

PRIPRAVLJENOST NA NESREČE Z NEVARNIMI SNOVMI V SLOVENIJI

Cilj projekta	Pomoč pri prevzemu in načrtovanju izvajanja direktive Seveso II v Sloveniji
Uporabnik	Ministrstvo za obrambo RS Ministrstvo za okolje, prostor in energijo RS
Naročnik	Generalni direktorat evropske komisije za okolje, jedrsko varnost in civilno zaščito Generalni direktorat evropske komisije za širitev
Rezultati projekta	1. Smernice in metode za ugotavljanje nevarnosti za večje nesreče in ocenjevanje tveganj 2. Smernice za izdelavo načrtov zaščite in reševanja 3. Vzorčna študija za izbrano slovensko organizacijo in službo za zaščito, reševanje in civilno zaščito na občinski ravni 4. Delavnica o pripravi načrtov zaščite in reševanja v organizaciji in zunaj organizacije
Trajanje projekta	16.2.2001 - 7.1.2002 (oddaja potrjenega zaključnega poročila)

Seznam zaključnih poročil:

Smernice za ugotavljanje nevarnosti in ocenjevanje tveganja

Možne nesreče pri organizacijah, ki jih zajema SEVESO II

Modeliranje scenarijev nesreč in njihovih posledic

Butan plin - ugotavljanje nevarnosti in ocena tveganja

Butan plin d.o.o - praznjenje železniške cisterne, študija HAZOP

Podrobno poročilo študije HAZOP za tehnološko fazo raztovarjanja železniških vagonov in polnjenja rezervoarjev z ukrepi in priporočili za Butan plin d.o.o.



Phare

**Projekt: Pripravljenost na
nesreče z nevarnimi
snovmi v Sloveniji**

Pod-izvajalec:

Project Management Group

Pogodba št.: SL-0081.0011.01

Projekt št.: PM.00.11.01/HZ

**Naloga 1 a) – Smernice za
ugotavljanje nevarnosti in
ocenjevanje tveganja**
(360006-23-RP-101)

27. november 2002

Regional Environment Accession Project

Nethconsult - BKH Consulting Engineers

Podizvajalci: • AEA Technology • URS/Dames & Moore • EPCE • Project Management Group • REC Hungary

Office Bratislava:
REGUS Centre – Námestie 1. Mája 11, 811 06, Bratislava, Slovak Republic
Telephone: + 421 7 59 39 61 34 Telefax: + 421 7 59 39 63 16
E-mail: reap@regus.sk

Office Delft:
P.O.Box 5094, 2600 GB Delft, The Netherlands
Telephone: + 31 15 26 25 299 Telefax + 31 15 26 19 326
E-mail: sbu@bkh.nl

Povzetek projekta

Naslov projekta	Pripravljenost na nesreče z nevarnimi snovmi v Sloveniji
Številka pogodbe	SL-0081.0011.01
Uporabnik	Ministrstvo za obrambo RS Ministrstvo za okolje, prostor in energijo RS
Naročnik	Generalni direktorat evropske komisije za okolje, jedrsko varnost in civilno zaščito Generalni direktorat evropske komisije za širitev
Cilj projekta	Pomoč pri uvedbi direktive Seveso II v Sloveniji
Rezultati projekta	<ol style="list-style-type: none">1. Smernice in metode za ugotavljanje nevarnosti za večje nesreče in ocenjevanje tveganj2. Smernice za izdelavo načrtov zaščite in reševanja3. Vzorčna študija za izbrano slovensko organizacijo in službo za zaščito, reševanje in civilno zaščito na občinski ravni4. Delavnica o pripravi načrtov zaščite in reševanja v organizaciji in zunaj organizacije
Glavne dejavnosti	<ol style="list-style-type: none">1. Priporočiti metode za določanje nevarnosti v organizacijah, ki jih zajema SEVESO II direktiva2. Izdelati smernice za pripravo načrtov zaščite in reševanja3. Ugotoviti primerno organizacijo za pripravo vzorčne študije4. Za izbrano organizacijo izdelati oceno tveganja in načrt zaščite in reševanja ob večjih nesrečah5. Izvesti delavnico na temo izdelave načrtov zaščite in reševanja
Pričetek projekta	16.2.2001
Zaključek projekta	7.1.2002, oddaja potrjenega zaključnega poročila

VSEBINA

0.	PREGLEDNICA KRAJŠAV	4
1.	POVZETEK	5
2.	UVOD	6
3.	KONCEPT TVEGANJA	7
	3.1 Obvladovanje tveganj	8
	3.2 Ocena tveganja	9
	3.3 Zniževanje tveganja	10
4.	UGOTAVLJANJE NEVARNOSTI	11
	4.1 Nevarnosti za večje nesreče	11
	4.2 Metode, tehnike in orodja za ugotavljanje nevarnosti	12
	4.3 Povzetek o metodah, tehnikah in orodjih za ugotavljanje nevarnosti	16
	4.4 Izbor nevarnosti za večje nesreče za nadaljnjo obravnavo	19
5.	OCENJEVANJE POSLEDIC IN POGOSTNOSTI	20
	5.1 Določitev scenarija za nesrečo	20
	5.2 Modeliranje posledic	22
	5.3 Meteorološka situacija	28
	5.4 Ocenjevanje pogostnosti (analiza frekvenc)	31
	5.5 Nezanesljivosti pri vrednotenju posledic in pogostnosti	33
	5.6 Ocena tveganja za okolje	34
6.	ZNIŽEVANJE TVEGANJA	38
	6.1 Zniževanje tveganja	38
	6.2 Analiza stroškov in koristi	39
	6.3 Princip ALARP	39
7.	LITERATURA	41

0. PREGLEDNICA KRAJŠAV

Preglednica uporabljenih krajšav v tem poročilu (podajamo originalni angleški in prevedeni pomen):

AEGL	Acute Exposure Guideline Levels; Orientacijske mejne ravni pri akutni (kratkotrajni) izpostavljenosti
ALARP	As Low As Reasonably Practicable; Tako nizko kot je praktično izvedljivo in smiselno
BOD	Biological Oxygen Demand; Biološka potreba po kisiku (BPK)
BLEVE	Boiling Liquid Expanding Vapour Explosion; Eksplozija posode stisnjenih hlapov, ki so nastali iz uparele tekočine v posodi
DTL	Dangerous Toxic Load; Nevarna obremenitev s strupenimi snovmi
EEGL	Emergency Exposure Guideline Levels; Orientacijske ravni izpostavljenosti za ukrepanje v primeru nesreče
ERPG	Emergency Response Planning Guidelines; Smernice za načrtovanje zaščite in reševanja
FMEA	Failure Mode and Effects Analysis; Analiza načina odpovedi in posledic
HAZID	Hazard Identification; Ugotavljanje (prepoznavanje) nevarnosti
HAZOP	Hazard and Operability Study; Študija delovanja sistema in virov nevarnosti
LEL	Lower Explosive Limit; Spodnja eksplozijska meja
LPG	Liquid Petroleum Gas; Utekočinjeni Naftni Plin (UNP)
MATTE	Major Accident to the Environment; Nesreča s težjimi posledicami za okolje
MSDS	Material Safety Data Sheets; Varnostni listi za nevarne snovi
PFD	Process Flow Diagram; Diagram tehnološkega procesa
PHAST	Process Hazard Analysis Software Tools; Programska orodja za analizo nevarnosti procesov
P&ID	Process and Instrumentation Drawings; Procesne merno-regulacijske sheme
SPEGL	Short-term Public Exposure Guidance Level; Orientacijske mejne vrednosti za kratkotrajno izpostavljenost splošne populacije

1. POVZETEK

Direktiva Seveso II določa, da upravljavci organizacij "dokažejo, da so analizirali nevarnosti za večje nesreče, ter sprejeli potrebne ukrepe za preprečevanje večjih nesreč in omejevanje njihovih posledic za ljudi in okolje".

To poročilo podaja smernice o metodah za:

- ugotavljanje nevarnosti, še posebej nevarnosti za večje nesreče,
- ocenjevanje posledic večjih nesreč,
- ocenjevanje pogostnosti večjih nesreč,
- pristope za odločanje glede tolerabilnosti tveganj, povezanih z večjimi nesrečami z nevarnimi snovmi.

