparavanje na početku oslobađanja dovode do razblaživanja male količine amonijaka. Kao rezultat, u BC scenariju, crvena zona se nalazi na manjoj udaljenosti u odnosu na WC scenario. Narandžaste zone BC i WC scenarija su na jednakim udaljenostima, što predstavlja izuzetak. Pretpostavka je da do odstupanja dolazi usled male gustine dostupnog uzorka ulaznih podataka. Rezultati simulacije potvrđuju pretpostavku da visoka temperatura i mala brzina vetra utiču na to da veća površina bude pod uticajem oslobođenog amonijaka.

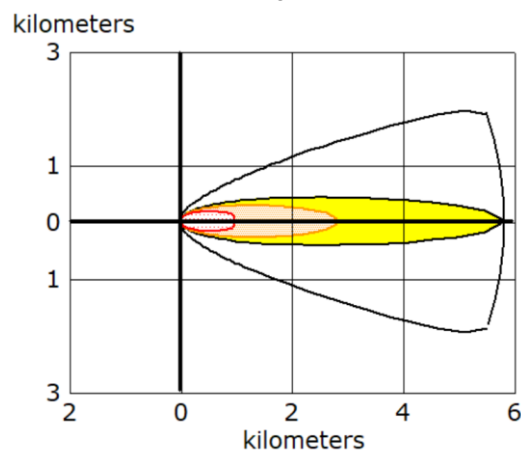
Maksimalno trajanje oslobodjenja amonijaka iznosilo je 20 minuta i identifikovano je u BC scenariju. Ovaj rezultat je očekivan zbog sporijeg isparavanja supstance na nižoj temperaturi u odnosu na WC scenario.



a



b



c

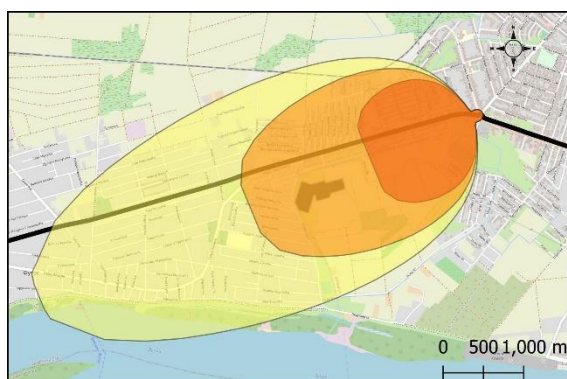
Slika 4.7 Rezultati simulacije za april 2016. godine; a – najlošiji scenario (WC), b – najpovoljniji scenario (BC), c – najverovatniji scenario (MPC)

U Tabeli 4.4 prikazani su ulazni podaci i izlazni rezultati simulacije za april 2016. godine. Za WC, BC i MPC scenarije, kategorije klasa stabilnosti atmosfere su B, D i D, respektivno. Udaljenosti rasprostiranja amonijaka u ambijentalnom vazduhu, duž x-ose, za WC scenario iznosile su 1,0 km za crvenu zonu, 2,1 km za narandžastu zonu i 4,1 km za žutu zonu. U slučaju BC scenarija vrednosti udaljenosti rasprostiranja zagađenja, duž x-ose, iznosile su 0,745 km, 2,1 km i 5,1 km za crvenu, narandžastu i žutu zonu, respektivno. MPC scenario je rezultovao vrednostima od 0,983 km u crvenoj zoni, 2,8 km u narandžastoj i 5,8 km u žutoj zoni rasprostiranja.

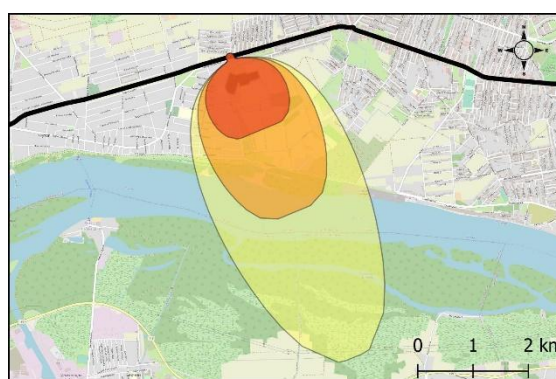
Tabela 4.4 Ulazni podaci meteoroloških parametara i izlazni rezultati modela za april 2016. godine

		WC	BC	MPC
Ulazni podaci	Temperatura [°C]	28,8	5	25,8
	Brzina Vetra [m/s]	0,8	6,7	2,4
	Pravac Vetra	ENE/NNW	ENE/NNW	WSW
	Oblačnost [desetine]	8	8	10
	Vlažnost Vazduha [%]	42	42	85
	Stabilnost Atmosfere	B	D	D
Rezultati	Crvena Zona [km]	1,0	0,745	0,983
	Narandžasta Zona [km]	2,1	2,1	2,8
	Žuta Zona [km]	4,1	5,1	5,8
	Trajanje oslobađanja supstance [min]	6	20	7

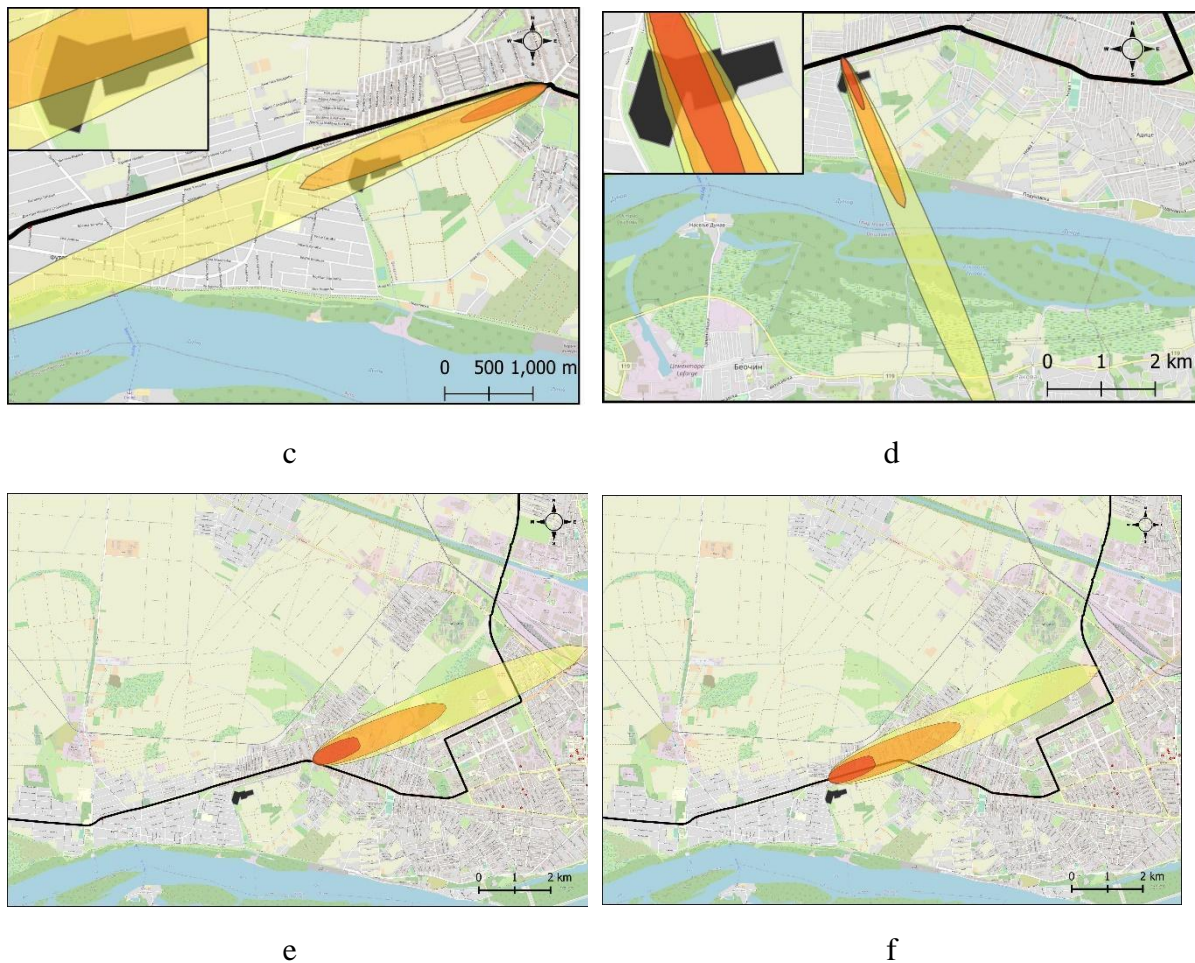
Na Slici 4.8. prikazano je rasprostiranje akcidenta u prostornom okruženju za odgovarajuće pravce vetra BC i WC scenarija, na oba lokaliteta. U slučaju MPC scenarija, prikazan je najverovatniji pravac vetra – zapad-jug-zapad (eng. *west-south-west* - WSW). Analizom kreiranog prostornog modela akcidentne situacije, u slučaju ostvarenja akcidenta na lokaciji 1, Dom „Veternik“ se u WC scenariju nalazi u narandžastoj zoni izloženosti (Slika 4.8a), dok se u slučaju lokacije 2, Dom nalazi u crvenoj zoni izloženosti (Slika 4.8b), što je i bilo očekivano s obzirom na to da je lokacija 2 bliža Domu. U BC scenariju situacija je ista u pogledu zona ugroženosti u kojima se Dom nalazi (Slike 4.8c i 4.8d), s tim da je površina Doma izložena uticaju akcidenta manja, srazmerno površini rasprostiranja amonijaka. MPC scenario neće ugroziti Dom u Veterniku, u slučaju najverovatnijeg smera vetra (Slike 4.8e i 4.8f). Ukoliko bi se vetar menjao, Dom u Veterniku bi bio ugrožen u slučaju ostvarenja akcidenta na oba razmatrana lokaliteta.



a



b

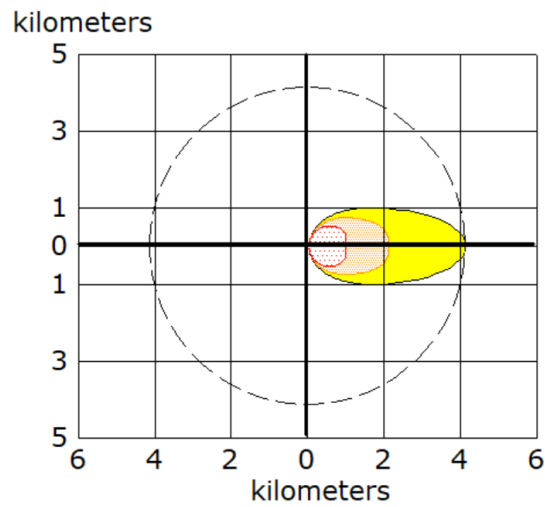


Slika 4.8 Prikaz prostornog odnosa rasprostiranja amonijaka i lokacije Doma za april 2016. godine: a – WC scenario, lokacija 1; b – WC scenario, lokacija 2; c – BC scenario, lokacija 1; d – BC scenario, lokacija 2; e – MPC scenario, lokacija 1; f – MPC scenario, lokacija 2

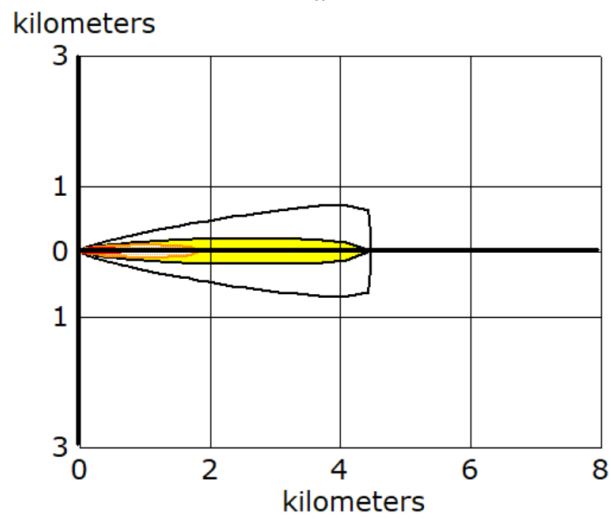
4.5. Rezultati za Maj 2016. godine

Poređenjem grafika za tri različita scenarija za maj 2016. godine (Slika 4.9) može se uočiti da najlošiji scenario (WC) dominira u pogledu površine zahvaćene toksičnim uticajem amonijaka, dok najpovoljniji scenario (BC) obuhvata najmanju površinu. U pogledu rasprostiranja amonijaka duž x-ose, primećuje se da su u BC scenariju udaljenosti rasprostiranja crvene i narandžaste zone manje u poređenju sa WC scenarijem. S druge strane, žuta zona se prostire na veću udaljenost, što je u skladu sa očekivanjima zbog veće brzine vetra u BC scenariju. Povećana brzina vetra omogućava transport amonijaka na veću udaljenost od izvora zagađenja. Niska temperatura ambijentalnog vazduha i sporije isparavanje na početku oslobađanja dovode do razblaživanja male količine amonijaka. Kao rezultat, u BC scenariju, crvena i narandžasta zona se nalaze na manjoj udaljenosti u odnosu na WC scenario. Rezultati simulacije potvrđuju pretpostavku da visoka temperatura i mala brzina vetra utiču na to da veća površina bude pod uticajem oslobođenog amonijaka.

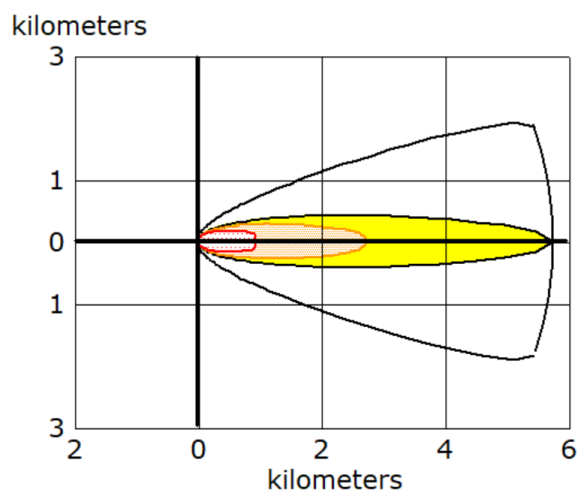
Maksimalno trajanje oslobođenja amonijaka iznosilo je 18 minuta i identifikovano je u MPC scenariju, što predstavlja izuzetak, usled male gustinu dostupnog uzorka ulaznih podataka.



a



b



c

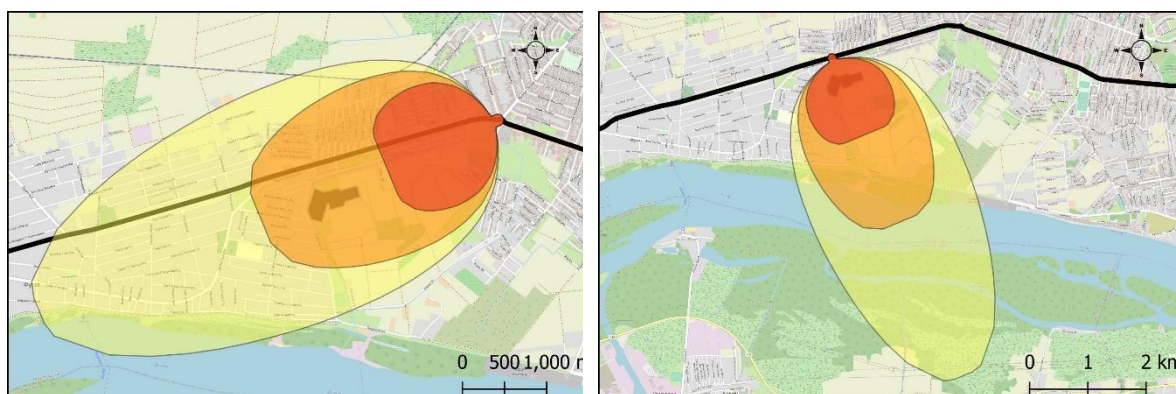
Slika 4.9 Rezultati simulacije za maj 2016. godine; a – najlošiji scenario (WC), b – najpovoljniji scenario (BC), c – najverovatniji scenario (MPC)

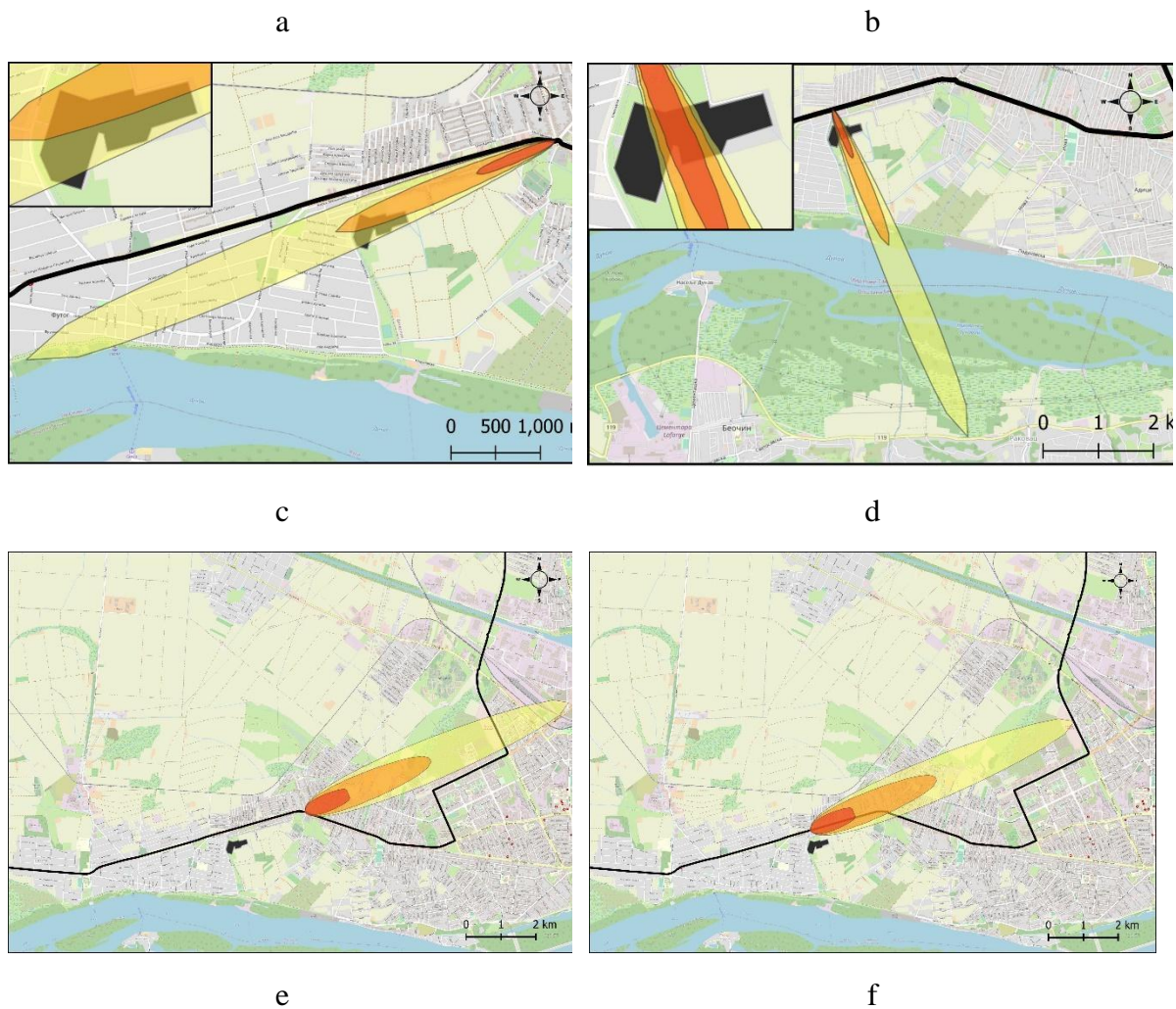
U Tabeli 4.5 prikazani su ulazni podaci i izlazni rezultati simulacije za maj 2016. godine. Za WC, BC i MPC scenarije, kategorije klasa stabilnosti atmosfere su B, D i D, respektivno. Vrednosti udaljenosti rasprostiranja amonijaka u ambijentalnom vazduhu, duž x-ose, za WC scenario iznosile su 1,1 km za crvenu zonu, 2,1 km za narandžastu zonu i 4,1 km za žutu zonu. U slučaju BC scenarija udaljenosti rasprostiranja zagađenja, duž x-ose, iznosile su 0,664 km, 1,9 km i 4,5 km za crvenu, narandžastu i žutu zonu, respektivno. MPC scenario je rezultovao vrednostima od 0,950 km u crvenoj zoni, 2,7 km u narandžastoj i 5,8 km u žutoj zoni rasprostiranja.