V okviru projekta in pri izdelavi poročil so sodelovali:

Vodja projekta:

Eileen Lee,
Project Management Ltd

Ocenjevanje tveganj/načrtovanje ukrepanja ob nesreči:

Pat Swords,
Project Management Ltd
Karen Harrington,
Project Management Ltd
Doc.dr. Branko Kontić,
Institut Jožef Stefan
Dr. Marko Gerbec,
Institut Jožef Stefan

Predstavnici uporabnikov:

Jasmina Karba,
Ministrstvo za okolje, prostor in energijo RS
Andreja Ferlin-Lubi,
Ministrstvo za obrambo RS

Predstavnik MOL:

Julij Jeraj,
Oddelek za zaščito, reševanje in civilno obrambo

Predstavnika Butan Plina, d.d.:

Janez Oblak, Tehnični direktor
Norman Osrečki, varnostni inženir

2. UVOD

Dne 9. decembra 1996 je direktiva št. 96/82/EC o obvladovanju nevarnosti večjih nesreč z nevarnimi snovmi (imenovana tudi Direktiva Seveso II) nadomestila prejšnjo direktivo št. 82/501/EC. Direktiva Seveso II ima dva namena:

1. *Preprečevanje* večjih nesreč z nevarnimi snovmi.
2. *Obvladovanje in zmanjševanje posledic* večjih nesreč za ljudi in okolje.

To poročilo je bilo pripravljeno v okviru projekta pomoči EU Sloveniji pri uvajanju direktive Seveso II. Poročilo podaja smernice za ugotavljanje nevarnosti in oceno tveganja v smislu skladnosti z Direktivo Seveso II. To je eno od poročil, ki so bila pripravljena v okviru omenjenega projekta. Vsa poročila so navedena v tabeli 2-1.

Tabela 2-1: Seznam poročil.

Poročilo št.	Naloga	Naslov poročila
Naloga 1 – Pripravljenost na zaščito in reševanje		
360006-23-RP-101	1 a)	Smernice za ugotavljanje nevarnosti in ocenjevanje tveganja
360006-23-RP-102	1 b)	Možne nesreče pri organizacijah, ki jih zajema direktiva SEVESO II
360006-23-RP-103	1 c)	Modeliranje scenarijev nesreč in njihovih posledic
360006-23-RP-104	1 d)	Smernice za izdelavo načrtov zaščite in reševanja v gospodarskih družbah, zavodih in drugih organizacijah
360006-23-RP-105	1 e)	Smernice za izdelavo načrtov zaščite in reševanja zunaj organizacije
Naloga 2 - Vzorčna študija za izbrano slovensko organizacijo in službo za zaščito, reševanje in civilno zaščito na občinski ravni		
360006-23-RP-106	2 a)	Butan Plin - Ugotavljanje nevarnosti in ocena tveganja
360006-23-RP-107	2 b)	Butan Plin - Praznjenje železniške cisterne, študija HAZOP
360006-23-RP-108	2 c)	Butan Plin - Načrt zaščite in reševanja
360006-23-RP-109	2 d)	Občinski načrt zaščite in reševanja ob nesreči v podjetju Butan Plin
Naloga 3 – Usposabljanje		
Materiali za delavnico	3 b)	Delavnica o pripravi načrtov zaščite in reševanja

3. KONCEPT TVEGANJA

Tveganje lahko definiramo kot "možnost pojava česa neugodnega" ali bolj specifično, kot verjetnost za pojav nezaželenega dogodka v določenem časovnem obdobju ali v določenih okoliščinah [1, 2]. Zapisano bolj enostavno, tveganje je kombinacija pogostnosti pojava dogodka in njegovih posledic [3]. Tveganje mora vedno vsebovati vsaj dve sestavini, to sta pogostnost in posledice. Na splošno lahko tveganje izrazimo:

1. kvalitativno, na primer, veliko, srednje, nizko.
2. Pol-kvantitativno, kjer je ena od sestavin izražena kvalitativno, druga pa kvantitativno, v skupnem prikazovanju pa ju prikazujemo pol kvantitativno. Primer takega izražanja je normalizacija na lestvici od 1 do 5, ki jo uporabljamo največkrat za potrebe medsebojnega primerjanja tveganja.
3. Kvantitativno, z izračunom pogostnosti (ali frekvence) za pojav določenega dogodka in potencialnih posledic tega dogodka.

Primerjava kvantitativnih in kvalitativnih tehnik za oceno tveganj je podana v tabeli 3-1.

Tabela 3-1: Primerjava kvantitativnih in kvalitativnih tehnik za oceno tveganj.

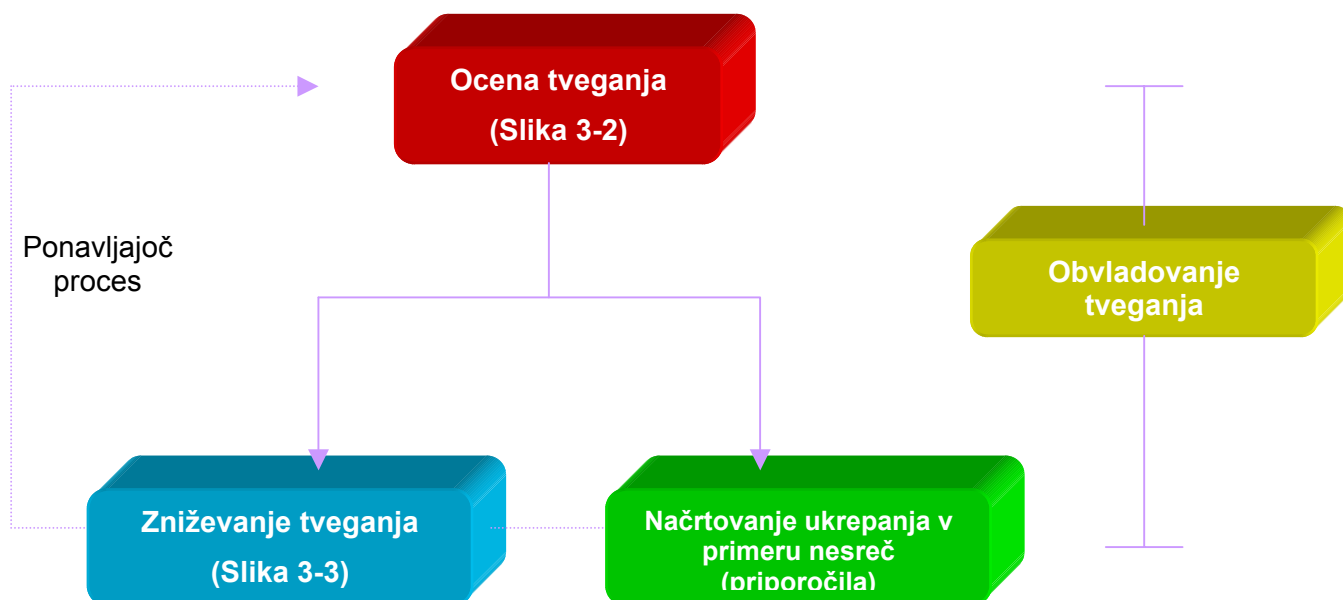
Kvantitativno	Kvalitativno
S številom in mersko enoto izražena frekvenca za pojavljanje nezaželenega dogodka.	Ocena brez številčne vrednosti in merske enote; možno je podajanje obdobja za pojavljanje dogodka.
Zelo odvisno od točnih podatkov.	Zelo odvisno od presoje, izkušenj in priporočil.
Delovno intenzivno in zato dražje.	Manj časovno zahtevno.
Objektivizirano, a še vedno odvisno od ustreznih presoj.	Subjektivno, temelji na preferencah in vrednostnih sodbah.

3.1 Obvladovanje tveganj

Za nevarnosti s potencialom za večje nesreče je potrebno dokazati, da se jih ustrezno obvladuje. Proces obvladovanja tveganj je zahteven proces, ki je sestavljen iz ocene tveganja, zmanjševanja tveganja ter načrtovanja ukrepov zaščite in reševanja za primere nesreč. Obvladovanje tveganja je ponavljajoč se proces, ki sestoji iz naslednjih korakov:

- izdelava ocene tveganja,
- sprejem ukrepov ob večjih nesrečah,
- ugotavljanje možnosti za zniževanje tveganja,
- izvedba analize stroškov in koristi za alternativne možnosti zniževanja tveganja,
- izvedba ustreznih ukrepov za zniževanje tveganja tako nizko, kot je to praktično izvedljivo in smiselno (ALARP).

Koraki so predstavljeni na sliki 3-1.



Slika 3-1: Obvladovanje tveganja.

Obvladovanje tveganja pomeni nenehno opredeljevanje nevarnosti in oceno z njimi povezanih tveganj. Proces obvladovanja tveganja obsega tudi pregledovanje ukrepov za zmanjšanje tveganja, da se zagotovi njihova ustreznost, in zajema tudi načrtovanje ustreznih ukrepov za zmanjšanje posledic nesreče.

To poročilo obravnava proces obvladovanja tveganj od ugotavljanja in razvrščanja nevarnosti do opredelitve in ocene scenarijev nesreč z oceno tveganja. Upošteva tudi zniževanje tveganja in koncept ALARP.

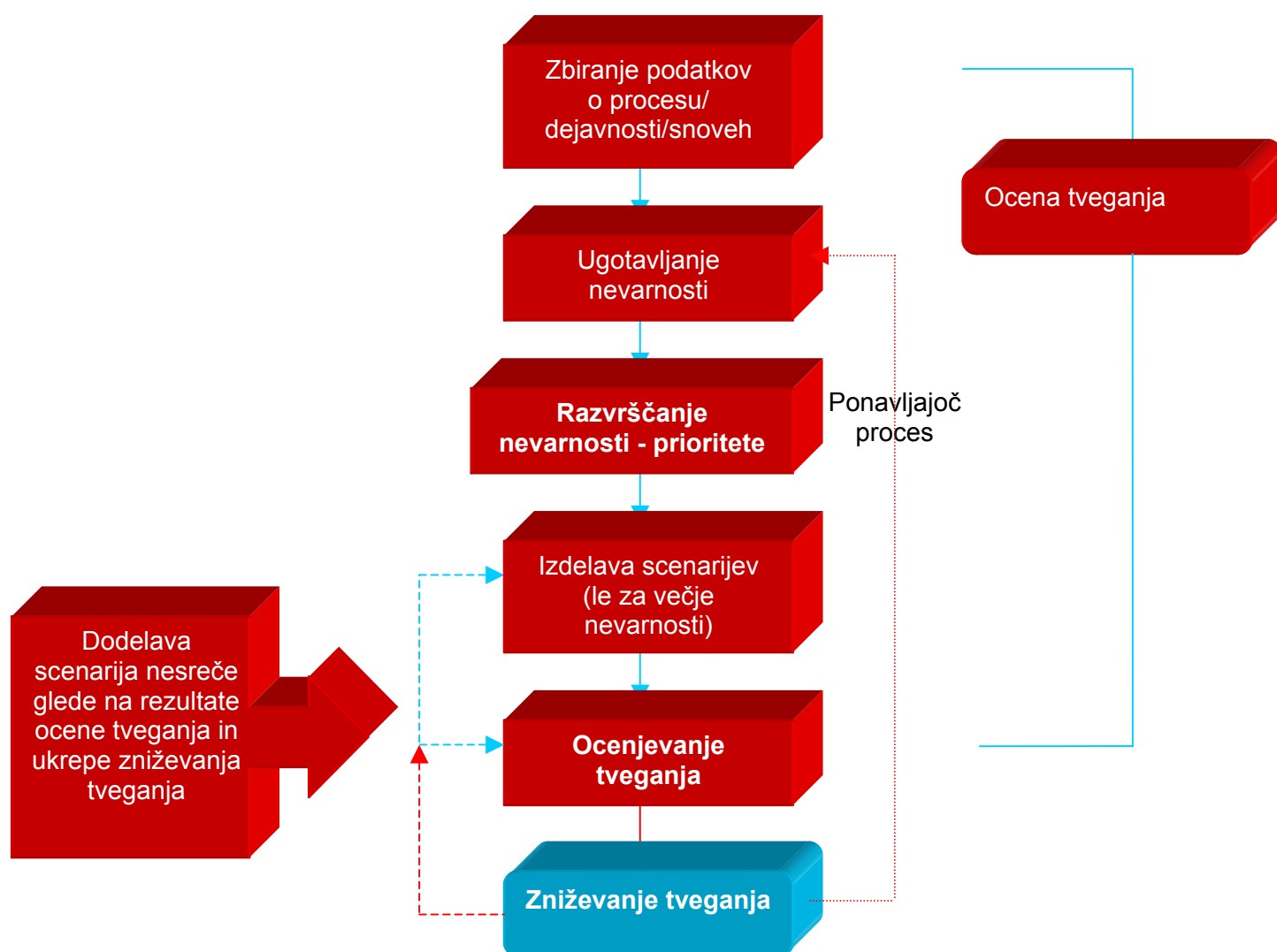
Smernice za izdelavo načrtov zaščite in reševanja so podrobneje opisane v poročilih 360006-23-RP-104 in 360006-23-RP-105.

3.2 Ocena tveganja

Postopek izdelave ocene tveganja obsega naslednje glavne korake:

- ugotavljanje nevarnosti (v smislu direktive Seveso II, nevarnosti za večje nesreče),
- razumevanje vrste nevarnosti,
- ocena možnih posledic (trenutnih in verižnih),
- ocena pogostnosti, da pride do izrednih dogodkov (nesreče),
- kombinacija pogostnosti izrednih dogodkov in njihovih posledic – ocena tveganja.

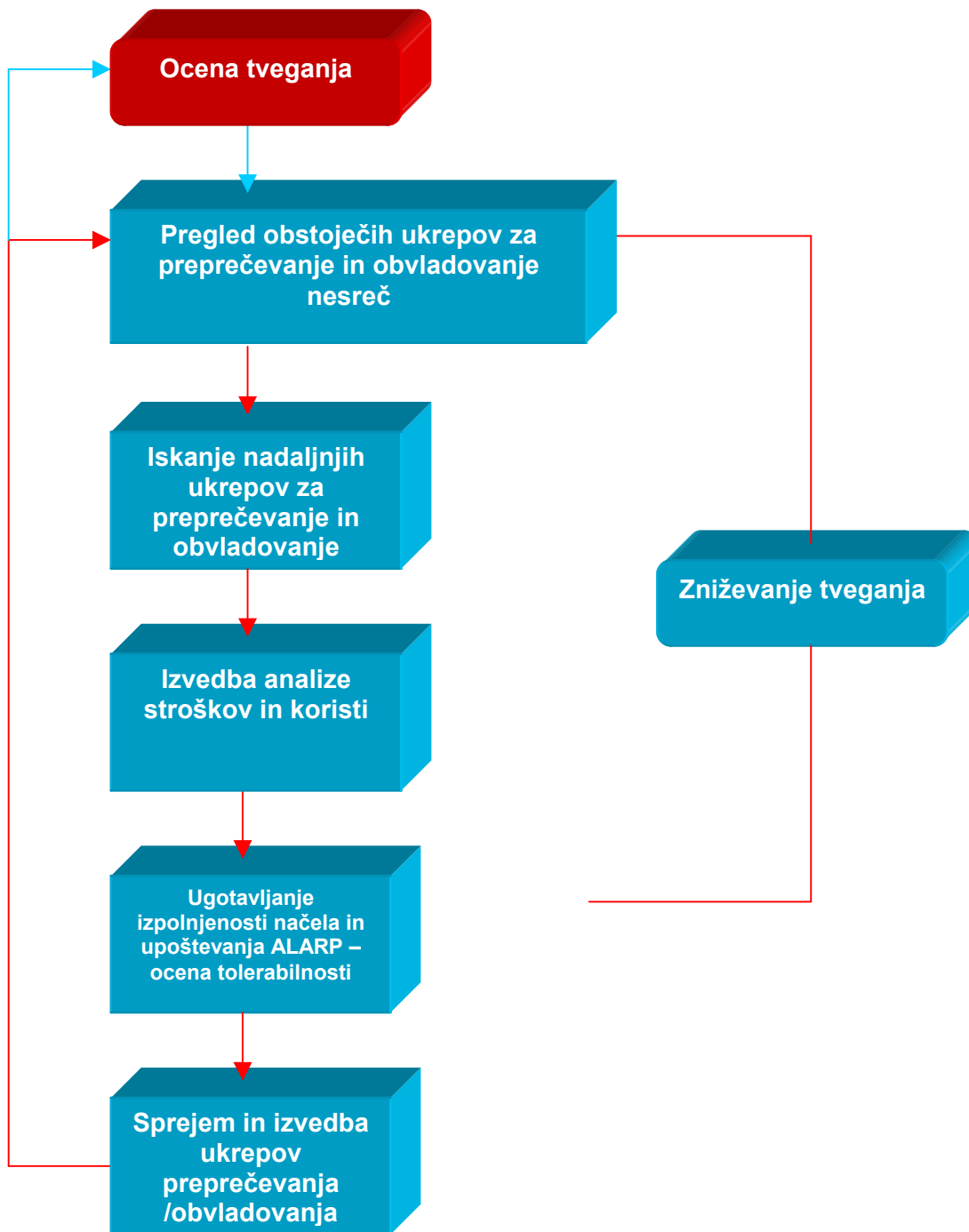
Koraki so shematsko prikazani na sliki 3-2.