Tabela 4.5 Ulazni podaci meteoroloških parametara i izlazni rezultati modela za maj 2016. godine

		WC	BC	MPC
Ulazni podaci	Temperatura [°C]	30,1	13	18,2
	Brzina Vetra [m/s]	0,8	9,4	2,4
	Pravac Vetra	ENE/NNV	ENE/NNV	WSW
	Oblačnost [desetine]	6	6	10
	Vlažnost Vazduha [%]	48	48	41
	Stabilnost Atmosfere	B	D	D
Rezultati	Crvena Zona [km]	1,1	0,664	0,950
	Narandžasta Zona [km]	2,1	1,9	2,7
	Žuta Zona [km]	4,1	4,5	5,8
	Trajanje oslobađanja supstance [min]	5	6	18

Na Slici 4.10 prikazano je rasprostiranje akcidenta u prostornom okruženju za odgovarajuće pravce vetra BC i WC scenarija na oba posmatrana lokaliteta. U slučaju MPC scenarija, prikazan je najverovatniji pravac vetra – zapad-jug-zapad (eng. *west-south-west* - WSW). Analizom kreiranog prostornog modela akcidentne situacije, u slučaju ostvarenja akcidenta na lokaciji 1, Dom „Veternik“ se u WC scenariju nalazi u narandžastoj zoni izloženosti (Slika 4.10a), dok se u slučaju lokacije 2 Dom nalazi u crvenoj zoni izloženosti (Slika 4.10b), što je i bilo očekivano s obzirom na to da je lokacija 2 bliža Domu. U BC scenariju situacija je ista u pogledu zona ugroženosti Doma (Slike 4.10c i 4.10d), s tim da je površina Doma izložena uticaju akcidenta manja, srazmerno površini rasprostiranja amonijaka. MPC scenario neće ugroziti Dom u Veterniku, u slučaju najverovatnijeg smera vetra (Slike 4.10e i 4.10f). Ukoliko bi se vetar menjao, Dom u Veterniku bi bio ugrožen u slučaju ostvarenja akcidenta na oba razmatrana lokaliteta.





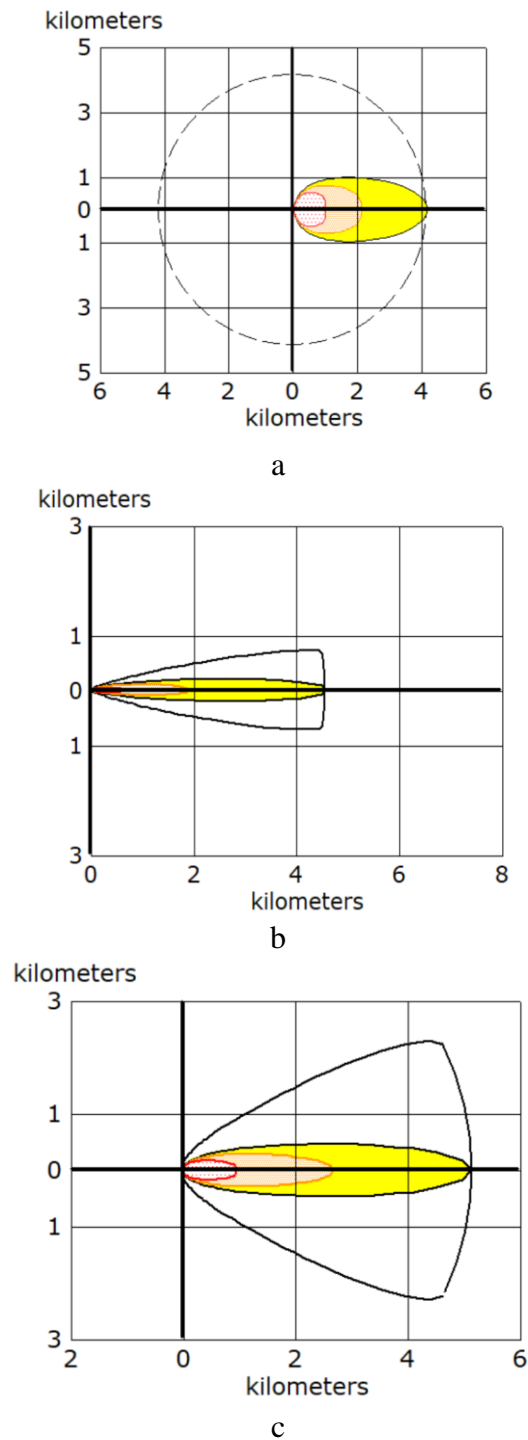
Slika 4.10 Prikaz prostornog odnosa rasprostiranja amonijaka i lokacije Doma za maj 2016. godine: a – WC scenario, lokacija 1; b – WC scenario, lokacija 2; c – BC scenario, lokacija 1; d – BC scenario, lokacija 2; e – MPC scenario, lokacija 1; f – MPC scenario, lokacija 2

4.6. Rezultati za Jun 2016. godine

Poređenjem grafika za tri različita scenarija za jun 2016. godine (Slika 4.11) može se uočiti da najlošiji scenario (WC) dominira u pogledu površine zahvaćene toksičnim uticajem amonijaka, dok najpovoljniji scenario (BC) obuhvata najmanju površinu. U pogledu rasprostiranja amonijaka duž x-ose, primećuje se da su u BC scenariju udaljenosti rasprostiranja crvene i narandžaste zone manje u poređenju sa WC scenarijem. S druge strane, žuta zona se prostire na veću udaljenost, što je u skladu sa očekivanjima zbog veće brzine vetra u BC scenariju. Povećana brzina vetra omogućava transport amonijaka na veću udaljenost od izvora zagađenja. Usled niske temperature ambijentalnog vazduha i sporog isparavanja supstance, na početku oslobađanja amonijaka, dolazi do razblaživanja male količine amonijaka zbog čega se crvena i narandžasta zona u BC scenariju nalaze na manjim rastojanjima u odnosu na WC scenario.

Rezultati simulacije potvrđuju pretpostavku da visoka temperatura i mala brzina vetra utiču na to da veća površina bude pod uticajem oslobođenog amonijaka.

Maksimalno trajanje oslobođenja amonijaka iznosilo je 7 minuta i identifikovano je u WC scenariju, što predstavlja izuzetak, koji je posledica male gustine dostupnog uzorka ulaznih podataka



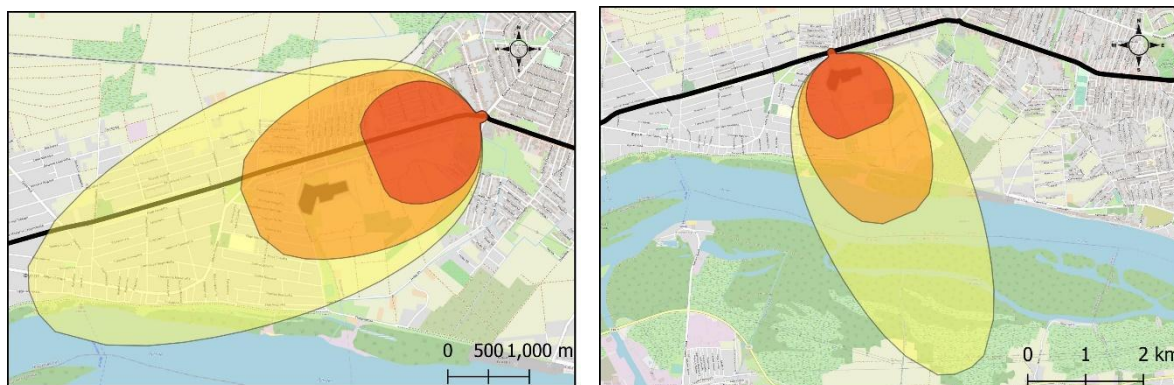
Slika 4.11 Rezultati simulacije za jun 2016. godine; a – najlošiji scenario (WC), b – najpovoljniji scenario (BC), c – najverovatniji scenario (MPC)

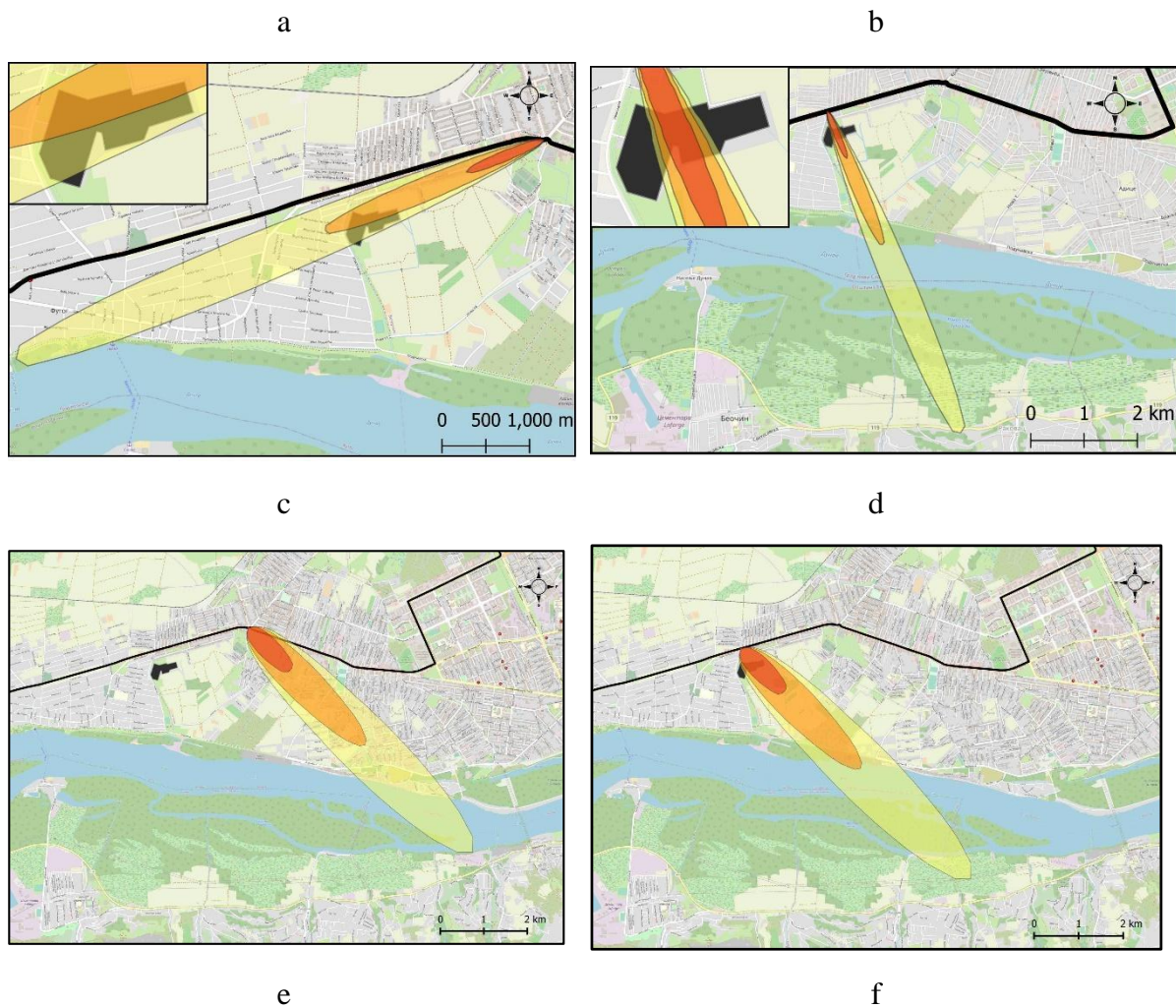
U Tabeli 4.6 prikazani su ulazni podaci i izlazni rezultati simulacije za jun 2016. godine. Za WC, BC i MPC scenarije, kategorije klasa stabilnosti atmosfere su B, D i C, respektivno. Vrednosti udaljenosti rasprostiranja amonijaka u ambijentalnom vazduhu, duž x-ose, za WC scenario iznosile su 1,0 km za crvenu zonu, 2,2 km za narandžastu zonu i 4,2 km za žutu zonu. U slučaju BC scenarija udaljenost rasprostiranja zagađenja, duž x-ose, iznosile su 0,669 km, 1,9 km i 4,6 km za crvenu, narandžastu i žutu zonu, respektivno. MPC scenario je rezultovao vrednostima od 0,961 km u crvenoj zoni, 2,7 km u narandžastoj i 5,1 km u žutoj zoni rasprostiranja.

Tabela 4.6 Ulazni podaci meteoroloških parametara i izlazni rezultati modela za jun 2016. godine

		WC	BC	MPC
Ulazni podaci	Temperatura [°C]	33,5	19,4	24,8
	Brzina Vetra [m/s]	0,8	9,4	2,4
	Pravac Vetra	ENE/NNW	ENE/NNW	NW
	Oblačnost [desetine]	6	6	6
	Vlažnost Vazduha [%]	59	59	49
	Stabilnost Atmosfere	B	D	C
Rezultati	Crvena Zona [km]	1,0	0,669	0,961
	Narandžasta Zona [km]	2,2	1,9	2,7
	Žuta Zona [km]	4,2	4,6	5,1
	Trajanje oslobađanja supstance [min]	7	6	5

Na Slici 4.12. prikazano je rasprostiranje akcidenta u prostornom okruženju za odgovarajuće pravce vetra BC i WC scenarija, na oba posmatrana lokaliteta. U slučaju MP scenarija, prikazan je najverovatniji pravac vetra – sever-zapad (eng. *north-west* - NW). Analizom kreiranog prostornog modela akcidentne situacije, u slučaju ostvarenja akcidenta na lokaciji 1, Dom „Veternik“ se u WC scenariju nalazi u narandžastoj zoni izloženosti (Slika 4.12a), dok se u slučaju lokacije 2 Dom nalazi u crvenoj zoni izloženosti (Slika 4.12b), što je i bilo očekivano s obzirom na to da je lokacija 2 bliža Domu. U BC scenariju situacija je ista u pogledu zona ugroženosti u kojima se Dom nalazi (Slike 4.12c i 4.12d), s tim da je površina Doma izložena uticaju akcidenta manja, srazmerno površini rasprostiranja amonijaka. MPC scenario neće ugroziti Dom u Veterniku, u slučaju najverovatnijeg smera vetra i lokacije 1 (Slike 4.12e). U pogledu lokacije 2, Dom bi bio ugrožen i nalazio bi se u crvenoj zoni rasprostiranja amonijaka (Slika 4.12f).





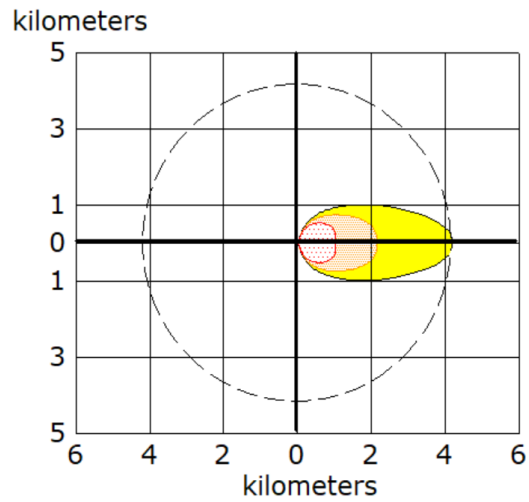
Slika 4.12 Prikaz prostornog odnosa rasprostiranja amonijaka i lokacije Doma za jun 2016. godine: a – WC scenario, lokacija 1; b – WC scenario, lokacija 2; c – BC scenario, lokacija 1; d – BC scenario, lokacija 2; e – MPC scenario, lokacija 1; f – MPC scenario, lokacija 2

4.7. Rezultati za Jul 2016

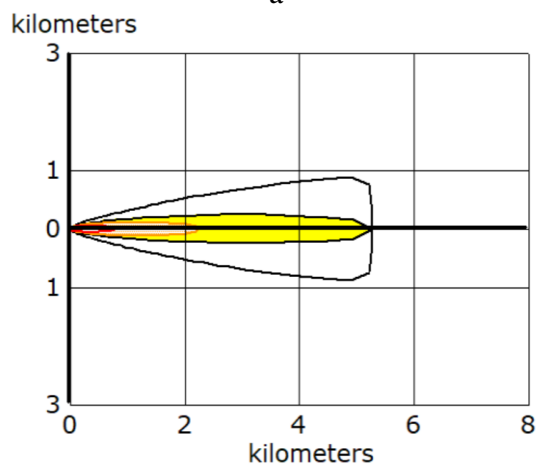
Poređenjem grafika tri različita scenarija za jul 2016. godine (Slika 4.13) može se uočiti da najlošiji scenario (WC) dominira u pogledu površine zahvaćene toksičnim uticajem amonijaka, dok najpovoljniji scenario (BC) obuhvata najmanju površinu. U pogledu rasprostiranja amonijaka duž x-ose, primećuje se da je u BC scenariju udaljenost rasprostiranja crvene zone manja u poređenju sa WC scenarijem. S druge strane, žuta zona se prostire na veću udaljenost, što je u skladu sa očekivanjima zbog veće brzine vetra u BC scenariju. Povećana brzina vetra omogućava transport amonijaka na veću udaljenost od izvora zagađenja. Niska temperatura ambijentalnog vazduha i sporije isparavanje na početku oslobađanja dovode do razblaživanja male količine amonijaka. Kao rezultat, u BC scenariju, crvena zona se nalazi na manjoj udaljenosti u odnosu na WC scenario. Narandžaste zone BC i WC scenarija su na jednakim udaljenostima, što predstavlja izuzetak. Pretpostavka je da do odstupanja dolazi usled male gustine dostupnog uzorka ulaznih podataka. Rezultati simulacije potvrđuju pretpostavku da

visoka temperatura i mala brzina vetra utiču na to da veća površina bude pod uticajem oslobođenog amonijaka.

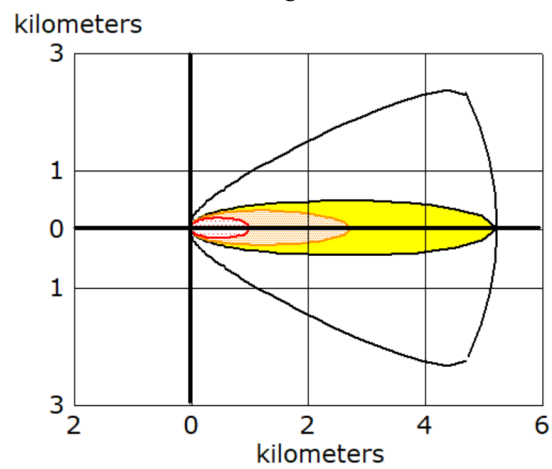
Maksimalno trajanje oslobođenja amonijaka iznosilo je 6 minuta i identifikovano je u WC scenariju, što predstavlja izuzetak, usled male gustinu dostupnog uzorka ulaznih podataka.



a



b



c

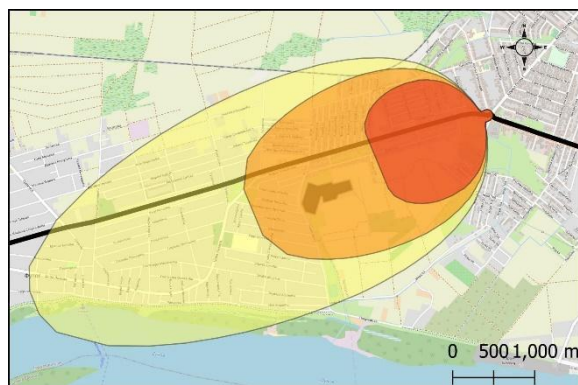
Slika 4.13 Rezultati simulacije za jul 2016. godine; a – najlošiji scenario (WC), b – najpovoljniji scenario (BC), c – najverovatniji scenario (MPC)

U Tabeli 4.7 prikazani su ulazni podaci i izlazni rezultati simulacije za jul 2016. godine. Za WC, BC i MPC scenarije, kategorije klasa stabilnosti atmosfere su B, D i C, respektivno. Udaljenosti rasprostiranja amonijaka u ambijentalnom vazduhu, duž x-ose, za WC scenario iznosile su 1,0 km za crvenu zonu, 2,2 km za narandžastu zonu i 4,2 km za žutu zonu. U slučaju BC scenarija udaljenosti rasprostiranja zagađenja duž x-ose iznosile su 0,770 km, 2,2 km i 5,3 km za crvenu, narandžastu i žutu zonu, respektivno. MPC scenario je rezultovao vrednostima od 0,987 km u crvenoj zoni, 2,7 km u narandžastoj i 5,2 km u žutoj zoni rasprostiranja.