Slika 3-2: Ocena tveganja.

3.3 Zniževanje tveganja

Zniževanje tveganja pomeni prepoznavanje, presojo, izbor in izvedbo ukrepov za zniževanje tveganja. Ta faza običajno sledi po prvi oceni tveganja. Cilj zniževanja tveganja je zmanjšati verjetnost za škodo in omejiti posledice v primeru nesreče, dokler ni preostalo tveganje v skladu z ALARP. Faze zniževanja tveganja so prikazane na sliki 3-3.



Slika 3-3: Zniževanje tveganja.

4. UGOTAVLJANJE NEVARNOSTI

Nevarnost izvira iz lastnosti snovi ali fizičnega stanja, s potencialom da škoduje zdravju ljudi in/ali okolju [4]. V obratih, kjer uporabljajo nevarne snovi, nevarnosti včasih niso same po sebi razvidne, zato je bilo razvitih več metod za ugotavljanje nevarnosti. Cilj teh metod in tehnik je, da se ugotovijo vse nevarnosti in da ob tem ne bi katero spregledali; da bi to dosegli, moramo včasih uporabiti več tehnik/metod. Ne glede na izbrano tehniko (ali metodo), je potrebno za ugotavljanje nevarnosti pridobiti naslednje podatke:

- podatke o snoveh: lastnosti snovi določajo možno nevarnost, kot na primer strupenost za ljudi ali okolje, vnetljivost ali potencial za eksplozijo. Ti podatki so potrebni za oceno možnih posledic in določitev scenarija nesreče. Potrebni so podatki o surovinah, intermediatih (pol-proizvodih), proizvodih, stranskih produktih in odpadkih. V organizaciji naj bi bili dostopni varnostni listi (MSDS) za vse prisotne snovi, s katerimi pa morda v posameznih primerih ne bo možno zagotavljati vseh potrebnih in ustreznih informacij.
- Podatke o tehnološkem procesu: potreben je celovit in izčrpen opis potencialov za večje nesreče, kot so na primer eksotermne reakcije, ter možna izguba nadzora nad kemijsko reakcijo. Podatki naj opisujejo naslednja stanja in postopke:
 - začetek procesa (zagon),
 - obratovanje (redno),
 - zaustavitev obratovanja (redno),
 - nenadna (zasilna) zaustavitev,
 - vzdrževanje.
- Diagrame tehnološkega procesa (PFD) in sheme njegove merno-regulacijske opreme (P&ID),
- opis lokacije organizacije in bližnje okolice, da se celostno oceni potencial za povzročitev večje nesreče predvsem glede težjih posledic za okolje (MATTE),
- obstoječa, že izdelana poročila o ugotovljenih nevarnostih in ocenah tveganja.

4.1 Nevarnosti za večje nesreče

Direktiva Seveso II obravnava večjo nesrečo kot nenadzorovan dogodek pri obratovanju organizacij, ki jih zajema, in ki ima za posledico večji izpust nevarne snovi v okolje, požar ali eksplozijo. V tem smislu ima omenjeni nenadzorovani dogodek za posledico resne grožnje za zdravje ljudi in/ali okolje, ki so lahko takojšnje ali zakasnele, znotraj ali zunaj organizacije, in ki vključujejo eno ali več nevarnih snovi. Možni viri večjih nesreč so (prepoznane) nevarnosti za večje nesreče. V splošnem velja, da so nevarnosti za večje nesreče povezane z dogodki nizke pogostnosti, vendar težkimi posledicami. Direktiva Seveso II sicer upošteva tudi pogostost večjih nesreč, a daje poudarek njihovim potencialnim posledicam.

4.2 Metode, tehnike in orodja za ugotavljanje nevarnosti

Dobra metoda za ugotavljanje nevarnosti je tista, ki na sistematičen način zagotavlja preverjanje vseh sestavin obravnavanega sistema, od dejavnosti do snovi. Glavni rezultat ugotavljanja nevarnosti je seznam nevarnosti in njihovih potencialnih virov.

Najprimernejši pristop za ugotavljanje virov nevarnosti je uporaba izčrpnih, poglobljenih izkušenj osebja obrata, vodilnega osebja, tehnologov, kemikov in operaterjev. Skupinsko delo zniža ekstremnost in poudarjeno subjektivnost presoj, omogoča večji obseg dela in upoštevanje več izkušenj.

Obstajajo številne tehnike, metode in orodja za ugotavljanje nevarnosti. V splošni uporabi so:

- kontrolni sezname (tehnika in orodje),
- HAZOP (metoda),
- kaj če? (tehnika),
- Indeksi nevarnosti (tehnika in orodje),
- FMEA (metoda),
- ugotavljanje nevarnosti za večje nesreče (metoda in tehnika).

Podrobnejša razlaga je podana v nadaljevanju, povzetek vsake pa je podan v tabeli 4-3.

4.2.1 Kontrolni sezname

Kontrolni sezname vsebujejo serijo vprašanj, ki sprašujejo o nevarnostih, ki jih želimo ugotoviti in tako spodbujajo pozornost ocenjevalcev. V osnovi so to enostavni načini uporabe izkušenj drugih pri načrtovanju procesa ali analizi delovanja obstoječega sistema z namenom zagotoviti, da česa ne spregledamo.

Kontrolni sezname morajo biti prilagojeni stopnji pregleda obrata; na začetku naj vsebujejo vprašanja o lastnostih snovi in osnovnih lastnostih procesa, nadaljujejo pa se lahko z vprašanji, ki zadevajo načrtovanje in obratovanje organizacije in končno sisteme za operativni nadzor ter sisteme vodenja in upravljanja.

4.2.2 HAZOP študije

HAZOP študije se uporabljajo predvsem za ugotavljanje potencialnih nevarnosti zaradi delovanja sistema in so koristne zlasti v fazi načrtovanja novih in sprememb obstoječih sistemov, uporabljajo pa se tudi za preverjanje in revizije trenutno delujočih.

HAZOP je skupinsko delo, pri katerem se analizirajo procesni in drugi načrti z uporabo vodilnih besed in možnih odstopanj. Skupina običajno obsega 6-8 ljudi, med katerimi je vodja tisti z največ izkušnjami, vključuje pa tudi ljudi, ki so sodelovali pri načrtovanju/projektiranju procesa oziroma sodelujejo pri njegovem obratovanju. Študija potrebuje podrobne sheme in načrte procesnih postopkov in opreme. Pri izvajanju HAZOP študije ob načrtovanju obrata naj bo proces načrtovanja v fazi, ko je proces po eni strani dovolj podrobno opredeljen, a je še zmeraj možno upoštevati spremembe na podlagi zaključkov HAZOP študije.

Izvajanje HAZOP študije je podrobneje opisano v publikaciji združenja kemijske industrije (Chemical Industries Association publication [5]).

Za potrebe študije HAZOP se proces razdeli na podsisteme, kot so na primer reaktorji, posode/rezervoarji, cevovodi, nakar uporabimo vodilne besede in vprašanja za vsak podsistem posebej. Običajne vodilne besede so: tlak, temperatura, pretok in nivo. Sprašujemo o odstopanjih, in sicer ali je pričakovati več (tlaka/pretoka), manj/brez (ogrevanja – temperature) v določenih obratovalnih pogojih, itd.. Za vsako kombinacijo vodilne besede in odstopanja, kot so na primer previsok pretok, prenizek tlak, se skupina vpraša ali se to lahko zgodi (vzrok, pogostnost), ali so odstopanja lahko vzrok za nevarnosti ali operativne težave med obratovanjem (vmesna nezaželena stanja, ki lahko ob nadaljnjem razvoju prinesejo posledice), kakšni zaščitni ukrepi že veljajo (zaščita) in ali je obstoječ nivo zaščite zadosten, oziroma kakšni dodatni varnostni ukrepi so potrebni (akcija). Vsi potrebni dodatni varnostni ukrepi naj bi bili eksplicitno evidentirani, preverjeni na izvedbeni ravni in ocenjeni s stališča uspešnosti (ali smo rešili problem).

4.2.3 Kaj če?

Ta tehnika uporablja serijo vprašanj tipa "Kaj če?", na primer: kaj če odpove črpalka? Običajno se uporablja v fazi načrtovanja procesa in potrebuje izkušeno ekipo, da pregleda celoten načrt s postavljanjem ustreznih vprašanj. Vprašanja so lahko vodena ob uporabi kontrolnih seznamov, ki so dopolnitev izkušnjam članov ekipe.

Odgovori na vprašanja lahko pokažejo na nevarnosti, ki jih je treba odstraniti ali se zaščititi pred njimi. Za to tehniko je značilno intenzivno razmišljanje v skupini, ki ima izkušnje z obravnavano ali podobno opremo. Tehnika je manj celovita kot HAZOP in je bolj odvisna od izkušenj skupine, ki izvaja pregled.

4.2.4 FMEA

FMEA – analiza načina odpovedi in posledic je analitska metoda, ki uporablja pregled potencialnih načinov odpovedi ali okvar procesnih enot. Ukvarja se z vzroki in posledicami. V splošnem se uporablja v elektronskih, električnih in mehanskih sistemih ali opreми. Ekipo, ki izvaja FMEA, išče v preiskovanem sistemu potencialne načine odpovedi za vsak sestavni element in potencialne posledice. Analiza se običajno prične s pregledom sheme, ki prikazuje posamezne sestavine sistema. Upoštevajo se tudi ukrepi za preprečevanje nesreč in za njihovo obvladovanje z namenom razvoja varnejšega sistema.

4.2.5 Indeksi nevarnosti

Indeksi nevarnosti predstavljajo kvantitativno indikacijo za potencialno nevarnost. Uporabljajo se v začetni fazi načrtovanja novega obrata. Indekse lahko uporabimo za razvrščanje različnih komponent procesa na osnovi nevarnosti za požar, eksplozijo ali izpust strupenih snovi. Tako lahko izdelamo prioriteten seznam nevarnosti na osnovi pričakovanih posledic in izberemo scenarije za potencialne nesreče za nadaljnjo obdelavo. Na razpolago so podrobna navodila za izpeljavo različnih faktorjev nevarnosti in faktorjev ugodnih vplivov iz opisa procesa, opreme, nadzornih in varnostnih sistemov. Na osnovi teh numeričnih faktorjev se kasneje razvijejo indeksi za nevarnost požara, eksplozije in zastrupitve. Na razpolago so naslednji indeksi:

- **Indeks DOW za požar in eksplozijo (Dow FEI)**

Indeks podjetja DOW za požar in eksplozijo (FEI) je najbolj razširjen. Indeks so prvotno razvili kot priporočilo za izbiro ustreznega načina požarne zaščite.

Na osnovi izračunanega indeksa za požar in eksplozijo in indeksa za posledice, se lahko določi ustrezno požarno zaščito in določi največjo verjetno škodo na lastnini.

- **Indeks MOND za požar, eksplozijo in strupenost (Mond FETI)**

Indeks podjetja Mond za požar, eksplozijo in strupenost FETI je razširjen indeks podjetja Dow. Vsebuje podobno izdelavo začetne ocene nevarnosti in upošteva tudi nevarnost za zastrupitev.

4.2.6 Ugotavljanje nevarnosti za večje nesreče

Ugotavljanje nevarnosti za večje nesreče je skupinsko delo za opredelitev/ugotovitev nevarnosti večjih nesreč v organizaciji. Takšen pregled običajno podrobneje obravnava naslednje nevarnosti:

- izpust vnetljive snovi in njen vžig,
- eksplozija,
- večji izpust in onesnaženje okolja,
- reakcije, ki uidejo nadzoru,
- izpust strupene snovi.

Ta metoda zahteva od članov skupine izkušnje ter dobro poznavanje obravnavanega sistema in delovnega procesa. Metoda predvideva razdelitev obrata na posamezna področja in postopke-procese. Znotraj posameznih ožjih področij se razišče postopke in procese glede možnih nevarnosti za večje nesreče. Običajno se razišče le tista področja, znotraj katerih obstaja možnost za nastanek večje nesreče, na primer področja, kjer se uporabljajo ali skladiščijo nevarne snovi.

Direktiva Seveso II obravnava le nevarnosti za nastanek večjih nesreč. Zato se razvrščanje nevarnosti za večje nesreče izvaja v povezavi z ugotavljanjem nevarnosti. Razvrščanje nevarnosti vključuje določitev njene frekvence in kategorije posledic za vsako ugotovljeno nevarnost. Zelo koristna je uporaba obstoječih podatkov o obratu, kot so na primer prejšnje ocene tveganj in podatki o nesrečah (tudi o nesrečah s srečnim koncem oziroma obvladanih), da lahko kvalitativno določimo kategorije frekvenc in možnih posledic. S pomočjo matrike tveganja se lahko nato z numeričnim zapisom, to je pol-kvantitativno, zapišejo tveganja, kar omogoča razvrščanje nevarnosti za njihovo naknadno podrobnejšo obravnavo.

a) Kategorije frekvenc

Gre za kategorije frekvenc nevarnih izrednih dogodkov. Pri določevanju ustreznih kategorij frekvenc se upoštevajo informacije o proizvodnih procesih in podatki o nesrečah, ki so se v organizacijah obravnavanega ali podobnega tipa zgodile v preteklosti. V tabeli 4-1 je prikazano, kako lahko kvalitativno izrazimo kategorije frekvenc. Te kategorije izbere upravljavec obravnavane organizacije.

Tabela 4-1: Kategorije frekvenc.

Kategorija	Definicija
Visoka (H)	Dogodek se je že zgodil ali se pričakuje, da se večkrat pojavi v življenjski dobi obrata (20 - 30 let)
Srednja (I)	Dogodek se lahko pripeti v življenjski dobi obrata
Nizka (L)	Dogodka ni pričakovati v obravnavanem obratu, možno pa je, da se pripeti kjerkoli na svetu v podobnem obratu
Zelo nizka (R)	Ni verjetno, da se ob trenutni tehnologiji dogodek pojavi kjerkoli v podobnih obratih v obdobju 100 let

b) Kategorije posledic

Težo posledic lahko opišemo kvalitativno. Tako lahko opišemo posledice v obliki potencialnih smrtnih žrtev, poškodovanih, posledic za zdravje in škodo v okolju v obliki, kot so prikazane v tabeli 4-2. Kategorije posledic izbere upravljavac organizacije.

Tabela 4-2: Kategorije posledic.

Kategorija	Definicija
Katastrofalne	Smrt, nepovratna škoda v okolju, uničenje proizvodnje
Večje	Težje poškodbe, težje poklicne bolezni, dalj časa trajajoče škode v okolju, večja gospodarska škoda
Manjše	Manjše poškodbe, manjša poklicna obolenja, kratkotrajne škode v okolju ali manjše gospodarske škode
Zanemarljive	Malenkostno/brez poškodb, malenkostno/brez poklicnih bolezni, malenkostno/brez škode v okolju ali brez gospodarske škode

c) Kategorije tveganja

Kombinacije med kategorijami posledic in frekvenc so razvidne iz matrike tveganj, ki olajša napoved tveganja, povezanega s posamezno nevarnostjo. Matrika, ki se lahko uporablja za ugotavljanje nevarnosti za večje nesreče, je prikazana na sliki 4-1.

Frekvenca	Posledice			
	Katastrofalne (C)	Večje (S)	Manjše (M)	Zanemarljive (N)
Visoka (H)	1	1	2	3
Srednja (I)	1	1	2	3
Nizka (L)	1	2	3	3
Zelo nizka(R)	2	3	3	3

Slika 4-1: Matrika za razvrščanje nevarnosti.

1. Predstavlja nevarnost prve stopnje, oziroma prvo kategorijo nevarnosti (ker so pričakovana tveganja največja).
2. Predstavlja nevarnost druge stopnje, oziroma drugo kategorijo nevarnosti (zaradi pričakovanega srednje velikega tveganja).
3. Predstavlja nevarnost tretje stopnje, oziroma tretjo kategorijo nevarnosti (zaradi pričakovanega nizkega tveganja).

Matrika daje poseben poudarek možnim posledicam. To je primerno pri ugotavljanju nevarnosti za večje nesreče, saj je za to vrsto nevarnosti značilna kombinacija nizke pogostnosti dogodkov in težkih posledic.

4.3 Povzetek o metodah, tehnikah in orodjih za ugotavljanje nevarnosti

Povzetek metod, tehnik in orodij za ugotavljanje nevarnosti, ki so bile opisane v poglavju 4.2, je podan v tabeli **4-3**. Opisane so prednosti, slabosti in uporabnost glede na nevarnosti večjih nesreč.