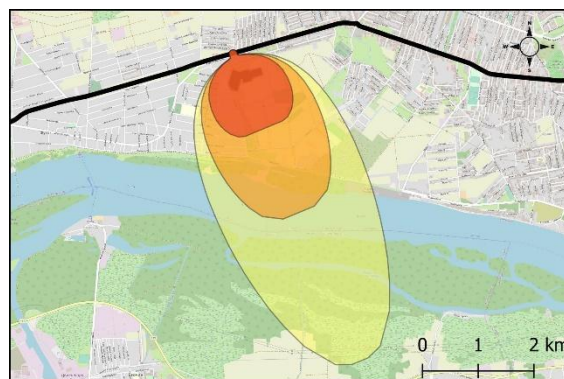
Tabela 4.7 Ulazni podaci meteoroloških parametara i izlazni rezultati modela za jul 2016. godine

		WC	BC	MPC
Ulazni podaci	Temperatura [°C]	33,7	17,5	30,1
	Brzina Vetra [m/s]	0,8	6,7	2,4
	Pravac Vetra	ENE/NNW	ENE/NNW	NNW
	Oblačnost [desetine]	3	3	2
	Vlažnost Vazduha [%]	53	53	55
	Stabilnost Atmosfere	B	D	C
Rezultati	Crvena Zona [km]	1,0	0,770	0,987
	Narandžasta Zona [km]	2,2	2,2	2,7
	Žuta Zona [km]	4,2	5,3	5,2
	Trajanje oslobađanja supstance [min]	6	5	5

Na Slici 4.14 prikazano je rasprostiranje akcidenta u prostornom okruženju za odgovarajuće pravce vetra BC i WC scenarija, na oba posmatrana lokaliteta. U slučaju MPC scenarija, prikazan je najverovatniji pravac vetra – sever-sever-zapad (eng. *north-north-west* - NNW). Analizom kreiranog prostornog modela akcidentne situacije, u slučaju ostvarenja akcidenta na lokaciji 1, Dom „Veternik“ se u WC scenariju nalazi u narandžastoj zoni izloženosti (Slika 4.14a), dok se u slučaju lokacije 2, Dom nalazi u crvenoj zoni izloženosti (Slika 4.14b), što je i bilo očekivano s obzirom na to da je lokacija 2 bliža Domu. U BC scenariju situacija je ista u pogledu zona ugroženosti u kojima se Dom nalazi (Slike 4.14c i 4.14d), s tim da je površina Doma izložena uticaju akcidenta manja, srazmerno površini rasprostiranja amonijaka. MPC scenario neće ugroziti Dom u Veterniku, u slučaju najverovatnijeg smera vetra i lokacije 1 (Slike 4.14e). U pogledu lokacije 2, Dom bi bio ugrožen i nalazio bi se u crvenoj zoni rasprostiranja amonijaka (Slika 4.14f).



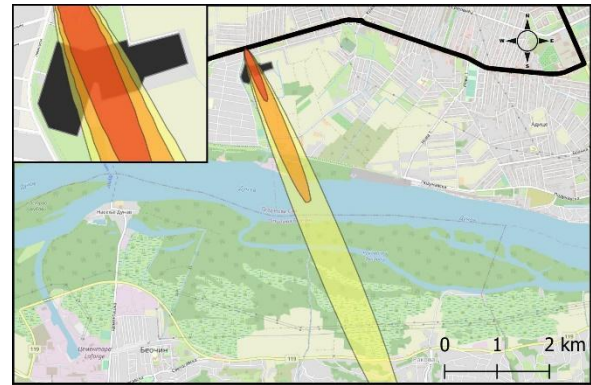
a



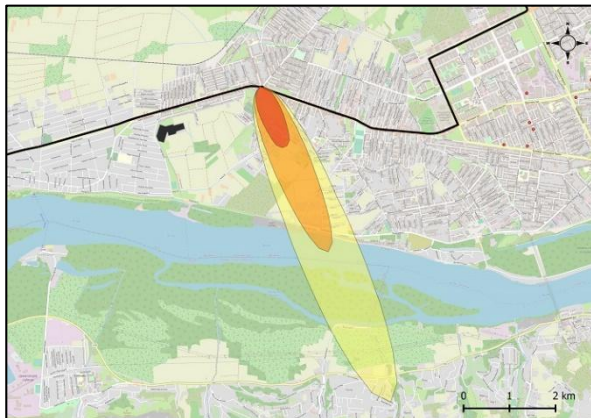
b



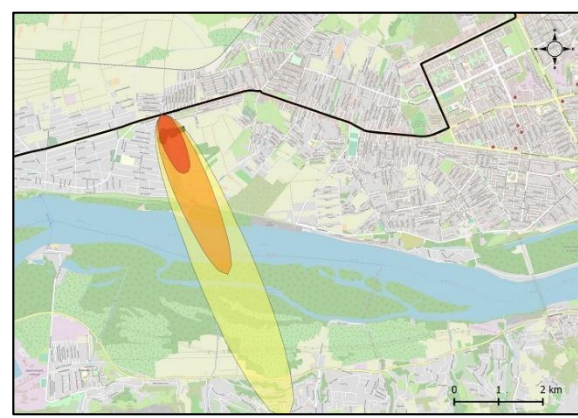
c



d



e



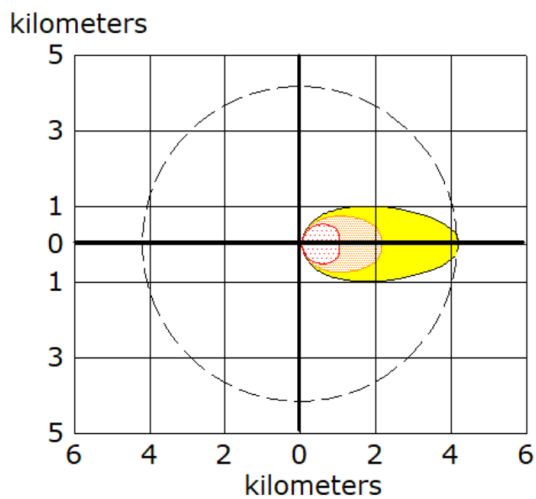
f

Slika 4.14 Prikaz prostornog odnosa rasprostiranja amonijaka i lokacije Doma za jul 2016. godine: a – WC scenario, lokacija 1; b – WC scenario, lokacija 2; c – BC scenario, lokacija 1; d – BC scenario, lokacija 2; e – MPC scenario, lokacija 1; f – MPC scenario, lokacija 2

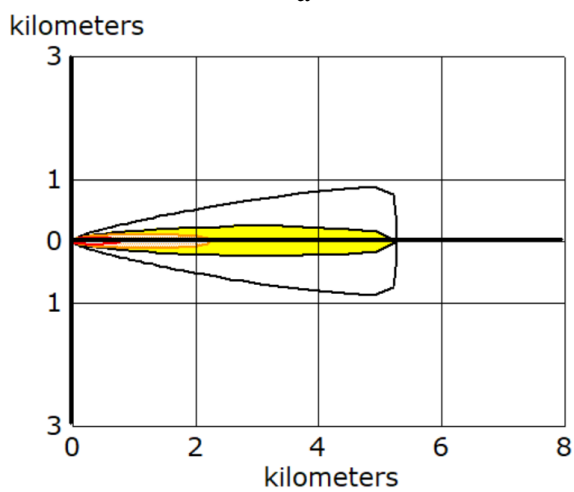
4.8. Rezultati za Avgust 2016. godine

Poređenjem grafika tri različita scenarija za avgust (Slika 4.15), najlošiji scenario (WC) dominira u pogledu površine zahvaćene toksičnim uticajem amonijaka, dok najpovoljniji scenario (BC) obuhvata najmanju površinu. U pogledu rasprostiranja amonijaka duž x-ose, primećuje se da je u BC scenariju udaljenost rasprostiranja crvene zone manja u poređenju sa WC scenarijem. S druge strane, žuta zona se prostire na veću udaljenost, što je u skladu sa očekivanjima zbog veće brzine vetra u BC scenariju. Povećana brzina vetra omogućava transport amonijaka na veću udaljenost od izvora zagađenja. Niska temperatura ambijentalnog vazduha i sporije isparavanje na početku oslobađanja dovode do razblaživanja male količine amonijaka. Kao rezultat, u BC scenariju, crvena zona se nalazi na manjoj udaljenosti u odnosu na WC scenario. Narandžaste zone BC i WC scenarija se nalaze na jednakim udaljenostima što predstavlja izuzetak. Pretpostavka je da do odstupanja dolazi usled male gustine dostupnog uzorka ulaznih podataka. Rezultati simulacije potvrđuju pretpostavku da visoka temperatura i mala brzina vetra utiču na to da veća površina bude pod uticajem oslobođenog amonijaka.

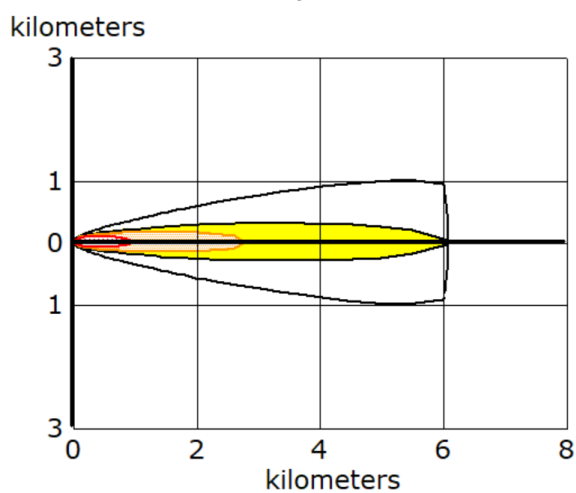
Maksimalno trajanje oslobodjenja amonijaka iznosilo je 7 minuta i identifikovano je u WC scenariju, što predstavlja izuzetak, usled male gustine dostupnog uzorka ulaznih podataka.



a



b



c

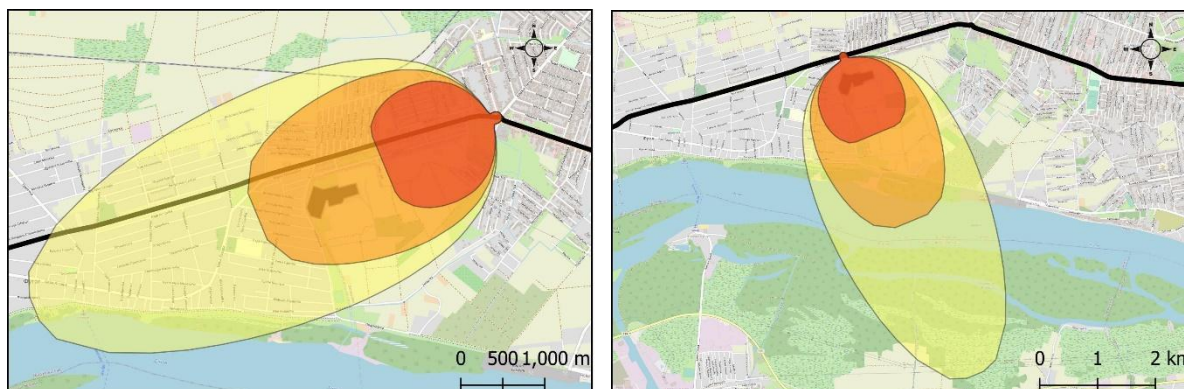
Slika 4.15 Rezultati simulacije za avgust 2016. godine; a – najlošiji scenario (WC), b – najpovoljniji scenario (BC), c – najverovatniji scenario (MPC)

U Tabeli 4.8 prikazani su ulazni podaci i izlazni rezultati simulacije za avgust 2016. godine. Za WC, BC i MPC scenarije, kategorije klase stabilnosti atmosfere su B, D i D, respektivno. Udaljenosti rasprostiranja amonijaka u ambijentalnom vazduhu, duž x-ose, za WC scenario iznosile su 1,0 km za crvenu zonu, 2,2 km za narandžastu zonu i 4,2 km za žutu zonu. U slučaju BC scenarija udaljenosti rasprostiranja zagađenja duž x-ose iznosile su 0,784 km, 2,2 km i 5,3 km za crvenu, narandžastu i žutu zonu, respektivno. MPC scenario je rezultovao vrednostima od 0,936 km u crvenoj zoni, 2,8 km u narandžastoj i 6,1 km u žutoj zoni rasprostiranja.

Tabela 4.8 Ulazni podaci meteoroloških parametara i izlazni rezultati modela za avgust 2016. godine

		WC	BC	MPC
Ulazni podaci	Temperatura [°C]	33,4	15,8	29,5
	Brzina Vetra [m/s]	0,8	6,7	4,4
	Pravac Vetra	ENE/NNW	ENE/NNW	WNW
	Oblačnost [desetine]	4	4	5
	Vlažnost Vazduha [%]	50	50	50
	Stabilnost Atmosfere	B	D	D
Rezultati	Crvena Zona [km]	1,0	0,784	0,936
	Narandžasta Zona [km]	2,2	2,2	2,8
	Žuta Zona [km]	4,2	5,3	6,1
	Trajanje oslobađanja supstance [min]	7	5	5

Na Slici 4.16 prikazano je rasprostiranje akcidenta u prostornom okruženju za odgovarajuće pravce vetra BC i WC scenarija, na oba posmatrana lokaliteta. U slučaju MPC scenarija, prikazan je najverovatniji pravac vetra – zapad-sever-zapad (eng. *west-north-west* - WNW). Analizom kreiranog prostornog modela akcidentne situacije, u slučaju ostvarenja akcidenta u lokaciji 1, Dom „Veternik“ se u WC scenariju nalazi u narandžastoj zoni izloženosti (Slika 4.16a), dok se u slučaju lokacije 2, Dom nalazi u crvenoj zoni izloženosti (Slika 4.16b), što je i bilo očekivano s obzirom na to da je lokacija 2 bliža Domu. U BC scenariju situacija je ista u pogledu zona ugroženosti u kojima se Dom nalazi (Slike 4.16c i 4.16d), s tim da je površina Doma izložena uticaju akcidenta manja, srazmerno površini rasprostiranja amonijaka. MPC scenario neće ugroziti Dom u Veterniku, u slučaju najverovatnijeg smera vetra i lokacije 1 (Slike 4.16e). U pogledu lokacije 2, Dom bi bio ugrožen, odnosno mala površina Doma bi se nalazila u crvenoj i narandžastoj zoni rasprostiranja amonijaka (Slika 4.16f).



a

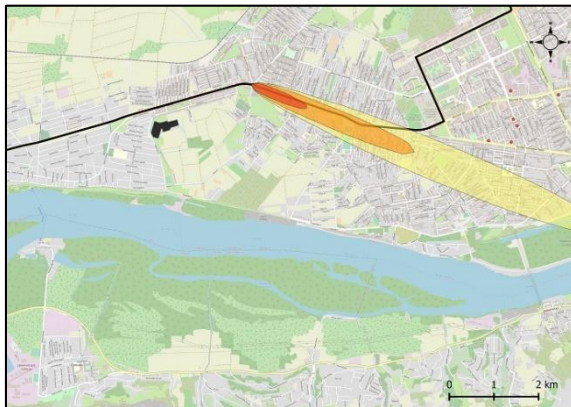
b



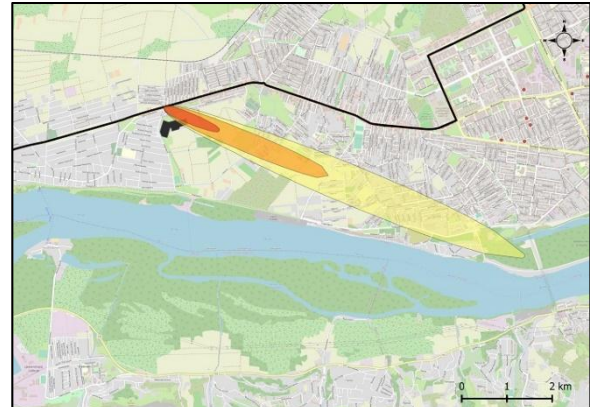
c



d



e



f

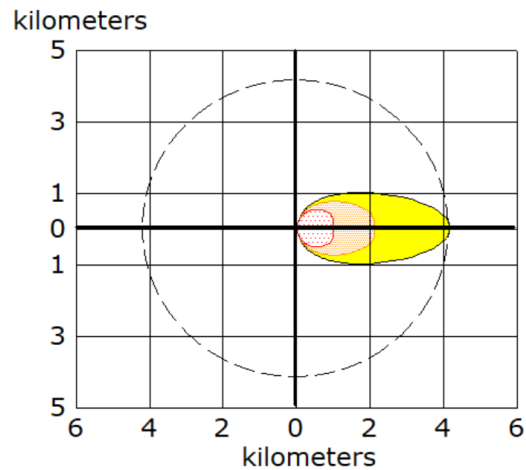
Slika 4.16 Prikaz prostornog odnosa rasprostiranja amonijaka i lokacije Doma za avgust 2016. godine: a – WC scenario, lokacija 1; b – WC scenario, lokacija 2; c – BC scenario, lokacija 1; d – BC scenario, lokacija 2; e – MPC scenario, lokacija 1; f – MPC scenario, lokacija 2

4.9. Rezultati za Septembar 2016. godine

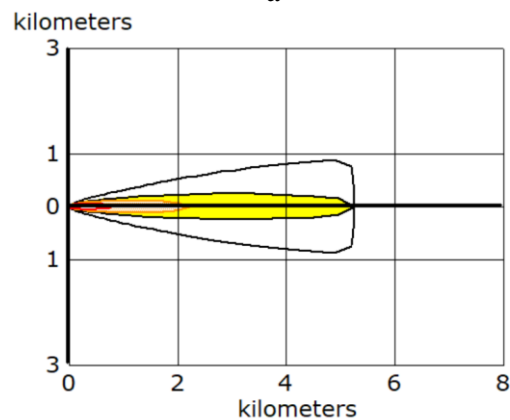
Poređenjem grafika tri različita scenarija za septembar 2016. godine (Slika 4.17), najlošiji scenario (WC) dominira u pogledu površine zahvaćene toksičnim uticajem amonijaka, dok najpovoljniji scenario (BC) obuhvata najmanju površinu. U pogledu rasprostiranja amonijaka duž x-ose, primećuje se da je u BC scenariju udaljenost rasprostiranja crvene zone manja u poređenju sa WC scenarijem. S druge strane, žuta zona se prostire na veću udaljenost, što je u skladu sa očekivanjima zbog veće brzine vetra u BC scenariju. Povećana brzina vetra omogućava transport amonijaka na veću udaljenost od izvora zagađenja. Niska temperatura ambijentalnog vazduha i sporije isparavanje na početku oslobađanja dovode do razblaživanja male količine amonijaka. Kao rezultat, u BC scenariju, crvena zona se nalazi na manjoj udaljenosti u odnosu na WC scenario. Narandžasta zona BC scenarija se nalazi na neznatno većoj udaljenosti u odnosu na WC scenario, što predstavlja izuzetak. Pretpostavka je da do odstupanja dolazi usled male gustine dostupnog uzorka ulaznih podataka. Rezultati simulacije

potvrđuju pretpostavku da visoka temperatura i mala brzina vetra utiču na to da veća površina bude pod uticajem oslobođenog amonijaka.