Tabela 4-3: Metode/tehnike/orodja za ugotavljanje nevarnosti.

Metoda/ tehnika/orodje	Prednosti	Pomanjkljivosti	Primernost za ugotavljanje nevarnosti za večje nesreče
Kontrolni sezname	<p>Splošno uporabno za primerjalno analizo ugotavljanja znanih nevarnosti in zagotavljanja upoštevanja standardov.</p> <p>Uporabno za vse faze projekta, od načrtovanja, do obratovanja.</p> <p>Enostavno tehniko lahko uporabi posameznik ali skupina.</p> <p>Obsežno usposabljanje ni potrebno.</p> <p>Običajno pripravljeno na podlagi izkušenj.</p> <p>Podrobnosti so lahko prilagojene konkretnim potrebam.</p> <p>Razkrijemo lahko pomanjkanje podatkov ali ugotovimo potrebo po podrobnejših ocenah.</p>	<p>V splošnem ugotavlja le splošno znane nevarnosti.</p> <p>Odvisno od smotrnosti in uporabnosti seznamov.</p> <p>Odvisno od izkušenj osebe/skupine.</p>	<p>Primerno kot podpora procesu ugotavljanja nevarnosti za večje nesreče.</p>
Kaj-če	<p>Mešana strokovna skupina pregleda proces ob uporabi vprašanj "kaj-če?" z namenom ugotoviti posledice odpovedi opreme, odstopanj od načrtovanih/delovnih ciljev ali napak pri vodenju.</p> <p>Enostavno za uporabo.</p> <p>Logična tehnika, ki ni časovno zahtevna.</p>	<p>Odvisna od izkušenj posameznika /skupine.</p>	<p>Primerno kot podpora procesu ugotavljanja nevarnosti za večje nesreče.</p>
HAZOP	<p>Sistematično, celovito preverjanje procesa, inženirskih in obratovalnih postopkov za nove ali obstoječe obrate.</p> <p>Mešana strokovna skupina pregleda načrt z namenom ugotoviti odstopanja od načrta in obratovalnih navodil ob uporabi "vodilnih besed"</p>	<p>Omejitev so vodilne besede (ki pa jih lahko spreminjamo in dodajamo).</p> <p>Potrebno precej časa in osebja.</p> <p>Za učinkovito uporabo metode je potrebna usposobljenost vodje in</p>	<p>Zelo uporabna za pridobivanje podatkov v procesu ugotavljanja nevarnosti za večje nesreče.</p>

Metoda/ tehnika/orodje	Prednosti	Pomanjkljivosti	Primernost za ugotavljanje nevarnosti za večje nesreče
	<p>obratovalnih navodil ob uporabi "vodilnih besed".</p> <p>Metodo lahko uporabimo za vsako opremo ali dejavnost z znanim načrtovanim namenom.</p> <p>Vodilne besede lahko prilagajamo.</p>	<p>zapisnikarja.</p>	
Analiza načina odpovedi in posledic (FMEA)	<p>Standardna metoda za oceno zanesljivosti, običajno jo izvaja skupina.</p> <p>Še posebej uporabna za pregled nadzornih sistemov.</p> <p>Uporabno za vsak sistem, ki se ga da razstaviti na komponente.</p>	<p>Časovno zahtevna za kompleksne sisteme.</p> <p>Zelo specifična metoda za pregled sestavin sistema, namesto sistema kot celote.</p>	<p>Primerno za podporo informacijam o ugotavljanju nevarnosti za večje nesreče.</p>
Indeksi nevarnosti	<p>Ponuja enostaven sistem točkovanja in enostavno razlago rezultatov. Rezultat lahko primerjamo z vnaprej opredeljenimi kategorijami tveganj, da lahko hitro ugotovimo tveganja vezana na določeno nevarnost.</p> <p>Tehnika daje rezultate, ki omogočajo enostavno primerjavo alternativ.</p> <p>Hiter način za ugotavljanje nevarnosti.</p>	<p>Tehnika, ki zahteva učenje.</p>	<p>Primerno kot podporna informacija o ugotavljanju nevarnosti za večje nesreče.</p>
Ugotavljanje nevarnosti za večje nesreče	<p>Celovita metoda/tehnika za pregled nevarnosti posameznih procesov ali delov organizacije</p> <p>Primerno za ugotavljanje nevarnosti za večje nesreče.</p> <p>Skupinski pristop, ki zahteva izkušene člane skupine, da se posamezne nevarnosti pri pregledu ne spregledajo.</p>	<p>Odvisno od izkušenj posameznika/skupine.</p>	<p>Razširjen način za ugotavljanje nevarnosti za večje nesreče.</p>

4.4 Izbor nevarnosti za večje nesreče za nadaljnjo obravnavo

V fazi ugotavljanja nevarnosti za večje nesreče običajno ugotovimo več možnih nevarnosti. Nadaljnje obravnavanje vseh ugotovljenih nevarnosti običajno ni potrebno. Zato potrebujemo ustrezen način za izbor nevarnosti, ki jih bomo podrobneje obdelali. Za to lahko uporabimo matriko za razvrščanje nevarnosti (glej sliko 4-1).

Po opravljeni začetni razvrstitvi lahko nevarnosti prve stopnje (prve kategorije) ločimo še v skupine glede na vrsto nevarnosti (npr., izpust strupenih snovi, izpust vnetljivih snovi). Reprezentativni primer za nadaljnjo obravnavo izberemo izmed vseh skupin glede na najhujše posledice, ki so odvisne od količine nevarnih snovi in njihovih lastnosti. Izbrani reprezentativni primer lahko označimo kot "**najtežji pričakovani primer**" večje nesreče.

Po določitvi najtežjega pričakovanega primera se pregledajo/proučijo tiste nevarnosti druge stopnje (druge kategorije), ki lahko povzročijo večje nesreče s katastrofalnimi posledicami. Te nevarnosti so v pogledu frekvence zelo redke, toda posledice nesreč, ki jih lahko povzročijo, so lahko veliko hujše kot pri "najtežjem pričakovanem primeru". Po razvrstitvi v skupine glede na vrsto nevarnosti se izmed vseh skupin določi reprezentativni primer – ponavadi predvsem za potrebe načrtovanja zaščite in reševanja. To je "**potencialno najtežji primer**" večje nesreče.

Končno razvrstimo še preostale nevarnosti iz druge in tretje stopnje (druge in tretje kategorije), ki se lahko razvijejo v nesreče z manj težkimi posledicami in je izmed vseh obravnavanih najbolj verjetno, da se lahko pripetijo. Iz teh skupin glede na vrsto nevarnosti izberemo reprezentativni primer za nadaljnjo obravnavo, ki ga ponavadi označimo kot "**najtežji verjetni primer**" večje nesreče.

5. OCENJEVANJE POSLEDIC IN POGOSTNOSTI

Ker je tveganje kombinacija nezaželenih posledic in pogostnosti, da do dogodka pride, je pri ocenjevanju tveganja potrebno obravnavati obe sestavini.

Obstajata dve osnovni kategoriji "prejemnikov" posledic, ki jih je potrebno upoštevati, ko ocenjujemo posledice večje nesreče:

- posledice za ljudi in
- posledice za okolje.

To poglavje podaja osnovne opise metod za:

- določitev scenarija nesreče (poglavje 5.1),
- oceno posledic nesreče za ljudi (poglavje 5.2),
- oceno pogostnosti pojavljanja dogodkov (poglavje 5.4),
- oceno tveganja za okolje (poglavje 5.6).

5.1 Določitev scenarija za nesrečo

Če želimo oceniti možne posledice večjih nesreč za ljudi ali okolje, moramo analizirati najprej razvoj samega dogodka in pri tem upoštevati dejanske (fizične) lastnosti posledic, ki dajejo značaj nesreči. Splošni potek nesreče bi lahko bil sledeč:

- določeni začetni dogodek ima za posledico izpust nevarne snovi. Lastnosti izpusta so odvisne od konkretne snovi, zato je ta lahko v plinastem ali tekočem agregatnem stanju, ali v kombinaciji obeh.
- V primeru, da je snov v tekočem stanju, lahko nastane luža, prav tako pa lahko pride do izhlapevanja snovi v zrak. V primeru, da je snov plin, lahko nastane plinski oblak.
- V primeru, da je snov vnetljiva, ter pride do vžiga, ima lahko požar ali eksplozija za posledico poškodbe ljudi, človeške žrtve in poškodovane stavbe. Zakasneli vžig oblaka ima lahko za posledico njegovo eksplozijo.
- V primeru, da ne pride do takojšnjega vžiga snovi, ali če snov ni vnetljiva (npr., je le strupena), snov pa je hlapljiva, oziroma je plin, potem bo prišlo do redčenja v atmosferi.
- V primeru, da gre za strupen plin in ga vdihavajo ljudje, lahko pride do zdravstvenih posledic (poškodb) in smrtnih žrtev.
- V primeru izpusta snovi v okolje (zrak, zemlja, podtalnica in površinske vode), lahko pride do škode v okolju.