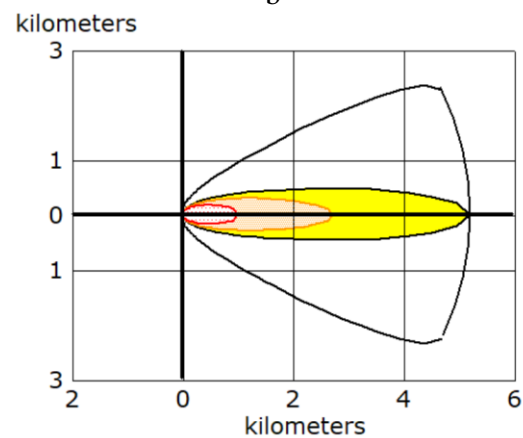
Maksimalno trajanje oslobođenja amonijaka iznosilo je 7 minuta i identifikovano je u BC scenariju. Ovaj rezultat je očekivan zbog sporijeg isparavanja supstance na nižoj temperaturi u poređenju sa WC scenarijom.



a



b



c

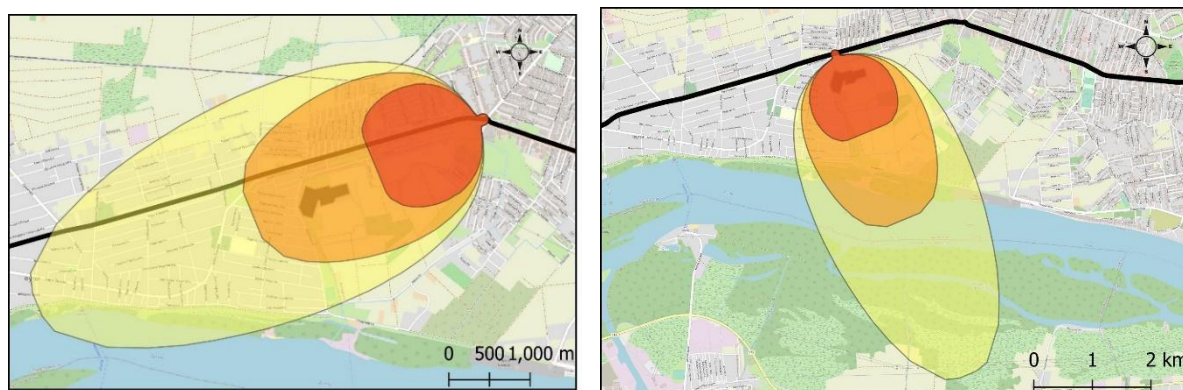
Slika 4.17 Rezultati simulacije za septembar 2016. godine; a – najlošiji scenario (WC), b – najpovoljniji scenario (BC), c – najverovatniji scenario (MPC)

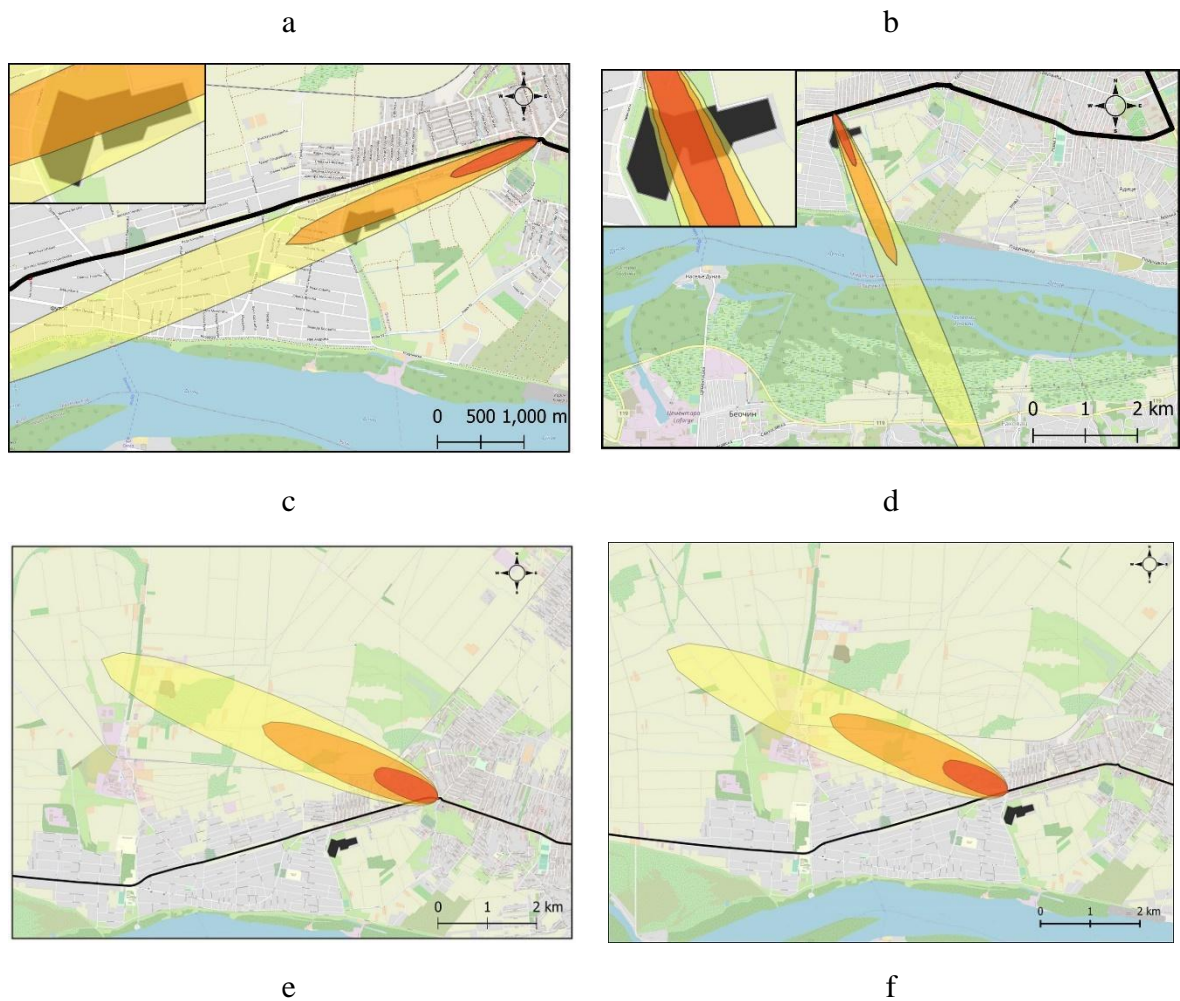
U Tabeli 4.9 prikazani su ulazni podaci i izlazni rezultati simulacije za septembar 2016. godine. Za WC, BC i MPC scenarije, kategorije klase stabilnosti atmosfere su B, D i C, respektivno. Udaljenosti rasprostiranja amonijaka u ambijentalnom vazduhu, duž x-ose, za WC scenario iznosile su 1,1 km za crvenu zonu, 2,1 km za narandžastu zonu i 4,2 km za žutu zonu. U slučaju BC scenarija udaljenosti rasprostiranja zagađenja duž x-ose iznosile su 0,768 km, 2,2 km i 5,3 km za crvenu, narandžastu i žutu zonu, respektivno. MPC scenario je rezultovao vrednostima od 0,983 km u crvenoj zoni, 2,7 km u narandžastoj i 5,2 km u žutoj zoni rasprostiranja.

Tabela 4.9 Ulazni podaci meteoroloških parametara i izlazni rezultati modela za septembar 2016. godine

		WC	BC	MPC
Ulazni podaci	Temperatura [°C]	31,4	13,5	29,2
	Brzina Vetra [m/s]	0,8	6,7	2,4
	Pravac Vetra	ENE/NNW	ENE/NNW	ESE
	Oblačnost [desetine]	6	6	3
	Vlažnost Vazduha [%]	42	42	37
	Stabilnost Atmosfere	B	D	C
Rezultati	Crvena Zona [km]	1,1	0,768	0,983
	Narandžasta Zona [km]	2,1	2,2	2,7
	Žuta Zona [km]	4,2	5,3	5,2
	Trajanje oslobađanja supstance [min]	5	7	5

Na Slici 4.18 prikazano je rasprostiranje akcidenta u prostornom okruženju za odgovarajuće pravce vetra BC i WC scenarija, na oba posmatrana lokaliteta. U slučaju MPC scenarija, prikazan je najverovatniji pravac vetra – istok-sever-istok (eng. *east-south-east* - ESE). Analizom kreiranog prostornog modela akcidentne situacije, u slučaju ostvarenja akcidenta na lokaciji 1, Dom „Veternik“ se u WC scenariju nalazi u narandžastoj zoni izloženosti (Slika 4.18a), dok se u slučaju lokacije 2 Dom nalazi u crvenoj zoni izloženosti (Slika 4.18b), što je i bilo očekivano s obzirom na to da je lokacija 2 bliža Domu. U BC scenariju situacija je ista u pogledu zona ugroženosti u kojima se Dom nalazi (Slike 4.18c i 4.18d), s tim da je površina Doma izložena uticaju akcidenta manja, srazmerno površini rasprostiranja amonijaka. MPC scenario neće ugroziti Dom u Veterniku, u slučaju najverovatnijeg smera vetra (Slike 4.18e i 4.18f). Ukoliko bi se vetar menjao, Dom u Veterniku bi bio ugrožen u slučaju ostvarenja akcidenta na oba razmatrana lokaliteta.





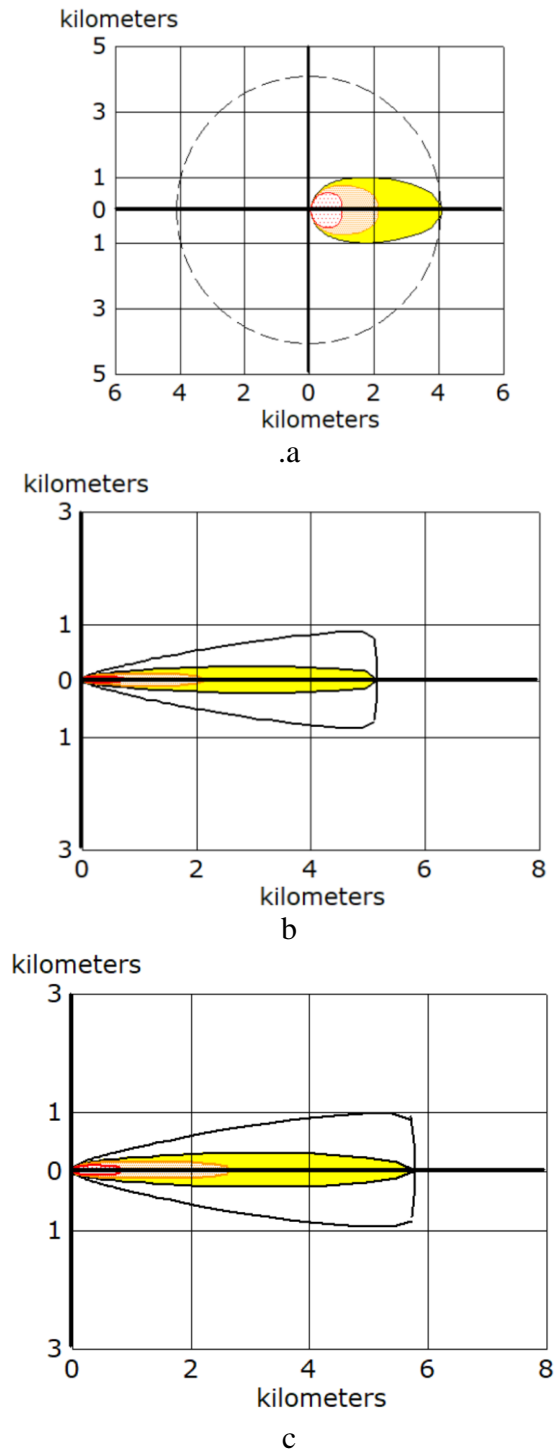
Slika 4.18 Prikaz prostornog odnosa rasprostiranja amonijaka i lokacije Doma za septembar 2016. godine: a – WC scenario, lokacija 1; b – WC scenario, lokacija 2; c – BC scenario, lokacija 1; d – BC scenario, lokacija 2; e – MPC scenario, lokacija 1; f – MPC scenario, lokacija 2

4.10. Rezultati za Oktobar 2016. godine

Poređenjem grafika tri različita scenarija za oktobar 2016. godine (Slika 4.19), najlošiji scenario (WC) dominira u pogledu površine zahvaćene toksičnim uticajem amonijaka, dok najpovoljniji scenario (BC) obuhvata najmanju površinu. U pogledu rasprostiranja amonijaka duž x-ose, primećuje se da je u BC scenariju udaljenost rasprostiranja crvene zone manja u poređenju sa WC scenarijem. S druge strane, žuta zona se prostire na veću udaljenost, što je u skladu sa očekivanjima zbog veće brzine vetra u BC scenariju. Povećana brzina vetra omogućava transport amonijaka na veću udaljenost od izvora zagađenja. Niska temperatura ambijentalnog vazduha i sporije isparavanje na početku oslobađanja dovode do razblaživanja male količine amonijaka. Kao rezultat, u BC scenariju, crvena zona se nalazi na manjoj udaljenosti u odnosu na WC scenario. Izuzetak predstavlja narandžasta zona BC scenarija koja se nalazila na neznatno većoj udaljenosti u odnosu na WC scenario. Pretpostavka je da do

odstupanja dolazi usled male gustine dostupnog uzorka ulaznih podataka u model. Rezultati simulacije potvrđuju pretpostavku da visoka temperatura i mala brzina vetra utiču na to da veća površina bude pod uticajem oslobođenog amonijaka.

Maksimalno trajanje oslobođenja amonijaka iznosilo je 6 minuta i identifikovano je u BC i WC scenarijima, što predstavlja izuzetak, koji je posledica male gustine dostupnog uzorka ulaznih podataka



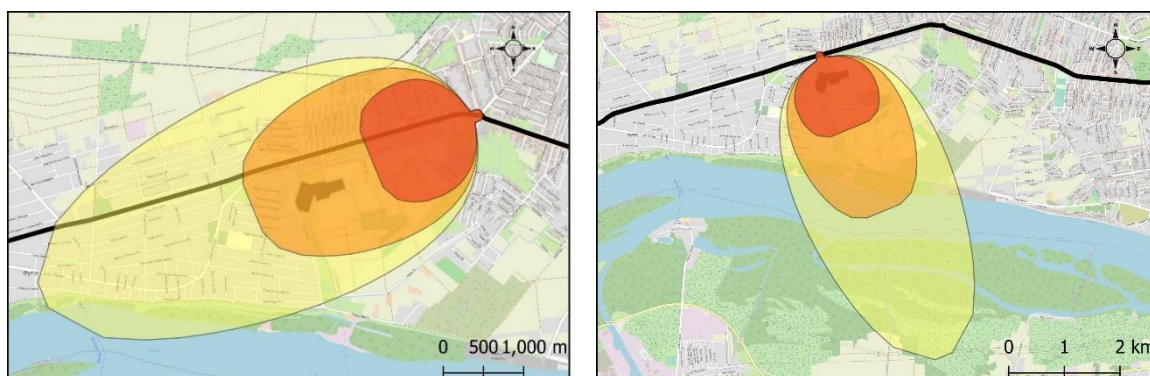
Slika 4.19 Rezultati simulacije za oktobar 2016. godine; a – najlošiji scenario (WC), b – najpovoljniji scenario (BC), c – najverovatniji scenario (MPC)

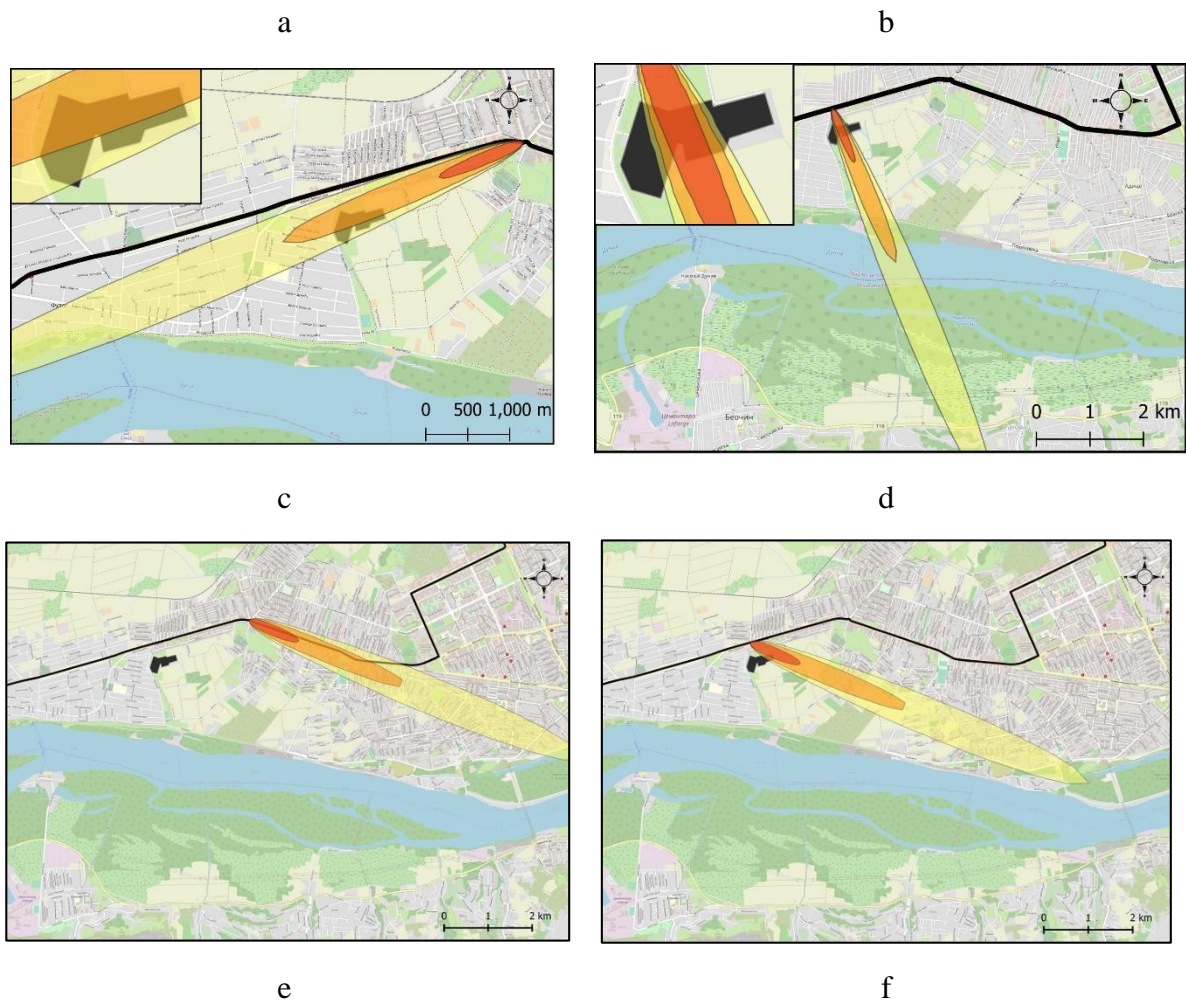
U Tabeli 4.10 prikazani su ulazni podaci i izlazni rezultati simulacije za oktobar 2016. godine. Za WC, BC i MPC scenarije, kategorije klase stabilnosti atmosfere su B, D i D, respektivno. Udaljenosti rasprostiranja amonijaka u ambijentalnom vazduhu, duž x-ose, za WC scenario iznosile su 0,994 km za crvenu zonu, 2,1 km za narandžastu zonu i 4,1 km za žutu zonu. U slučaju BC scenarija, udaljenosti rasprostiranja amonijaka u ambijentalnom vazduhu, duž x-ose, iznosile su 0,760 km, 2,2 km i 5,2 km za crvenu, narandžastu i žutu zonu, respektivno. MPC scenario je rezultovao vrednostima od 0,852 km u crvenoj zoni, 2,6 km u narandžastoj i 5,8 km u žutoj zoni rasprostiranja.

Tabela 4.10 Ulazni podaci meteoroloških parametara i izlazni rezultati modela za oktobar 2016. godine

		WC	BC	MPC
Ulazni podaci	Temperatura [°C]	26,7	8,3	11,4
	Brzina Vetra [m/s]	0,8	6,7	4,4
	Pravac Vetra	ENE/NNW	ENE/NNW	WNW
	Oblačnost [desetine]	8	8	9
	Vlažnost Vazduha [%]	63	63	62
	Stabilnost Atmosfere	B	D	D
Rezultati	Crvena Zona [km]	0,994	0,760	0,852
	Narandžasta Zona [km]	2,1	2,2	2,6
	Žuta Zona [km]	4,1	5,2	5,8
	Trajanje oslobađanja supstance [min]	6	6	5

Na Slici 4.20 prikazano je rasprostiranje akcidenta u prostornom okruženju za odgovarajuće pravce vetra BC i WC scenarija, na oba posmatrana lokaliteta. U slučaju MPC scenarija, prikazan je najverovatniji pravac vetra – zapad-sever-zapad (eng. *west-north-west* - WNW). Analizom kreiranog prostornog modela akcidentne situacije, u slučaju ostvarenja akcidenta u lokaciji 1, Dom „Veternik“ se u WC scenariju nalazi u narandžastoj zoni izloženosti (Slika 4.20a), dok se u slučaju lokacije 2 Dom nalazi u crvenoj zoni izloženosti (Slika 4.20b), što je i bilo očekivano s obzirom na to da je lokacija 2 bliža Domu. U BC scenariju situacija je ista u pogledu zona ugroženosti u kojima se Dom nalazi (Slike 4.20c i 4.20d), s tim da je površina Doma izložena uticaju akcidenta manja, srazmerno površini rasprostiranja amonijaka. MPC scenario neće ugroziti Dom u Veterniku, u slučaju najverovatnijeg smera vetra i lokacije 1 (Slike 4.20e). U pogledu lokacije 2, Dom bi bio ugrožen, odnosno mala površina Doma bi se nalazila u crvenoj i narandžastoj zoni rasprostiranja amonijaka (Slika 4.20f).



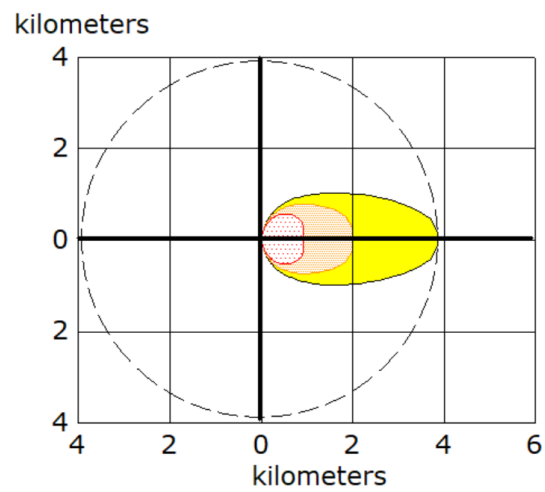


Slika 4.20 Prikaz prostornog odnosa rasprostiranja amonijaka i lokacije Doma za oktobar 2016. godine: a – WC scenario, lokacija 1; b – WC scenario, lokacija 2; c – BC scenario, lokacija 1; d – BC scenario, lokacija 2; e – MPC scenario, lokacija 1; f – MPC scenario, lokacija 2

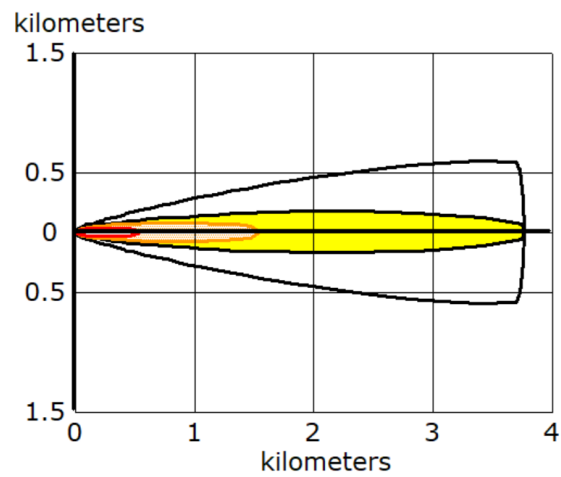
4.11. Rezultati za Novembar 2016. godine

Poređenjem grafika tri različita scenarija (Slika 4.21), najlošiji scenario (WC) dominira u pogledu površine zahvaćene toksičnim uticajem amonijaka, dok najpovoljniji scenario (BC) obuhvata najmanju površinu. U pogledu rasprostiranja amonijaka duž x-ose, u BC scenariju, udaljenosti rasprostiranja crvene i narandžaste zone su manje u odnosu na WC scenario. Niska temperatura ambijentalnog vazduha i sporije isparavanje na početku oslobađanja dovode do razblaživanja male količine amonijaka. Kao rezultat, u BC scenariju, crvena i narandžasta zona se nalaze na manjoj udaljenosti u odnosu na WC scenario. Rezultati simulacije potvrđuju pretpostavku da visoka temperatura i mala brzina vetra utiču na to da veća površina bude pod uticajem oslobođenog amonijaka.

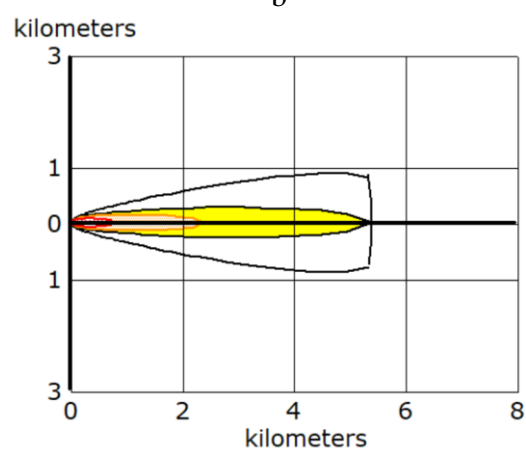
Maksimalno trajanje oslobođenja amonijaka iznosilo je 10 minuta i identifikovano je u MPC scenariju, što predstavlja izuzetak koji je posledica male gustine dostupnog uzorka ulaznih podataka.



a



b



c

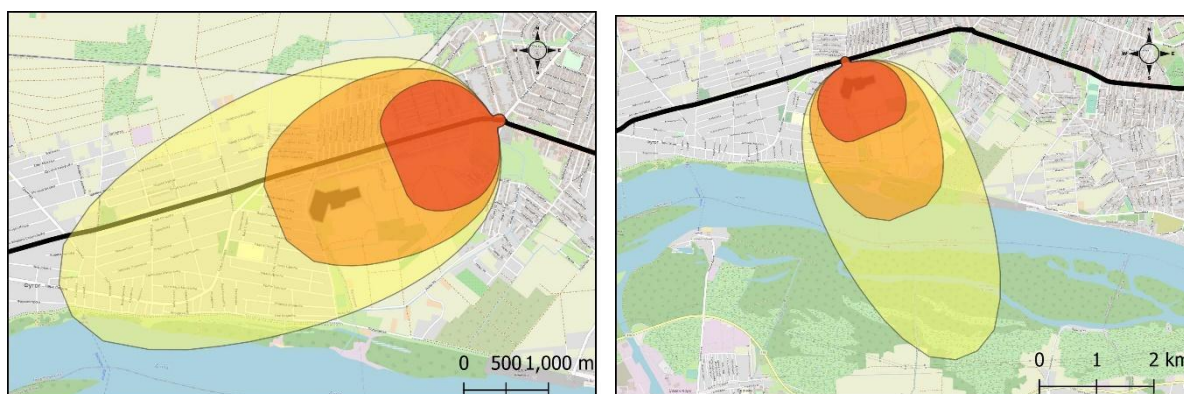
Slika 4.21 Rezultati simulacije za novembar 2016. godine; a – najlošiji scenario (WC), b – najpovoljniji scenario (BC), c – najverovatniji scenario (MPC)

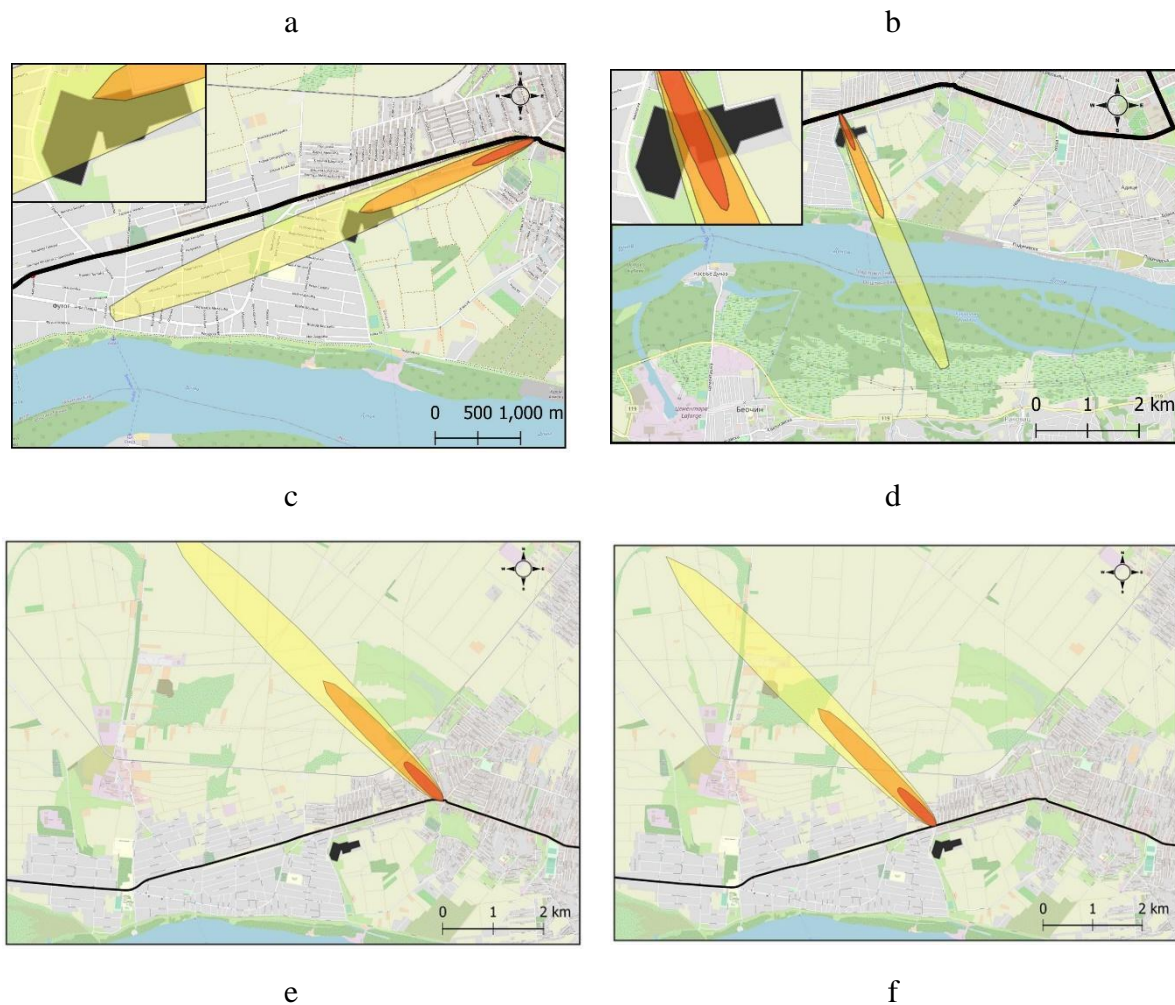
U Tabeli 4.11 prikazani su ulazni podaci i izlazni rezultati simulacije za novembar 2016. godine. Za WC, BC i MP scenario, kategorije klasa stabilnosti atmosfere su B, D i D, respektivno. Udaljenosti rasprostiranja amonijaka u ambijentalnom vazduhu, duž x-ose, za WC scenario iznosile su 0,947 km za crvenu zonu, 2,0 km za narandžastu zonu i 3,9 km za žutu zonu. U slučaju BC scenarija udaljenosti rasprostiranja zagađenja duž x-ose iznosile su 0,549 km, 1,6 km i 3,8 km za crvenu, narandžastu i žutu zonu, respektivno. MPC scenario je rezultovao vrednostima od 0,752 km u crvenoj zoni, 2,4 km u narandžastoj i 5,4 km u žutoj zoni rasprostiranja.

Tabela 4.11 Ulazni podaci meteoroloških parametara i izlazni rezultati modela za novembar 2016. godine

		WC	BC	MPC
Ulazni podaci	Temperatura [°C]	12,6	-5,1	-1
	Brzina Vetra [m/s]	0,63	9,4	4,4
	Pravac Vetra	ENE/NNW	ENE/NNW	SE
	Oblačnost [desetine]	9	9	10
	Vlažnost Vazduha [%]	67	67	61
	Stabilnost Atmosfere	B	D	D
Rezultati	Crvena Zona [km]	0,947	0,549	0,752
	Narandžasta Zona [km]	2,0	1,6	2,4
	Žuta Zona [km]	3,9	3,8	5,4
	Trajanje oslobađanja supstance [min]	7	6	10

Na Slici 4.22 prikazano je rasprostiranje akcidenta u prostornom okruženju za odgovarajuće pravce vetra BC i WC scenarija, na oba posmatrana lokaliteta. U slučaju MPC scenarija, prikazan je najverovatniji pravac vetra – jug-istok (eng. *south-east* - SE). Analizom kreiranog prostornog modela akcidentne situacije, u slučaju ostvarenja akcidenta na lokaciji 1, Dom „Veternik“ se u WC scenariju nalazi u narandžastoj zoni izloženosti (Slika 4.22a), dok se u slučaju lokacije 2 Dom nalazi u crvenoj zoni izloženosti (Slika 4.22b), što je i bilo očekivano s obzirom na to da je lokacija 2 bliža Domu. U BC scenariju situacija je ista u pogledu zona ugroženosti u kojima se Dom nalazi (Slike 4.22c i 4.22d), s tim da je površina Doma izložena uticaju akcidenta manja, srazmerno površini rasprostiranja amonijaka. MPC scenario neće ugroziti Dom u Veterniku, u slučaju najverovatnijeg smera vetra (Slike 4.22e i 4.22f). Ukoliko bi se vetar menjao, Dom u Veterniku bi bio ugrožen u slučaju ostvarenja akcidenta na oba razmatrana lokaliteta.



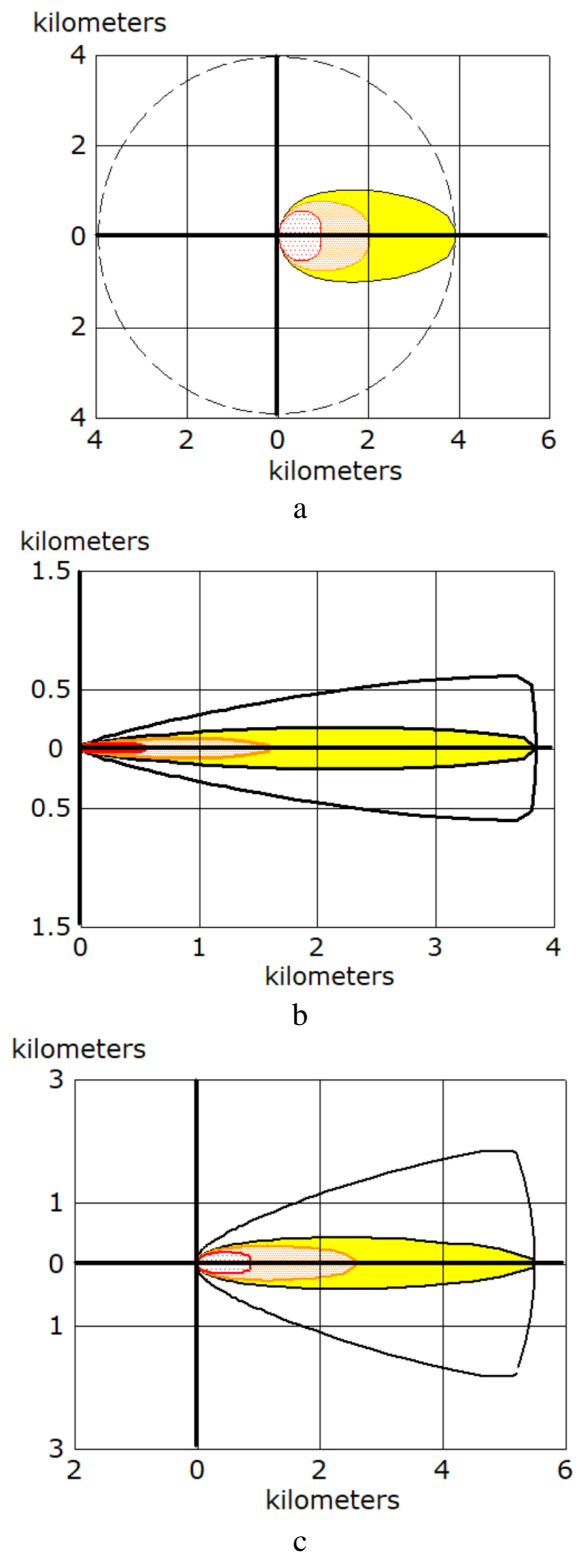


Slika 4.22 Prikaz prostornog odnosa rasprostiranja amonijaka i lokacije Doma za novembar 2016. godine: a – WC scenario, lokacija 1; b – WC scenario, lokacija 2; c – BC scenario, lokacija 1; d – BC scenario, lokacija 2; e – MPC scenario, lokacija 1; f – MPC scenario, lokacija 2

4.12. Rezultati za Decembar 2016. godine

Poređenjem grafika tri različita scenarija (Slika 4.23), najlošiji scenario (WC) dominira u pogledu površine zahvaćene toksičnim uticajem amonijaka, dok najpovoljniji scenario (BC) obuhvata najmanju površinu. U pogledu rasprostiranja amonijaka duž x-ose, u BC scenariju, udaljenosti rasprostiranja crvene i narandžaste zone su manje u odnosu na WC scenario. Niska temperatura ambijentalnog vazduha i sporije isparavanje na početku oslobađanja dovode do razblaživanja male količine amonijaka. Kao rezultat, u BC scenariju, crvena i narandžasta zona se nalaze na manjoj udaljenosti u odnosu na WC scenario. Žute zone BC i WC scenarija su na jednakim udaljenostima što predstavlja izuzetak, koji je posledica male gustine uzorka. Rezultati simulacije su potvrdili pretpostavku da visoka temperatura i mala brzina vetra utiču na to da veća površina bude pod uticajem oslobođenog amonijaka.

Maksimalno trajanje oslobodjenja amonijaka iznosilo je 10 minuta i identifikovano je u BC scenariju. Ovaj rezultat je očekivan zbog sporijeg isparavanja supstance na nižoj temperaturi nego u WC scenariju.