Po določitvi splošnih okoliščin razvoja nesreče je potrebno podrobneje opisati/ določiti naslednje elemente/značilnosti scenarija:

5.1.1 Definicija izpusta

Izpust nevarnih snovi se opiše z določitvijo količine, načina in pogojev izpusta ter prenosa v okolju za obravnavano snov. Večina nesreč se razvije po začetnem dogodku, ki obsega izpust nevarne snovi iz običajnih pogojev hrambe, zato je ta določitev zelo pomembna.

Pri tem se upošteva:

- značilnosti dogodka (npr., razpoka, pretrganje posode).
- Trajanje izpusta, ki določa ali naj ga modeliramo kot trenutni ali kontinuirani izpust. To lahko vpliva na količino izpuščene snovi in časovni obseg trajanja dogodka in posledic.
- Fizikalno-kemijske lastnosti snovi (npr., ali je snov plin ali tekočina, strupena in/ali vnetljiva), ki določajo ustrezen način modeliranja izpusta in posledic.
- Pogoje hrambe snovi (npr. dimenzije posode in tlak), ki vplivajo na značilnosti izpusta.
- Dimenzije prostorov, gibanje zraka in prisilno zračenje za primere modeliranja izpusta strupenih snovi znotraj stavb.

Vsi uporabljeni podatki naj se nanašajo na obravnavani primer in naj čim bolj odražajo realno stanje.

5.1.2 Ranljivost prejemnikov posledic

V smislu direktive Seveso II so prejemniki posledic ljudje in okolje. Ranljivost prejemnikov je povezana z:

- občutljivostjo človeške populacije na nevarne snovi in njihove vplive,
- številom izpostavljenih ljudi in možnim časom izpostavljenosti,
- občutljivostjo izpostavljenega okolja (flora, favna in vodna telesa) na nevarne snovi in njihove vplive,
- učinkovitostjo zaščite in reševanja, kar obsega tudi ozaveščenost javnosti in pripravljenost javnih reševalnih služb.

5.1.3 Blažilni ukrepi

Blažilni ukrepi bodo vplivali na vrsto in trajanje izpusta. Nekateri primeri so:

- naprave za samodejno zaznavanje vnetljivih/strupenih izpustov ali dima/vročine,
- zaporne lopute in naprave za prisilno zaustavitev - zmanjšajo količino izpuščene snovi in preprečijo širjenje vplivov,
- lovilne posode/absorberji - pralniki omejijo možne posledice izpusta,
- protipožarni sistemi, ki uporabljajo poplavno zalivanje z vodo ali brizganje vode.

5.1.4 Verižni učinki

Verižni učinki ob večjih nesrečah lahko še poslabšajo njihove posledice in jih je zato treba upoštevati pri opredeljevanju in analizi scenarijev večjih nesreč. Primeri so:

- eksplozija posode stisnjenih hlapov, ki so nastali z uparevanjem tekočine v posodi (Boiling Liquid Expanding Vapour Explosion - BLEVE),
- izstrelki,

- odtekajoča požarna voda,
- poškodbe sosednjih skladiščnih rezervoarjev, kar lahko vodi do dodatnih izpustov, požarov in eksplozij.

5.2 Modeliranje posledic

Ocenjevanje posledic običajno obsega modeliranje zgoraj opisanih značilnosti ob uporabi enega ali več modelov za:

- modeliranje širjenja izpustov strupenih ali vnetljivih snovi,
- modeliranje požarov,
- modeliranje eksplozij.

Pred modeliranjem izbranega scenarija nesreče moramo imeti na razpolago tudi referenčne pogoje, s katerimi bomo primerjali izračunane posledice. Referenčni pogoji obsegajo:

1. primerjalne (referenčne) koncentracije za strupene snovi,
2. primerjalne ravni toplotnih obremenitev,
3. primerjalne ravni nadtlakov.

Posledice večjih nesreč zadevajo več različnih prejemnikov tveganja, osnovno pozornost pa velja posvetiti posledicam na zdravje ljudi. Takšne posledice so lahko:

- toksikološke posledice zaradi vdihavanja in izpostavljenosti strupenim snovem,
- posledice toplotne obremenitve zaradi izpostavljenosti virom toplotne energije (gorenje vnetljivih snovi, eksplozija),
- posledice nadtlakov zaradi izpostavljenosti udarnim valovom, ki jih je povzročila eksplozija.

5.2.1 Modeliranje redčenja (izpust strupenih snovi)

Izpust strupenih snovi je definiran kot izpust snovi, ki je strupena za ljudi in/ali izbrane sestavine okolja. Po izpustu strupenih snovi je možen prenos snovi v nosilnem mediju na velike razdalje.

Pri modeliranju izpustov strupenih snovi nas zanimajo koncentracije in razdalje, to je koncentracija na določeni razdalji, ali razdalja pri določeni koncentraciji. Z namenom ocenitve možnih posledic izpusta strupenih snovi s programskimi orodji izračunamo - modeliramo razdalje, kjer bodo koncentracije enake primerjalnim koncentracijam (referenčnim pogojem). Primeri primerjalnih koncentracij, objavljenih v literaturi, so:

- a) **Smernice za načrtovanje zaščite in reševanja (ERPG)**

Ameriško združenje za industrijsko higieno (American Industrial Hygiene Association - AIHA) objavlja smernice za načrtovanje zaščite in reševanja (Emergency Response Planning Guidelines - ERPG). Za ERPG smernice velja prepričanje, da so to koncentracije v zraku, pri katerih so skoraj vsi posamezniki lahko izpostavljeni za čas vsaj ene ure brez določenih posledic. Uporabljajo se tri smernice ERPG, ki določajo koncentracije posameznih snovi, ki ustrezajo naslednjim posledicam:

- ERPG-1: predstavlja najvišjo imisijsko koncentracijo določene snovi v zraku ali nevarno raven energije, pod katero skoraj vsi posamezniki, ki bi bili izpostavljeni za čas do ene ure, ne bi imeli drugih posledic za svoje zdravje kot prehodne zdravstvene vplive, ali občutili jasno zaznaven vonj.
- ERPG-2: predstavlja najvišjo imisijsko koncentracijo določene snovi v zraku ali nevarno raven energije, pod katero skoraj vsi posamezniki, ki bi bili izpostavljeni za čas do ene ure, ne bi imeli nepopravljivih posledic za svoje zdravje ali drugih simptomov, ki bi preprečili njihovo sposobnost, da se sami zaščitijo/rešijo.
- ERPG-3: predstavlja najvišjo imisijsko koncentracijo določene snovi v zraku, ali nevarno raven energije, pod katero skoraj vsi posamezniki, ki bi bili izpostavljeni za čas do ene ure, ne bi bili življenjsko ogroženi.

b) Orientacijska mejna raven pri akutni (kratkotrajni) izpostavljenosti (AEGL)

Orientacijske mejne ravni pri kratkotrajni izpostavljenosti (AEGL vrednosti) razvijajo pristojni organi v Nemčiji in ZDA na podlagi ERPG koncentracij. Te koncentracije lahko uporabimo za oceno kritičnih ravni izpostavljenosti v smislu direktive SEVESO II.