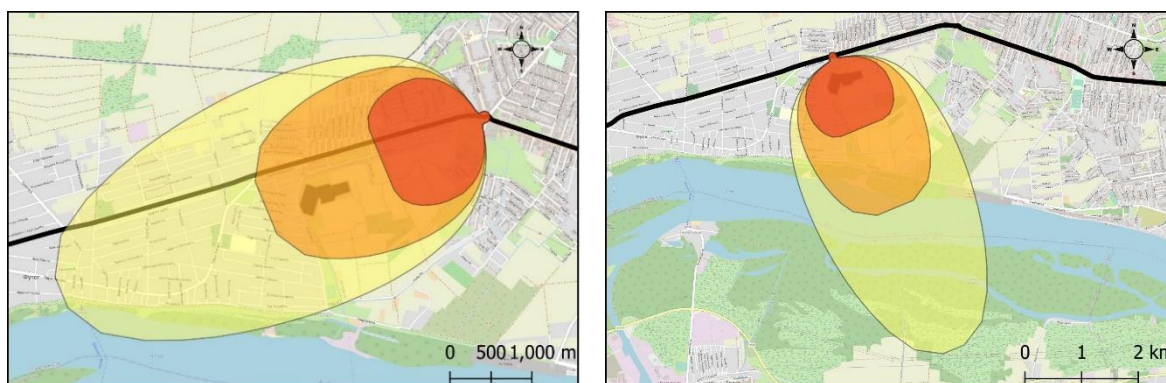
Slika 4.23 Rezultati simulacije za decembar 2016. godine; a – najlošiji scenario (WC), b – najpovoljniji scenario (BC), c – najverovatniji scenario (MPC)

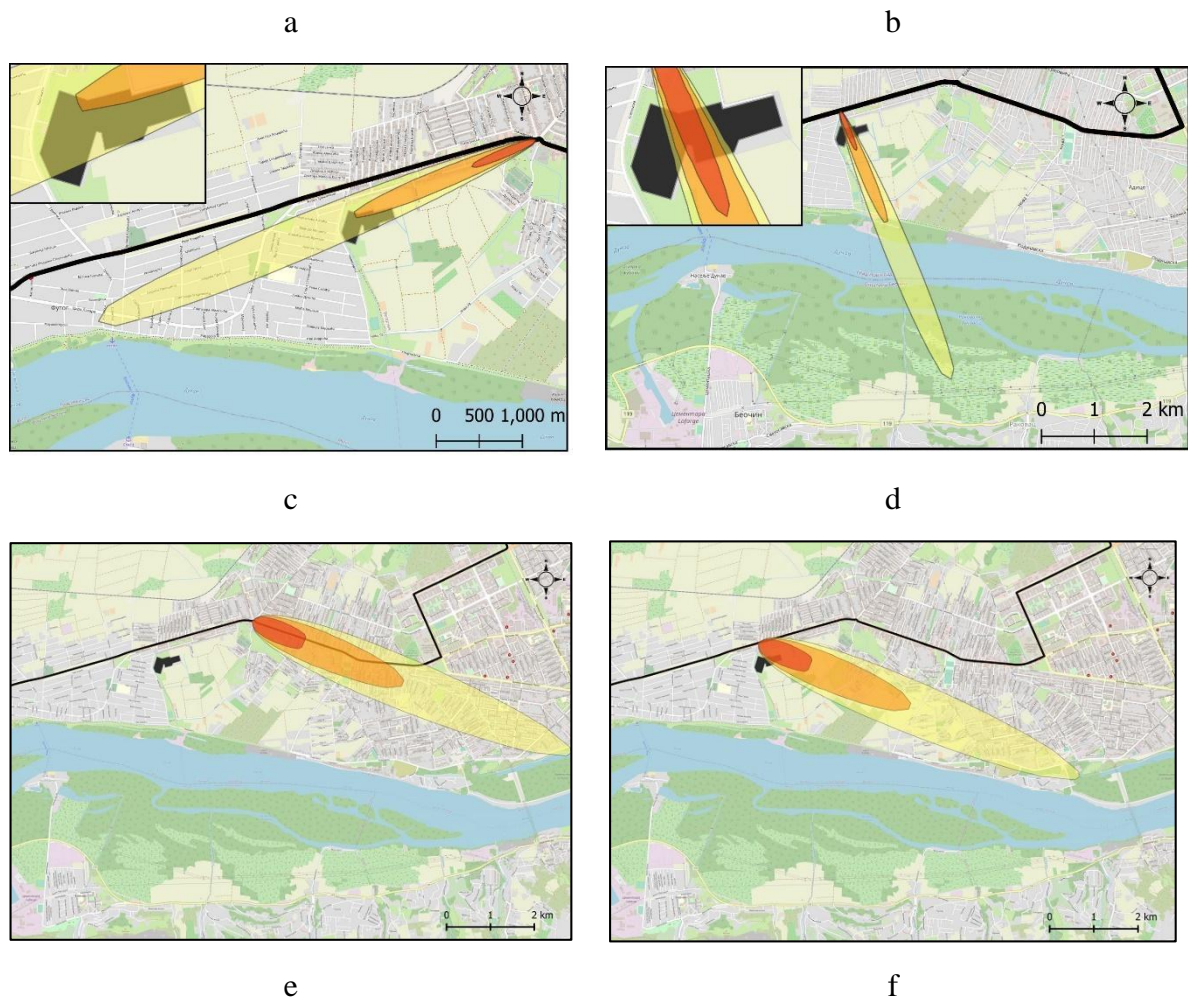
U Tabeli 4.12 prikazani su ulazni podaci i izlazni rezultati simulacije zadecembar 2016. godine. Za WC, BC i MPC scenarije, kategorije klasa stabilnosti atmosfere su B, D i D, respektivno. Udaljenosti rasprostiranja amonijaka u ambijentalnom vazduhu, duž x-ose, za WC scenario iznosile su 0,954 km za crvenu zonu, 2,0 km za narandžastu zonu i 3,9 km za žutu zonu. U slučaju BC scenarija udaljenosti rasprostiranja zagađenja duž x-ose iznosile su 0,565 km, 1,6 km i 3,9 km za crvenu, narandžastu i žutu zonu, respektivno. MPC scenario je rezultovao vrednostima od 0,895 km u crvenoj zoni, 2,6 km u narandžastoj i 5,5 km u žutoj zoni rasprostiranja.

Tabela 4.12 Ulazni podaci meteoroloških parametara i izlazni rezultati modela za decembar 2016. godine

		WC	BC	MPC
Ulazni podaci	Temperatura [°C]	13,4	-3,5	5,8
	Brzina Vetra [m/s]	0,63	9,4	2,4
	Pravac Vetra	ENE/NNW	ENE/NNW	WNW
	Oblačnost [desetine]	9	9	10
	Vlažnost Vazduha [%]	76	76	92
	Stabilnost Atmosfere	B	D	D
Rezultati	Crvena Zona [km]	0,954	0,565	0,895
	Narandžasta Zona [km]	2,0	1,6	2,6
	Žuta Zona [km]	3,9	3,9	5,5
	Trajanje oslobađanja supstance [min]	7	5	7

Na Slici 4.24 prikazano je rasprostiranje akcidenta u prostornom okruženju za odgovarajuće pravce vetra BC i WC scenarija, na oba posmatrana lokaliteta. U slučaju MPC scenarija, prikazan je najverovatniji pravac vetra – zapad-sever-zapad (eng. *west-north-west* - WNW). Analizom kreiranog prostornog modela akcidentne situacije, u slučaju ostvarenja akcidenta u lokaciji 1, Dom „Veternik“ se u WC scenariju nalazi u narandžastoj zoni izloženosti (Slika 4.24a), dok se u slučaju lokacije 2 Dom nalazi u crvenoj zoni izloženosti (Slika 4.24b), što je i bilo očekivano s obzirom na to da je lokacija 2 bliža Domu. U BC scenariju situacija je ista u pogledu zona ugroženosti u kojima se Dom nalazi (Slike 4.24c i 4.24d), s tim da je površina Doma izložena uticaju akcidenta manja, srazmerno površini rasprostiranja amonijaka. MPC scenario neće ugroziti Dom u Veterniku, u slučaju najverovatnijeg smera vetra i lokacije 1 (Slike 4.24e). U pogledu lokacije 2, Dom bi bio ugrožen, odnosno mala površina Doma bi se nalazila u crvenoj i narandžastoj zoni rasprostiranja amonijaka (Slika 4.24f).





Slika 4.24 Prikaz prostornog odnosa rasprostiranja amonijaka i lokacije Doma za decembar 2016. godine: a – WC scenario, lokacija 1; b – WC scenario, lokacija 2; c – BC scenario, lokacija 1; d – BC scenario, lokacija 2; e – MPC scenario, lokacija 1; f – MPC scenario, lokacija 2

4.13. Validacija rezultata

Za potrebe validacije rezultata, dobijene vrednosti udaljenosti rasprostiranja zona ugroženosti, upoređene su sa vrednostima zona sprovođenja zaštitnih mera za amonijak predloženih u Vodiču za odgovor na udes (2008). Vodič za odgovor na udes predstavlja prevod dokumenta *Emergency Response Guidebook* (U.S. DOT, 2020) koji je pripremljen za osoblje koje reaguje u akcidentima prilikom transporta hazardnih supstanci.

Vodič za odgovor na udes definiše zone sprovođenja zaštitnih mera i oblast, u pravcu duvanja vetra od mesta akcidenta, u kojoj ljudi mogu biti onesposobljeni i onemogućeni da preduzmu zaštitne mere i/ili pri kojoj mogu pretrpeti ozbiljne, ireverzibilne zdravstvene posledice. Vrednosti zona sprovođenja zaštitnih mera izračunate su na osnovu statističkih podataka o akcidentnom oslobađanju toksičnih supstanci tokom transporta (baza podataka DOT HMIS - *Hazardous Materials Identification System*, Sistem za izveštavanje o incidentima sa opasnim

materijama), meteoroloških podataka sa preko 120 lokacija u Sjedinjenim Američkim Državama, Kanadi i Meksiku i najnovijih uputstava iz toksikologije. Vrednosti koncentracija za koje se određuju zone sprovođenja zaštitnih mera odabrane su iz AEGL i ERPG priručnika (u slučaju supstanci za koje nisu bile dostupne vrednosti u AEGL priručniku). Iz oba priručnika korišćene su vrednosti za drugi nivo ugroženosti (AEGL-2, odnosno ERPG-2), odnosno vrednosti koncentracija koje mogu izazvati ireverzibilne zdravstvene posledice ili onemogućenost za pravovremeno reagovanje i evakuaciju.

Rezultati simulacija rasprostiranja amonijaka određeni prema AEGL-2 graničnim vrednostima koncentracija (narandžasta zona) mogu se uporediti sa vrednostima zona sprovođenja zaštitnih mera predloženih u Vodiču za odgovor na udes. Vodič za odgovor na udes određuje zone sprovođenja zaštitnih mera za slučaj oslobađanja velike količine amonijaka iz cisterne, tokom dana, pri maloj brzini vetra. Iz tog razloga su vrednosti zona ugroženosti dobijene u WC scenariju relevantne za poređenje sa vrednostima iz Vodiča.

Poređenjem navedenih vrednosti uočava se značajno odstupanje s obzirom na to da su se dobijene udaljenosti zona rasprostiranja amonijaka kretale u opsegu od 2 do 2,2 km, a da je zona sprovođenja zaštitnih mera predviđena u Vodiču 0,9 km. Dobijeni rezultati posledica su odabira matematičkog modela namenjenog za teške gasove (eng. *Heavy gas model*) i nestabilnog stanja atmosfere (klasa stabilnosti B) u WC scenariju. Iako je amonijak gas koji je lakši od vazduha, ALOHA model razmatra gas oslobođen iz rezervoara pod pritiskom kao gas velike molekulske mase, ukoliko je vlažnost vazduha visoka. Prilikom visoke vlažnosti vazduha, oslobođeni amonijak će u atmosferi formirati paru koja je teža od vazduha i biće suspendovan u nižim slojevima atmosfere (Anjana, 2018). Takođe, ukoliko je atmosfera nestabilna (A i B klasa stabilnosti), zone rasprostiranja teških gasova će se nalaziti na većim udaljenostima u odnosu na zone rasprostiranja dobijene upotrebom Gausovog modela (namenjenog za gasove lakše od vazduha) (NOAA i EPA, 2007). Osim toga, Vodič za odgovor na udes navodi da u najnepovoljnijim scenarijima, prilikom trenutnog oslobađanja celokupnog sadržaja rezervoara (npr. u slučaju terorizma, sabotaze ili katastrofalnog događaja), zone rasprostiranja mogu biti znatno veće i da je u tim slučajevima pogodno udvostručiti zonu sprovođenja zaštitnih mera (U.S. DOT, 2020).

S obzirom na to da ALOHA softver dozvoljava odabir Gausovog matematičkog modela za ulazne vrednosti varijabli WC scenarija, za potrebe dodatnog poređenja sa vrednostima zona ugroženosti iz Vodiča, simulirane su i zone ugroženosti po Gausovom modelu. Rezultati simulacija su se kretali u opsegu od 0,741 km do 0,769 km, što je značajno bliže vrednostima iz Vodiča za odgovor na udes.

4.14. Analiza primene GASTAR softvera za potrebe poređenja rezultata i verifikaciju modela

GASTAR je softver specijalizovan za analizu i simulaciju gasnih sistema, dok je ALOHA softver fokusiran na analizu akcidentnih ispuštanja toksičnih i/ili zapaljivih hemijskih supstanci u ambijentalni vazduh. ALOHA može pružiti detaljne informacije o širenju amonijaka u atmosferi i proceni koncentracija u različitim tačkama u prostoru, dok GASTAR može pružiti

celovitiju analizu uticaja akcidenta na gasni sistem uključujući i promene protoka, pritiska odnosno kompleksne interakcije i promene koje se javljaju u gasnom sistemu. Takođe, GASTAR može pružiti detaljnije informacije o toku gasa, turbulentnosti i kondenzaciji. Prethodno navedene mogućnosti softvera mogu biti posebno korisne kada se razmatra analiza uticaja akcidenta na gasni sistem.

Oba softvera imaju korisnički interfejs koji omogućava olakšan unos podataka, konfiguraciju scenarija i dobijanje rezultata. Korisnički interfejs GASTAR softvera je složeniji u odnosu na interfejs ALOHA softvera s obzirom na veći broj ulaznih parametara. Takođe, izlazni rezultati ovog softvera daju veći opseg različitih formi kao i detaljnije informacije.

Tačnost rezultata modelovanja disperzije gasa u atmosferi zavisi od ulaznih podataka, odnosno parametara uvrštenih u matematički model integrisan u softver za modelovanje. Analiza parametara neophodnih za modelovanje rasprostiranja gasa u atmosferi usled akcidentnog oslobađanja upotrebom GASTAR softvera pokazala je veći stepen složenosti matematičkog modela u odnosu na ALOHA softver. Stoga se, za potrebe daljih istraživanja, odnosno proširenje modela i verifikaciju dobijenih rezultata, analizirani softver smatra adekvatnim.

Odabir adekvatnog softvera zavisiće od specifičnih potreba i zahteva. Ukoliko je primarni interes procena uticaja akcidentnog rasprostiranja opasne materije u životnoj sredini i uticaj na humanu populaciju u smislu pravovremene reakcije na akcident, ALOHA predstavlja pogodan izbor s obzirom na mogućnost brzog dobijanja rezultata na osnovu dostupnih ulaznih podataka. S druge strane, GASTAR softver nudi detaljniju analizu istog fenomena s obzirom na složeniji matematički model koji koristi.

5. Zaključna razmatranja i pravci daljih istraživanja

Istraživanje u okviru doktorske disertacije usmereno je na analizu uticaja karakteristika životne sredine na izloženost ranjive populacije oslobađanju amonijaka u akcidentnoj situaciji uzimajući u obzir informacije o meteorološkim uslovima tokom transporta, osobinama amonijaka i parametrima transportne cisterne, kao i karakteristike putanje i kategorije izložene populacije.

Istraživanje je obuhvatilo identifikaciju mogućih scenarija akcidenta, kao i određivanje opsega vrednosti odabranih varijabli koje mogu dovesti do potencijalno najlošijeg scenarija po ustanovu socijalne zaštite u Veterniku koja se nalazi na trajektoriji transporta cisterne. Kroz analizu i modelovanje rasprostiranja amonijaka u ambijentalnom vazduhu, upotrebom softvera za obradu i vizualizaciju prostornih podataka, ALOHA i QGIS, generisane su mape hazarda koje prikazuju prostornu distribuciju oslobođenog amonijaka.

Dom u Veterniku odabran je iz više razloga koji uključuju bezbednost korisnika i osoblja - bolje razumevanje potencijalnih opasnosti i pomoći u identifikaciji mera zaštite i preventivnih strategija, procenu rizika po životnu sredinu i upravljanje vanrednim situacijama, procenu uticaja na okolinu i lokalnu zajednicu i planiranje i unapređenje sigurnosti ustanove, životne sredine i zajednice u celini. Rezultati istraživanja doktorske disertacije pokazali su da u slučaju akcidenta oslobađanja amonijaka iz transportne cisterne, posmatrani centar okupljanja osoba sa invaliditetom može biti pod uticajem sve tri komponente rizika od katastrofalnog događaja - hazard, izloženost i ranjivost.

Na putu amonijaka od mesta proizvodnje do mesta upotrebe, identifikovani hazard može biti ostvaren u bilo kojoj tački putanje. Kao tačke povećanog rizika prepoznate su raskrsnice i kružni tokovi duž putanje amonijaka. Centri okupljanja osoba sa invaliditetom u blizini raskrsnica i kružnih tokova, predstavljaju presek lokacija povećane ranjivosti sa lokacijama povećanog rizika, odnosno potencijalne izloženosti hazardu. Izloženost ranjive populacije prepoznatom hazardu je dalje analizirana u smislu uticaja varijabli životne sredine kao i varijabli izazvanih uticajem čoveka na opseg rasprostiranja amonijaka oslobođenog u atmosferu, gde su kao varijable signifikantnog uticaja prepoznate brzina i pravac vetra i atmosferska temperatura. Simulacijama različitih scenarija ostvarenja analiziranog hazarda utvrđeno je da minimalna brzina vetra u kombinaciji sa maksimalnom temperaturom u posmatranom vremenskom periodu dovode do najnepovoljnijeg mogućeg ishoda u smislu izloženosti populacije i životne sredine. Takođe, određeni su najnepovoljniji pravci vetra za obe odabrane lokacije potencijalnog akcidenta - istočno-severoistočni pravac za lokaciju udaljenu od Doma Veternik i severo-severozapadni pravac za lokaciju bližu Domu Veternik.

Dobijeni rezultati ukazuju na značaj meteoroloških uslova i njihovog uticaja na rasprostiranje amonijaka u slučaju akcidenta, kao i na potrebu za pažljivim planiranjem i upravljanjem rizikom kako bi se smanjila izloženost ranjive populacije i životne sredine.

Za potrebe analize i procene izloženosti visoko ranjive populacije sa invaliditetom akcidentu oslobađanja amonijaka tokom transporta bilo je neophodno sagledati više parametara funkcije rizika. Stoga su, sloj hazarda, sloj izloženosti i sloj ranjivosti dovedeni u zajednički prostorni

kontekst. Upotrebom geoinformacionih sistema kreiran je model realnog okruženja, koji je upotpunjen rezultatima simulacija i podacima o brojnosti i kategorijama osoba sa invaliditetom koji borave u analiziranom objektu. Primena geoinformacionog modela omogućila je integralnu analizu identifikovanog problema i kreiranje mapi hazarda, odnosno vizualnih prikaza scenarija ostvarenja akcidenta. Kreirane mape hazarda omogućile su jedinstveni prikaz aspekata rasprostiranja hazarda i potencijalna ograničenja koja se mogu javiti prilikom evakuacije visoko ranjive populacije.

Rezultati dobijeni u okviru istraživanja pokazali su određeni nivo odstupanja od učenog pravila, u nekoliko slučajeva. S obzirom na to da je veći deo rezultata potvrdio hipotezu da visoka temperatura i mala brzina vetra utiču na povećanje ugroženosti posmatranog objekta prilikom akcidentnog oslobađanja amonijaka, identifikovana odstupanja nisu bila dovoljna za opovrgavanje hipoteze. Pretpostavka je da bi se u slučaju veće gustine ulaznih podataka, odnosno većeg broja realizovanih simulacionih eksperimenata mogao povećati nivo preciznosti i dodatno bi se ispitala tačnost dobijenih rezultata što bi rezultovalo eliminisanjem izuzetaka. S obzirom na to da su za istraživanje korišćeni javno dostupni podaci Republičkog hidrometeorološkog zavoda, gustina podataka je unapred određena i ograničena dostupnim rezultatima merenja meteoroloških parametara. Međutim, moguće je proširiti istraživanje opisano u doktorskoj disertaciji definisanjem načina uzorkovanja ulaznih podataka s ciljem povećanja gustine uzorka.

Za potrebe validacije rezultata, vrednosti dobijene simulacijom rasprostiranja amonijaka upoređene su sa vrednostima zona sprovođenja zaštitnih mera za amonijak koje su predložene u Vodiču za odgovor na udes. Poređenjem navedenih vrednosti uočeno je odstupanje koje je posledica upotrebe *Heavy Gas* matematičkog modela. Stoga su sprovedene dodatne simulacije upotrebom Gausovog matematičkog modela čiji su rezultati znatno bliži vrednostima predloženim u Vodiču.

U radu su analizirane performanse, prednosti i nedostaci komercijalnog softvera GASTAR, koji predstavlja sofisticirani alat za analizu rasprostiranja supstance u atmosferi. Upoređujući GASTAR sa ALOHA softverom, utvrđeno je da bi GASTAR bio adekvatan izbor za dalja istraživanja i proširenje modela, s obzirom na njegove sličnosti i razlike u odnosu na ALOHA softver. U poređenju sa istraživanjima sprovedenim od strane autora Inanloo i Tansel (2015), Anjana i dr. (2018), Sanchez i dr. (2018), Orozco i dr. (2019) i Rajeev i dr. (2019), koja su takođe bila usmerena na analizu uticaja varijabli životne sredine na akcidentno oslobađanje toksičnih hemijskih supstanci u atmosferu i razvijanje metoda za analizu i upravljanje ovim problemom, istraživanje sprovedeno u okviru doktorske disertacije karakteriše integralan pristup sagledavanju rizika od katastrofalnih događaja kroz predloženu metodologiju.

Jedinstvena karakteristika metodologije koja je razvijena u ovoj disertaciji je sagledavanje tri ključne komponente funkcije rizika: hazarda, izloženosti i ranjivosti što omogućava sveobuhvatno razumevanje rizika od katastrofalnih događaja, posebno kada je reč o akcidentnom oslobađanju toksičnih hemijskih supstanci u atmosferu.

Značajan doprinos ovog istraživanja je uključivanje ranjivosti u kontekst identifikovanog problema, sa posebnim fokusom na osobe različitih kategorija invaliditeta. Ova analiza prepoznaje potrebu za prilagođenim pristupom u reagovanju na katastrofalne događaje, uzimajući u obzir specifične mogućnosti i ograničenja osoba s invaliditetom. Identifikacija

različitih kategorija invaliditeta omogućava dublje razumevanje specifičnih izazova s kojima se ove osobe suočavaju i pruža osnovu za razvoj prilagođenih pristupa.

Analiza ranjivosti osoba s invaliditetom ima za cilj da osigura da njihove potrebe budu uzete u obzir u procesima planiranja, pripreme i reagovanja na katastrofalne događaje. To može uključivati prilagođavanje evakuacionih planova, osiguravanje pristupačnosti objektima, kao i pružanje odgovarajuće podrške pre, tokom i nakon katastrofalnih događaja. Razmatranje ranjivosti osoba s invaliditetom u kontekstu istraživanja pruža novi i važan uvid u pitanja inkluzije i osigurava da se njihove specifične potrebe ne zanemaruju u upravljanju katastrofama. Ovaj pristup promovise pravičnost, jednakost i zaštitu svih građana, bez obzira na njihove sposobnosti i fizičke i/ili kognitivne izazove.

Takođe je važno napomenuti da, do sada, istraživanja koja se odnose na uticaj meteoroloških i drugih karakteristika životne sredine na rasprostiranje oslobođenih hazardnih supstanci u atmosferi u Republici Srbiji nisu sprovedena. Ova disertacija stoga predstavlja pionirski rad u tom kontekstu, pružajući osnovu za dalja istraživanja i razumevanje ove teme u nacionalnom kontekstu.

Naučni doprinos istraživanja disertacije ogleda se i kroz pojednostavljenje procesa analize i tumačenja uzroka i posledica akcidenta, odnosno olakšavanje procesa pripreme za reagovanje u slučaju akcidenta. Analiza problema potencijalne izloženosti humane populacije i životne sredine hazardnoj supstanci, s jedne strane, i adekvatnih i dostupnih načina prikupljanja, obrade, analize i upotrebe podataka, s druge strane, doprinosi stvaranju integralne metode upravljanja rizikom od katastrofalnih događaja.

Razmatranje distribucije hemijske supstance u atmosferi i njenog uticaja na izloženo stanovništvo pruža dublje razumevanje problema potencijalne izloženosti i njegovih posledica. Ova analiza omogućava identifikaciju ključnih činilaca koji utiču na širenje hazardnih supstanci, omogućavajući preciznije procene rizika.

Takođe, istraživanje se bavi i razvojem adekvatnih i dostupnih metoda za prikupljanje, obradu, analizu i upotrebu podataka. To je od suštinskog značaja za efikasno upravljanje rizikom od katastrofalnih događaja. Primenom ovih metoda olakšava se proces prikupljanja podataka o distribuciji supstance u atmosferi, izloženosti stanovništva i drugih relevantnih faktora, čime se omogućava pouzdanija analiza i tumačenje rezultata.

Metodologija koja je razvijena i verifikovana ima širi naučni značaj, jer može biti primenjena na slične slučajeve akcidenta i može poslužiti kao vodič za procenu rizika i upravljanje sličnim situacijama, osiguravajući adekvatno i pravovremeno upravljanje rizikom, kao i zaštitu izložene populacije i životne sredine. Ukupno gledano, istraživanje sprovedeno u ovoj disertaciji predstavlja značajan doprinos u oblasti analize rizika od katastrofalnih događaja, posebno u vezi sa oslobađanjem toksičnih hemijskih supstanci u atmosferu. Metodologija koja je razvijena omogućava celovitu analizu rizika, uključujući i ranjivost osoba s invaliditetom, čime se pruža temelj za dalja istraživanja i razvoj prilagođenih pristupa reagovanju i upravljanju ovim rizicima u Republici Srbiji.

Budući pravci istraživanja vezani za otpornost ranjive populacije i integrisanje prikupljenih podataka u prethodno kreirani model i sveobuhvatnu mapu rizika trebalo bi da obuhvate:

1. identifikaciju faktora koji povećavaju otpornost ranjive populacije, uključujući korisnike Doma "Veternik", kao i faktore koji doprinose otpornosti i reaktivnosti lokalne zajednice. Ovo može uključivati analizu socijalnih, ekonomskih, institucionalnih i kulturnih faktora koji utiču na sposobnost ljudi da se suoče sa krizama i vanrednim situacijama.

2. unapređenje procesa upravljanja rizicima, kako na nivou ustanove "Veternik" tako i na nivou lokalne zajednice. To može uključivati analizu postojećih protokola za reagovanje tokom vanrednih situacija, evaluaciju njihove efikasnosti i identifikaciju mogućih poboljšanja. Takođe se može istražiti uključivanje korisnika doma i osoblja u proces donošenja odluka i planiranja, kako bi se osigurala njihova aktivna uloga u upravljanju rizicima u skladu sa zahtevima zakonske regulative, nacionalne strategije i dobre prakse.

3. integraciju prikupljenih podataka i informacija u postojeći model i mapu rizika. To može uključivati prikupljanje relevantnih podataka o mogućim rizicima, ranjivim grupama, infrastrukturi, resursima i kapacitetima. Podaci se mogu koristiti za identifikaciju prioriternih područja za intervenciju, planiranje i prilagođavanje strategija upravljanja rizicima.

4. načine za unapređenje komunikacije i saradnje između doma "Veternik", lokalnih vlasti, organizacija civilnog društva, zdravstvenih ustanova i drugih relevantnih aktera. Ovo može uključivati razvoj protokola za razmenu informacija, uspostavljanje mehanizama za brzo obaveštavanje i koordinaciju akcija u slučaju vanrednih situacija.

Dobijeni rezultati imaju važne implikacije za praksu i politike upravljanja životnom sredinom i rizikom od katastrofalnih događaja. Identifikacija ove specifične situacije izloženosti i ranjivosti pruža osnovu za razvoj preventivnih mera, planiranje hitnih intervencija i edukaciju relevantnih aktera kako bi se smanjio rizik i povećala sigurnost populacije i životne sredine u sličnim situacijama.

6. Literatura

Aitchison, A., 2009. Beginning Spatial with SQL Server. <https://doi.org/10.1007/978-1-4302-1830-2>

AlRukaibi, F., Alrukaibi, D., Alkheder, S., Alojaiman, S., Sayed, T., 2018. Optimal route risk-based algorithm for hazardous material transport in Kuwait. *J. Loss Prev. Process Ind.* 52, 40–53. <https://doi.org/10.1016/j.jlp.2018.01.012>

Anjana, N.S., Amarnath, A., Harindranathan Nair, M. V., 2018. Toxic hazards of ammonia release and population vulnerability assessment using geographical information system. *J. Environ. Manage.* 210, 201–209. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2018.01.021>

ATSDR, 2004. Agency for Toxic Substances and Disease Registry. Dostupno na: <https://www.atsdr.cdc.gov/ToxProfiles/tp126.pdf>. (Posećeno 11. April 2020)

Bariha, N., Mishra, I.M., Srivastava, V.C., 2016. Fire and explosion hazard analysis during surface transport of liquefied petroleum gas (LPG): A case study of LPG truck tanker accident in Kannur, Kerala, India. *J. Loss Prev. Process Ind.* 40, 449–460. <https://doi.org/10.1016/j.jlp.2016.01.020>

Babić I., 2016. Modelovanje uticaja vremenskog profila solarnog zračenja na efekte rada fotonaponskih sistema u elektroenergetskom sistemu. Doktorska disertacija. Elektrotehnički fakultet, Univerzitet u Beogradu.

Bogdanović M., 2009. Widely known chemical accidents. *Facta Universitatis. Series: Working and Living Environmental Protection*, Vol. 6, No 1, pp. 65-71.

Biočanin R., 2004. Hemijski udesi i procena rizika, *Vojnotehnički glasnik*, Vol. 52, No 5, pp. 534-541.

Bernatik, A., Zimmerman, W., Pitt, M., Strizik, M., Nevrlý, V., Zelinger, Z., 2008. Modelling accidental releases of dangerous gases into the lower troposphere from mobile sources. *Process Saf. Environ. Prot.* 86, 198–207. <https://doi.org/10.1016/j.psep.2007.12.002>

Blic, novinski list. 2019 a. Dostupno na: <https://www.blic.rs/vesti/drustvo/drama-na-jugu-srbije-zbog-tecnog-amonijaka-evakuisu-celo-selo-od-400-ljudi-opasnost-u/45jpeqb>. (Posećeno 23. Januara 2019)

Blic, novinski list. 2019 b. Dostupno na: https://www.blic.rs/...S-Article-2ed81b8b-e79e-4ad6-bb1b-5185b6ff823a&gem_id=ctfqmAdE.9nEIM6kyJu34Kbjjy0sM0O1V3IF8aH4JqH.V7. (Posećeno 11. Maja 2019)

Brzozowska, L., 2016. Computer simulation of impacts of a chlorine tanker truck accident. *Transp. Res. Part D Transp. Environ.* 43, 107–122. <https://doi.org/10.1016/j.trd.2015.12.001>

Bulko, M., Holý, K., Müllerová, M., 2018. On the relation between outdoor ²²²Rn and atmospheric stability determined by a modified Turner method. *J. Environ. Radioact.* 189, 79–92. <https://doi.org/10.1016/j.jenvrad.2018.03.008>

Burrough P. A., McDonnell R.A. (2006). *Principi geografskih informacionih sistema*, Univerzitet u Beogradu, Geografski fakultet

- Cowen, D.J., 1988. GIS versus CAD versus DBMS: what are the differences? *Photogrammetric Engineering and Remote Sensing*, 54 (11), pp. 1551-1555.
- Carotenuto, P., Giordani, S., Ricciardelli, S., Rismondo, S., 2007. A tabu search approach for scheduling hazmat shipments. *Comput. Oper. Res.* 34, 1328–1350. <https://doi.org/10.1016/j.cor.2005.06.004>
- Chakraborty, J., Armstrong, M.P., 2001. Assessing the impact of airborne toxic releases on populations with special needs. *Prof. Geogr.* 53, 119–131. <https://doi.org/10.1080/00330124.2001.9628444>
- Cherradi, G., El Bouziri, A., Boulmakoul, A., Zeitouni, K., 2018. An Atmospheric Dispersion Modeling Microservice for HazMat Transportation. *Procedia Comput. Sci.* 130, 526–532. <https://doi.org/10.1016/j.procs.2018.04.075>
- CRED, 2021. Centre for Research on the Epidemiology of Disasters CRED, Université Catholique de Louvain (UCL), Brisel. Dostupno na: <https://www.emdat.be/classification> (Posećeno 11. Januara 2021)
- Danas, novinski list, 2022a. Dostupno na: <https://www.danas.rs/vesti/drustvo/zrtve-trovanje-amonijak-akcident-broj-zrtava-pirot/> (Posećeno 12. Februara 2023)
- Danas, novinski list, 2022b. Dostupno na: <https://www.danas.rs/vesti/drustvo/obdukcija-dokazala-dve-zrtve-opasna-hemikalija-i-dalje-curi-sta-se-dosad-zna-o-izlivanju-amonijaka-kod-pirota/> (Posećeno 12. Februara 2023)
- Dukić Dušan, 1999. *Klimatologija*, Geografski fakultet, Beograd
- FAO, 2002a Animal production based on crop residues - Chinese experiences. Dostupno na: <http://www.fao.org/3/Y1936E/y1936e0f.htm>. (Posećeno 19. Juna 2019)
- FAO, 2002b Animal production based on crop residues - Chinese experiences. CHAPTER 3 - AMMONIATION OF CROP RESIDUES. Dostupno na: <http://www.fao.org/3/Y1936E/y1936e07.htm#bm07.3.1> (Posećeno 1 Oktobra 2020)
- Fan, T., Chiang, W.C., Russell, R., 2015. Modeling urban hazmat transportation with road closure consideration. *Transp. Res. Part D Transp. Environ.* 35, 104–115. <https://doi.org/10.1016/j.trd.2014.11.009>
- Hassan, Che C.R., Puvaneswaran, B., Abdul, A.A.R., Mahmood N.Z., Huang F.C., Sulaiman N.K., 2009. A case study of consequences analysis of ammonia transportation by rail from Gurun to Port Klang in Malaysia using safety computer Model, *Journal of SH&E Research*, Vol. 6, No 1, pp. 1-19.
- Havens, Jerry A., and Thomas O. Spicer. 1985. Development of an Atmospheric Dispersion Model for Heavier-Than-Air Gas Mixtures. Volume 1. Ft. Belvoir: Defense Technical Information Center.
- HIP Azotara, 2010. MSDS, Dostupno na: <http://hip-azotara.rs/wp-content/uploads/2016/10/amonijak-sr.pdf>. (Posećeno 19 Juna 2019)
- Hosseinnia, B., Khakzad, N., Reniers, G., 2018. Multi-plant emergency response for tackling major accidents in chemical industrial areas. *Saf. Sci.* 102, 275–289. <https://doi.org/10.1016/j.ssci.2017.11.003>

HUD User, 1998. Office of Policy Development and Research (PD&R), Fair Housing Act Design Manual. Dostupno na: <https://www.huduser.gov/portal/publications/PDF/FAIRHOUSING/fairfull.pdf>, (Posećeno 17. Februara 2020)

IHMM, 2018. Institute of Hazardous Materials Management. Dostupno na: <https://www.ihmm.org/about-ihmm/what-are-hazardous-materials>. (Posećeno 7 Avgusta 2018)

Inanloo, B., Tansel, B., 2015. Explosion impacts during transport of hazardous cargo: GIS-based characterization of overpressure impacts and delineation of flammable zones for ammonia. *J. Environ. Manage.* 156, 1–9. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2015.02.044>

INVALIDNOST.INFO, Dostupno na: <https://invalidnost.info/vrste-invalidnosti/> (Posećeno 2. Januara 2021)

Janković Z., 2016. Razvoj modela za proračun rizika u logističkim sistemima opasnih materija. PhD thesis. Faculty of Technical Sciences, University of Novi Sad

Jones, R., W. Lehr, D. Simecek-Beatty, R. Michael Reynolds. 2013. ALOHA® (Areal Locations of Hazardous Atmospheres) 5.4.4: Technical Documentation. U. S. Dept. of Commerce, NOAA Technical Memorandum NOS OR&R 43. Seattle, WA: Emergency Response Division, NOAA. 96 pp. 36

Ji, J., Chen, X., Han, X., 2014. Rapid simulation and visualization analysis of liquid ammonia tank leakage risk. *Procedia Eng.* 84, 682–688. <https://doi.org/10.1016/j.proeng.2014.10.486>

Junior, M.M., Santos, M.S.E., Vidal, M.C.R., De Carvalho, P.V.R., 2012. Overcoming the blame game to learn from major accidents: A systemic analysis of an Anhydrous Ammonia leakage accident. *J. Loss Prev. Process Ind.* 25, 33–39. <https://doi.org/10.1016/j.jlp.2011.06.026>

Kikaj, D., Chambers, S.D., Vaupotič, J., 2019. Radon-based atmospheric stability classification in contrasting sub-Alpine and sub-Mediterranean environments. *J. Environ. Radioact.* 203, 125–134. <https://doi.org/10.1016/j.jenvrad.2019.03.010>

Khanmohamadi, M., Bagheri, M., Khademi, N., Ghannadpour, S.F., 2018. A security vulnerability analysis model for dangerous goods transportation by rail – Case study: Chlorine transportation in Texas-Illinois. *Saf. Sci.* 110, 230–241. <https://doi.org/10.1016/j.ssci.2018.04.026>

Landucci, G., Antonioni, G., Tugnoli, A., Bonvicini, S., Molag, M., Cozzani, V., 2017. HazMat transportation risk assessment: A revisit in the perspective of the Viareggio LPG accident. *J. Loss Prev. Process Ind.* 49, 36–46. <https://doi.org/10.1016/j.jlp.2016.08.009>

Law, W.P., Erain, N., Ramli, N.I., Gimbut, J., 2019. Assessment of chlorine leak dispersion around Gebeng industrial area and potential evacuation route. *Atmos. Res.* 216, 117–129. <https://doi.org/10.1016/j.atmosres.2018.10.003>

Lyu, B., Lee, K., Kim, T., Cho, H., Moon, I., 2018. Damage reduction strategies against chemical accidents by using a mitigation barrier in Korean chemical risk management. *Saf. Sci.* 110, 29–36. <https://doi.org/10.1016/j.ssci.2018.07.026>

- Maslač, M., Antić, B., Pešić, D., Milutinović, N., 2017. Behaviours of professional drivers: Validation of the DBQ for drivers who transport dangerous goods in Serbia. *Transp. Res. Part F, Traffic Psychol. Behav.* 50, 80–88. <https://doi.org/10.1016/j.trf.2017.08.001>
- Maletin, M. 2013. Analiza ugroženosti od požara Doma „Veternik“ na primeru paviljona „H“, Master teza, Fakultet tehničkih nauka, Univerzitet u Novom Sadu
- Meteologos, 2011. Dostupno na: <http://www.meteologos.rs/oblacnost-kao-klimatski-element/>. (Posećeno 1. Septembra 2020)
- Meteologos, 2011a Dostupno na: <http://www.meteologos.rs/meteoroloske-stanice-u-srbiji/> (Posećeno 9. Juna 2021)
- Mondo, novinski list, 2019. Dostupno na: <https://mondo.rs/Info/Drustvo/a1184950/Dragacevo-Iskliznula-cisterna-sa-azotnom-kiselinom.html>. (Posećeno 8. Maja 2019)
- N1 novinski list, 2022. Dostupno na: <https://n1info.rs/vesti/posle-zeleznicke-nesrece-kod-pirota-sest-osoba-hospitalizovano-u-ukc-nis/> (Posećeno 12. Februara 2023)
- Nacionalni program zaštite životne sredine, (odluka o utvrđivanju), Službeni glasnik Republike Srbije, br. 12/2010.
- Naderpour, M., Khakzad, N., 2018. Texas LPG fire: Domino effects triggered by natural hazards. *Process Saf. Environ. Prot.* 116, 354–364. <https://doi.org/10.1016/j.psep.2018.03.008>
- National Council of Disability, Saving Lives: Including People with Disabilities in Emergency Planning, 2005. Dostupno na: <https://ncd.gov/publications/2005/saving-lives-including-people-disabilities-emergency-planning>. (Posećeno 27. Februara 2018)
- NFPA, 2016. Emergency Evacuation Planning Guide for People with Disabilities. Dostupno na: <https://www.nfpa.org/-/media/Files/Public-Education/By-topic/Disabilities/EvacuationGuidePDF.ashx?la=en>. (Posećeno 17. Februara 2020)
- Nikolić, M., Biočanin, R., Nikolić, D., 2016. Neutralizacija Toksikanaata i Zaštita Pri Hemijskim Udesima. *Primus - Inform. Pravo, Ekon. Bankarstvo* 1, 57–62. <https://doi.org/10.7251/prisr1305057n>
- NIOSH, 1994. Centers for Disease Control and Prevention. Dostupno na: <https://www.cdc.gov/niosh/idlh/7664417.html>. (Posećeno 21. Juna 2019)
- NOAA, EPA, 2007. ALOHA: User's Manual. Dostupno na: <https://nepis.epa.gov/Exe/ZyPDF.cgi/P1003UZZB.PDF?Dockey=P1003UZZB.PDF>. (Posećeno 18. Juna 2019)
- NOAA, 2016. Office of Response and Restoration. Dostupno na: <https://response.restoration.noaa.gov/oil-and-chemical-spills/chemical-spills/resources/immediately-dangerous-life-health-limits-idlhs.html>. (Posećeno 21. Juna 2019)
- Novaković T., 2020. Optimizacija funkcije štete u cilju procene rizika osiguranja, Doktorska disertacija, Fakultet tehničkih nauka, Univerzitet u Novom Sadu
- Oggero, A., Darbra, R.M., Muñoz, M., Planas, E., Casal, J., 2006. A survey of accidents occurring during the transport of hazardous substances by road and rail. *J. Hazard. Mater.* 133, 1–7. <https://doi.org/10.1016/j.jhazmat.2005.05.053>

Opšte obrazovanje, 2023n Dostupno na: <https://www.opsteobrazovanje.in.rs/geografija/geografska-sirina-i-duzina/> (Posećeno 16. Maja 2023)

Orozco, J.L., Van Caneghem, J., Hens, L., González, L., Lugo, R., Díaz, S., Pedroso, I., 2019. Assessment of an ammonia incident in the industrial area of Matanzas. *J. Clean. Prod.* 222, 934–941. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2019.03.024>

Parker H. D., 1988. The Unique Qualities of a Geographic Information System: a Commentary. *Photogrammetric Engineering and Remote Sensing*, 54, 1547-1549.

Pasquill, F. 1961. "The Estimation of the Dispersion of Windborne Material." *Meteorology Magazine* no. 90:33 - 49.

Panjaitan B., 2017. Understanding Tsunami hazard knowledge and preparedness : before and after the 2010 Tsunami in Mentawai (Indonesia), *Geography*

Petrović, J., 2017. Ekološki aspekti rada termoenergetskih postrojenja u Novom Sadu – aerozagađenje, Doktorska disertacija, EDUCONS univerzitet, Sremska Kamenica

Pilone, E., Demichela, M., 2018. A semi-quantitative methodology to evaluate the main local territorial risks and their interactions. *Land use policy* 77, 143–154. <https://doi.org/10.1016/j.landusepol.2018.05.027>

PNG EGG, 2020. Dostupno na: <https://www.pngegg.com/en/png-eyjgf>, (Posećeno 17. Oktobra 2020)

Privredna komora Srbije, Privredna komora Beograda, 2018., Preliminarni spisak postrojenja koje podležu obavezama iz Seveso II Direktive, accessed 22nd February 2018. at <http://www.kombeg.org.rs/aktivnosti/c_tehno/Detaljnije.aspx?veza=498>

PreventionWeb, 2021. The knowledge platform for disaster risk reduction, UNDRR. Dostupno na: <https://www.preventionweb.net/disaster-risk/risk/exposure/> (Posećeno 12. Januara 2021)

QGIS, 2020. Dostupno na: <https://qgis.org/en/site/about/index.html>. (Posećeno 18. Februara 2020)

Rajeev, K., Soman, S., Renjith, V.R., George, P., 2019. Human vulnerability mapping of chemical accidents in major industrial units in Kerala, India for better disaster mitigation. *Int. J. Disaster Risk Reduct.* 39, 101247. <https://doi.org/10.1016/j.ijdrr.2019.101247>

Raphael, J. M. 1962. Prediction of temperature in rivers and reservoirs. *Journal of the Power Division, Proceedings of the American Society of Civil Engineers.*

RECHNEROnline, 2020. Dostupno na: <https://rechneronline.de/geo-coordinates/directions.php>. (Posećeno 3. Avgusta 2020)

Roy, P.K., Bhatt, A., Kumar, B., Kaur, S., Rajagopal, C., 2011. Consequence and risk assessment: Case study of an ammonia storage facility. *Arch. Environ. Sci* 5, 25–36.

Roy, A., Srivastava, P., Sinha, S., 2015. Dynamic failure assessment of an ammonia storage unit: A case study. *Process Saf. Environ. Prot.* 94, 385–401. <https://doi.org/10.1016/j.psep.2014.09.004>

- RHMZ, 2020. Republic Hydrometeorological Service of Serbia. Dostupno: http://www.hidmet.gov.rs/ciril/meteorologija/stanica_sr.php?moss_id=13168. (Posećeno 20. Marta 2020)
- RHMZ, 2021. Republički hidrometeorološki zavod Srbije. Dostupno na: http://www.hidmet.gov.rs/data/dokumenti_latin/delatnost_moss_odsek.pdf (Posećeno 7 Juna 2021)
- RHMZ, 2021a. Republički hidrometeorološki zavod Srbije. Dostupno na: http://www.hidmet.gov.rs/ciril/meteorologija/moss_mreza.php (Posećeno 8. Juna 2021)
- RHMZ, 2016. Republic Hydrometeorological Service of Serbia. Dostupno na: http://www.hidmet.gov.rs/podaci/meteo_godisnjaci/Meteoroloski%20godisnjak%201%20-%20klimatoloski%20podaci%20-%202016.pdf. (Posećeno 10. Maja 2018)
- RTSA, Road Traffic Safety Agency, Republic of Serbia, 2015. Statistical report on the state of traffic safety in the Republic of Serbia
- RTS, javni servis, 2019. Dostupno na: <https://www.rts.rs/page/stories/ci/story/134/hronika/3533177/cisterne-sa-fosfornom-kiselinom-iskliznule-kod-majdanpeka.html>. (Posećeno 24. Maja 2019)
- Sanchez, E.Y., Represa, S., Mellado, D., Balbi, K.B., Acquesta, A.D., Colman Lerner, J.E., Porta, A.A., 2018. Risk analysis of technological hazards: Simulation of scenarios and application of a local vulnerability index. *J. Hazard. Mater.* 352, 101–110. <https://doi.org/10.1016/j.jhazmat.2018.03.034>
- Souther, L., Small-Johnson, J., Messing, R.B., 2000. A description of agricultural releases of anhydrous ammonia in Minnesota. *Chem. Heal. Saf.* 7, 16–22. [https://doi.org/10.1016/S1074-9098\(00\)00142-8](https://doi.org/10.1016/S1074-9098(00)00142-8)
- Simić (Bondžić) J., Sremački M., Tucakov J., Dumanjić E., Knežević S., Popov S., Ćosić Đ., Sakulski D., 2013. Persons with Disabilities in Catastrophic Events – Exposure and Geospatial Analysis. Proceedings of 8th International Conference Risk and Safety Engineering, Kopaonik, 2-6 February 2013, Republic of Serbia
- Sl. glasnik RS, 22/2015, Pravilniku o tehničkim standardima planiranja, projektovanja i izgradnje objekata, kojima se osigurava nesmetano kretanje i pristup osobama sa invaliditetom, deci i starim osobama. Dostupno na: <https://www.mgsi.gov.rs/lat/dokumenti/pravilnik-o-tehnickim-standardima-planiranja-projektovanja-i-izgradnje-objekata-kojima-se> (Posećeno 2. Januara 2021)
- Sl. Glasnik RS, 135/2004, Zakon o zaštiti životne sredine, Dostupno na http://www.vojvodinasume.rs/wp-content/uploads/2012/04/Zakon-o-zastiti-zivotne-sredine_2016.pdf (Posećeno 6. Aprila 2021)
- Smith, T.R., Menon, S., Starr, J.L., Estes, J.E. 1987. Requirements and principles for the implementation and construction of large-scale geographic information systems. *International Journal of Geographical Information Systems*, 1 (1), pp. 13-31.
- Spicer, T., and J. Havens. 1989. User's Guide for the Degadis 2.1 Dense Gas Dispersion Model. Cincinnati: United States Environmental Protection Agency.

Stojanović, B., Jovašević-Stojanović, M., 2004. Regulations of major accident hazards control in Serbia and their implementation. *J. Loss Prev. Process Ind.* 17, 499–503. <https://doi.org/10.1016/j.jlp.2004.08.009>

TRANSCAER, 2020. Transportation Community Awareness Emergency Response, Dostupno na: https://www.transcaer.com/sites/default/files/documents/Transcaer_Ammonia_Training_Student_Handout_rev04_0.pdf. (Posećeno 12 Oktobra 2020)

Turner, D. Bruce. 1994. Workbook of atmospheric dispersion estimates: an introduction to dispersion modeling. 2nd ed. Boca Raton: Lewis Publishers.

Thywissen K. 2006. Components of Risk: A Comparative Glossary, UNU Institute for Environment and Human Security (UNU-EHS), Bonn, Germany

UCLA College, 2020. Dostupno na: http://www.chem.ucla.edu/~harding/IGOC/H/hydrogen_bond_acceptor.html. (Posećeno 22. Oktobra 2020)

University of Arizona, 2020, Courses. Dostupno na http://www.atmo.arizona.edu/students/courselinks/fall12/atmo170a1s2/coming_up/week_1/lect2_pollutants_pt1.html (Posećeno 28. Jul 2020)

UNESCAP, 2017. Disability in Asia and the Pacific: The Facts - 2017 Midpoint Review edition [Online]. Bangkok: United Nations Economic and Social Commission for Asia and the Pacific (UNESCAP). Dostupno na: https://www.unescap.org/sites/default/files/Disability_The_Facts_2.pdf (Posećeno, 11. Decembra 2020)

UNDRR, 2013. United Nations Office for Disaster Risk Reduction, Dostupno na: <https://www.undrr.org/news/un-global-survey-explains-why-so-many-people-living-disabilities-die-disasters> (Posećeno 12. Decembra 2020)

UN/ISDR (United Nations International Strategy for Disaster Reduction) 2004. Living with Risk. A Global Review of Disaster Reduction Initiatives. United Nations, Geneva. Dostupno na https://www.preventionweb.net/files/657_lwr1.pdf (Posećeno 8. Januara 2021)

U.S. DOT, 2020. U.S. Department of Transportation, Emergency Response Guidebook. Dostupno na: <https://www.phmsa.dot.gov/sites/phmsa.dot.gov/files/2021-01/ERG2020-WEB.pdf> (Posećeno 10. Oktobra 2022)

Global Review of Disaster Reduction Initiatives. 2004 version. United Nations, Geneva, p. 430.

Verter, V., Kara, B.Y., 2008. A path-based approach for hazmat transport network design. *Manage. Sci.* 54, 29–40. <https://doi.org/10.1287/mnsc.1070.0763>

Villeneuve, M., Abson, L., Pertiwi, P., Moss, M., 2020. Applying a person-centred capability framework to inform targeted action on Disability Inclusive Disaster Risk Reduction. *Int. J. Disaster Risk Reduct.* 101979. <https://doi.org/10.1016/j.ijdr.2020.101979>

Vodič za odgovor na udes, 2008. Ministarstvo životne sredine i prostornog planiranja, Republika Srbija (prevod Emergency Response Guidebook, U.S. DOT, 2020)

Vučinić S., Joksović D., Todorović V., Segrt Z., Jović-Stošić J., Srnić D., Potrebić O., Đorđević D., Stojiljković M., 2001. The role of the national poison control center in organization and management of mass ammonia accident. Proceedings of the second Chemical and Biological Medical Treatment Symposium - Industry II "The First World Congress on Chemical and Biological Terrorism", Dubrovnik, 21-27 April 2001, Croatia.

Warren Forensics, 2020a. Dostupno na: <https://www.warrenforensics.com/2020/06/22/ammonia-the-good-the-bad-the-smelly-part-one/>. (Posećeno 17. Oktobra 2020)

Warren Forensics, 2020b. Dostupno na: <https://www.warrenforensics.com/2020/07/23/ammonia-the-good-the-bad-the-smelly-part-two/>. (Posećeno 29. Oktobra 2020)

Westen C.J. Van. 2016a. Caribbean Handbook on Risk Information Management. Dostupno na: <http://charim.net/methodology/53> (Posećeno 29. Novembra 2020)

Westen C.J. Van. 2016b. Caribbean Handbook on Risk Information Management. Dostupno na: <http://charim.net/methodology/21> (Posećeno 8. Januara 2021)

WMO, 2008. Guide to Meteorological Instruments and Methods of Observation. WMO-No. 8. pp. I.5-12

WHO, 2011, World Health Organization & The World Bank, World Report on Disability. World Health Organization, Geneva.

021 novinski list. 2019 a. Dostupno na <https://www.021.rs/story/Info/Srbija/207810/Iskliznuli-vagoni-sa-fosfornom-kiselinom-na-pruzi-Nis-Zajecar.html>. Posećeno 10.02.2019. (Posećeno 10. Februara 2019)

021 novinski list. 2019 b. Dostupno na <https://www.021.rs/story/Info/Srbija/208132/Novo-iskliznuce-cisterni-sa-amonijakom-na-pruzi-Nis-Zajecar.html> (Posećeno 14. Februara 2019)

021, novinski list, 2019 c. Dostupno na: <https://www.021.rs/story/Info/Srbija/221572/Cisterna-sa-amonijakom-ispala-sa-sina-nema-opasnosti-po-ljude.html> (Posećeno 19. Avgusta 2019)

Овај Образац чини саставни део докторске дисертације, односно докторског уметничког пројекта који се брани на Универзитету у Новом Саду. Попуњен Образац укорицити иза текста докторске дисертације, односно докторског уметничког пројекта.

План третмана података

Назив пројекта/истраживања
Утицај карактеристика животне средине на изложеност рањиве популације приликом ослобађања амонијака у акцидентној ситуацији
Назив институције/институција у оквиру којих се спроводи истраживање
а) Универзитет у Новом Саду, Факултет техничких наука
Назив програма у оквиру ког се реализује истраживање
Истраживање је реализовано за потребе израде докторске дисертације на Департману за Инжењерство заштите животне средине и заштите на раду.
1. Опис података
<i>1.1 Врста студије</i> <i>Укратко описати тип студије у оквиру које се подаци прикупљају</i> Студија је спроведена у оквиру докторске дисертације. Коришћени подаци су јавно доступни.
<i>1.2 Врсте података</i> а) квантитативни б) квалитативни
<i>1.3. Начин прикупљања података</i> а) анкете, упитници, тестови б) клиничке процене, медицински записи, електронски здравствени записи в) генотипови: навести врсту _____ г) административни подаци: навести врсту _____ д) узорци ткива: навести врсту _____ ђ) снимци, фотографије: навести врсту _____ е) текст, навести врсту _____

ж) мапа, навести врсту _____

з) остало: нумерички метеоролошки подаци

1.3 Формат података, употребљене скале, количина података

1.3.1 Употребљени софтвер и формат датотеке:

а) Excel фајл, датотека _____

б) SPSS фајл, датотека _____

в) PDF фајл, датотека .pdf

д) Текст фајл, датотека _____

е) JPG фајл, датотека _____

ф) Остало, датотека **CSV фајл**

1.3.2. Број записа (код квантитативних података)

а) број варијабли: 5

б) број мерења (испитаника, процена, снимака и сл.): велики број

1.3.3. Поновљена мерења

а) да

б) не

Уколико је одговор да, одговорити на следећа питања:

а) временски размак између поновљених мера је _____

б) варијабле које се више пута мере односе се на _____

в) нове верзије фајлова који садрже поновљена мерења су именоване као _____

Напомене: _____

Да ли формати и софтвер омогућавају дељење и дугорочну валидност података?

а) Да

б) Не

Ако је одговор не, образложити _____

2. Прикупљање података

2.1 Методологија за прикупљање/генерисање података

2.1.1. У оквиру ког истраживачког нацрта су подаци прикупљени?

а) експеримент, навести тип: **рачунарски експерименти**

б) корелационо истраживање, навести тип _____

ц) анализа текста, навести тип: **анализа доступне литературе**

д) остало, навести шта: **анализа јавно доступних података**

2.1.2 Навести врсте мерних инструмената или стандарде података специфичних за одређену научну дисциплину (ако постоје).

GPS

2.2 Квалитет података и стандарди

2.2.1. Третман недостајућих података

а) Да ли матрица садржи недостајуће податке? Да **Не**

Ако је одговор да, одговорити на следећа питања:

а) Колики је број недостајућих података? _____

б) Да ли се кориснику матрице препоручује замена недостајућих података? Да **Не**

в) Ако је одговор да, навести сугестије за третман замене недостајућих података

2.2.2. На који начин је контролисан квалитет података? Описати

Подаци су обрађени у складу са предложеном методологијом у истраживању спроведеном током израде докторске дисертације.

2.2.3. На који начин је извршена контрола уноса података у матрицу?

Контрола је извршена након прикупљања јавно доступних података од релевантне институције. Контрола уноса података је изведена на основу експертског знања.

3. Третман података и пратећа документација

3.1. Третман и чување података

3.1.1. Подаци ће бити депоновани у _____

3.1.2. URL адреса _____

3.1.3. DOI _____

3.1.4. Да ли ће подаци бити у отвореном приступу?

а) Да

б) Да, али после ембарга који ће трајати до _____

в) Не

Ако је одговор не, навести разлог _____

3.1.5. Подаци неће бити депоновани у репозиторијум, али ће бити чувани.

Образложење

Подаци неће бити депоновани јер су јавно доступни.

3.2. Метаподаци и документација података

3.2.1. Који стандард за метаподатке ће бити примењен? _____

3.2.1. Навести метаподатке на основу којих су подаци депоновани у репозиторијум.

Ако је потребно, навести методе које се користе за преузимање података, аналитичке и процедуралне информације, њихово кодирање, детаљне описе варијабли, записа итд.

3.3 Стратегија и стандарди за чување података

3.3.1. До ког периода ће подаци бити чувани у репозиторијуму? _____

3.3.2. Да ли ће подаци бити депоновани под шифром? Да Не

3.3.3. Да ли ће шифра бити доступна одређеном кругу истраживача? Да Не

3.3.4. Да ли се подаци морају уклонити из отвореног приступа после извесног времена?

Да Не

Образложити

4. Безбедност података и заштита поверљивих информација

Овај одељак МОРА бити попуњен ако ваши подаци укључују личне податке који се односе на учеснике у истраживању. За друга истраживања треба такође размотрити заштиту и сигурност података.

4.1 Формални стандарди за сигурност информација/података

Истраживачи који спроводе испитивања с људима морају да се придржавају Закона о заштити података о личности (https://www.paragraf.rs/propisi/zakon_o_zastiti_podataka_o_licnosti.html) и одговарајућег институционалног кодекса о академском интегритету.

4.1.2. Да ли је истраживање одобрено од стране етичке комисије? Да Не

Ако је одговор Да, навести датум и назив етичке комисије која је одобрила истраживање

4.1.2. Да ли подаци укључују личне податке учесника у истраживању? Да Не

Ако је одговор да, наведите на који начин сте осигурали поверљивост и сигурност информација везаних за испитанике:

а) Подаци нису у отвореном приступу

б) Подаци су анонимизирани

ц) Остало, навести шта

5. Доступност података

5.1. Подаци ће бити

а) јавно доступни

б) доступни само уском кругу истраживача у одређеној научној области

ц) затворени

Ако су подаци доступни само уском кругу истраживача, навести под којим условима могу да их користе:

Ако су подаци доступни само уском кругу истраживача, навести на који начин могу приступити подацима:

5.4. Навести лиценцу под којом ће прикупљени подаци бити архивирани.

6. Улоге и одговорност

6.1. Навести име и презиме и мејл адресу власника (аутора) података

Јована Бонцић, jovanassimic@gmail.com

6.2. Навести име и презиме и мејл адресу особе која одржава матрицу с подацима

Јована Бонцић, jovanassimic@gmail.com

6.3. Навести име и презиме и мејл адресу особе која омогућује приступ подацима другим истраживачима

Јована Бонцић, jovanassimic@gmail.com