AEGL vrednosti predstavljajo najvišje ravni izpostavljenosti za različne intervale (5 minut, 30 minut, 1 ura, 4 ure, 8 ur) in za različne stopnje posledic na zdravje zaradi vplivov strupenih snovi. Tri ravni posledic strupenih snovi so:

- AEGL-1: predstavlja koncentracijo snovi v zraku, nad katero se predvideva, da bi splošno prebivalstvo vključno z občutljivimi posamezniki, občutilo opazno nelagodnost, draženje ali določene nesimptomatične vplive. Te posledice ne vplivajo na opravljenost oseb, so prehodnega značaja, ter minejejo po končani izpostavljenosti.
- AEGL-2: predstavlja koncentracijo snovi v zraku, nad katero se predvideva, da bi splošno prebivalstvo vključno z občutljivimi posamezniki, doživelo nepovratne ali druge resne, dolgotrajne negativne vplive na zdravje, ali pa bi to vplivalo na njihovo sposobnost, da se sami rešijo.
- AEGL-3: predstavlja koncentracijo snovi v zraku, nad katero se predvideva, da bi splošno prebivalstvo vključno z občutljivimi posamezniki, lahko bilo življenjsko ogroženo zaradi negativnih vplivov na zdravje.

c) Orientacijske mejne vrednosti za kratkotrajno izpostavljenost splošne populacije (SPEGL)

Orientacijske mejne vrednosti za kratkotrajno izpostavljenost splošne populacije (Short-term Public Exposure Guidance Levels - SPEGL) je pripravil ameriški Nacionalni raziskovalni svet (National Research Council - NRC), oziroma njegov toksikološki komite. Ta priporočila so razvili za skupine prebivalstva okoli vojaških baz (ki so seveda podobne skupinam prebivalstva kjerkoli). Upoštevani so vplivi na vse skupine prebivalstva. Razvili so le pet SPEGL vrednosti: za hidrazin, dimetilhidrazin, monometil hidrazin, dušikov dioksid in vodikov klorid.

d) Orientacijske ravni izpostavljenosti za ukrepanje v primeru nesreče (EEGL)

Komite za toksikologijo pri ameriškem Nacionalnem raziskovalnem svetu (NRC) je razvil orientacijske ravni za izpostavljenost strupenim snovem v primeru nesreč (EEGL - Emergency Exposure Guidance Level koncentracije). Za EEGL koncentracije velja, da jih lahko toleriramo, ker izpostavljenim posameznikom še omogočajo, da opravijo določene naloge v pogojih večjih nesreč pri izpostavljenosti od 1 do 24 ur. EEGL vrednosti približno ustrezajo zgoraj navedeni vrednosti ERPG-2.

e) Nevarna obremenitev s strupenimi snovmi (DTL)

Britanska Uprava za zdravje in varnost (UK Health & Safety Executive - HSE) izračunava Nevarne obremenitve s strupenimi snovmi (Dangerous Toxic Loads - DTL) pri svetovanju ob načrtovanju rabe prostora. Vrednosti DTL (koncentracije) se običajno navajajo v ppm, ter so ekvivalentne smrtni dozi za 1 do 5 % (LD1-5) ljudi.

Podatki o DTL vrednostih še niso na razpolago za vse snovi.

Podatki za DTL so podani v obliki dveh konstant, A in N. Vrednost DTL je odvisna od trajanja izpostavljenosti. Na osnovi predpostavke o trajanju izpostavljenosti, kar lahko pomeni, npr., čas, ki je potreben za izvedbo ukrepov, predvidenih z načrtom zaščite in reševanja, lahko izračunamo ustrezno koncentracijo v ppm za vsako snov. Komite za varstvo pred nesrečami (Committee for the Prevention of Disasters [6]) priporoča upoštevanje 30 minut za čas izpostavljenosti.

Za izračun DTL koncentracij se uporablja naslednja enačba:

$$DTL_t = \left[\frac{A}{t} \right]^{1/N}$$

kjer je čas t podan v minutah.

V primeru klora:

$$A = 1,08 \times 10^5$$

$$N = 2$$

Tako lahko izračunamo koncentracijo DTL₃₀ za klor:

$$DTL_{30} = \left[\frac{1,08 \times 10^5}{30} \right]^{1/2} = 60 \text{ ppm}$$

f) Dow Chemicalov indeks izpostavljenosti

Podjetje Dow Chemicals je razvilo indeks akutne izpostavljenosti strupenim snovem, ki ni le koncentracija snovi, ampak upošteva tudi druge podatke kot so:

- strupenost,
- količina,
- razdalja,
- molekulska teža,
- procesne spremenljivke.

Indeks je izračunan kot produkt skupine faktorjev uteži za zgoraj navedene podatke oziroma lastnosti.

5.2.2 Modeliranje požarov

Požar je sproščanje energije med oksidacijo "goriva", kjer se večina energije pretvori v toploto. Obstaja več vrst požarov; za namene modeliranja so razdeljeni v naslednje kategorije:

a) Goreča luža

Do goreče luže (pool fire) pride običajno po razlitju vnetljive tekočine, ki tvori lužo in ki se vžge. V primeru goreče luže nas predvsem zanimata hitrost gorenja snovi in višina plamena.

b) Goreči curek

Do gorečega curka (jet fire) pride pri vžigu izpusta vnetljivega plina ali tekočine, ki sta pod pritiskom.

c) Ognjena krogla (pri BLEVE)

Eksplozija hlapov v posodi (BLEVE) se zgodi po uparevanju tekočine v posodi, ko se nad tekočino zgostijo hlapi in jim naraste pritisk nad vzdržljivostjo posode. Hlapi eksplozijsko ekspandirajo, posodo raznese, hlapi se sprostijo in ponavadi pride do vžiga, saj je vretje tekočine povzročila visoka temperatura (ogenj) zunaj posode. Nastala ognjena krogla je posledica atmosferskega zgorevanja zmesi gorivo-zrak v oblaku, ter pretežnega oddajanja energije v obliki toplotnega sevanja.

Za vse scenarije požarov velja, da nas zanima predvsem intenzivnost toplotnega sevanja (podano v kW/m²). Izračunane stopnje toplotnega sevanja lahko uporabimo za določitev potencialnih posledic upoštevajoč predhodne empirične izkušnje. Eksperimentalni podatki kažejo, da lahko pričakujemo določene posledice pri ustreznih vrednostih toplotne obremenitve, ki so podane v tabeli 5-1.

Tabela 5-1: Pregled referenčnih vrednosti in posledic pri različnih toplotnih obremenitvah.

Toplotna obremenitev (kW/m ²)	Posledice-učinki
37,5	Zadošča za poškodbe procesne opreme
25	Minimalna potrebna energija za vžig lesa pri dolgi izpostavljenosti (brez inicialnega plamena)
12,5	Minimalna energija potrebna za vžig lesa z inicialnim plamenom, taljenje plastike, ipd.
4,5	Zadošča za povzročanje bolečine ljudem, če se v 20 sekundah ne uspejo zaščititi, mehurji na koži (opekline tretje stopnje) niso pogostne
1.6	Povzročča neugodje pri dolgotrajni izpostavljenosti

Prikazane referenčne vrednosti so povzete iz knjige Loss Prevention in the Process Industries, 'Hazard Identification, Assessment and Control', Frank P Lees, Volume 2, 2nd Edition, 1996 [7]. Upoštevana je izpostavljenost konstantnemu toplotnemu sevanju.

Pri modeliranju scenarijev večjih nesreč se običajno določijo razdalje, pri katerih pričakujemo naslednje toplotne obremenitve:

- 37,5 kW/m² zadošča za poškodbe procesne opreme,
- 12,5 kW/m² zadošča za vžig lesa, taljenje plastike, ipd.,
- 4,5 kW/m² zadošča za povzročanje bolečine ljudem, če se v 20 sekundah ne uspejo zaščititi, mehurji na koži (opekline tretje stopnje) niso pogostni.

5.2.3 Modeliranje eksplozij

Eksplozije so zelo hitro gorenje in širjenje plinov. Silovitost eksplozije je odvisna od hitrosti, s katero se energija sprošča.

Ena glavnih posledic eksplozije je nastanek hitro gibajočih se udarnih valov. Takšen val lahko ustvari nadtlake, ki lahko poškodujejo ljudi, opremo in stavbe.

Na splošno je modeliranje eksplozij slabo razvito. Eksplozija plinskega oblaka na prostem pa je dobro poznana (unconfined vapour cloud explosion - UVCE) in je dobro raziskana. Zanj se uporabljata dve metodi modeliranja:

1. Model TNT [7].
2. Model TNO (Nizozemski raziskovalni institut) [7].

Z modeliranjem ocenimo nadtlake. Potencialno škodo zaradi nadtlakov lahko ocenimo z uporabo objavljenih podatkov o učinkih nadtlaka na ljudi kot so prikazani v tabeli 5-2. Ti podatki predstavljajo primerjalne vrednosti za oceno posledic eksplozij na ljudi [8].

Tabela 5-2: Posledice nadtlaka na človekovo zdravje.

Referenčne vrednosti natlaka (bar)	Posledice
0,021	Ni posledic ("varna razdalja")
0,35	Poškodbe bobničev
0,70	Poškodbe pljuč
3,0	Ogrožanje življenja

Najvišji nadtlak kot posledica eksplozije plinskega oblaka na prostem je običajno 1 bar. V primeru eksplozij v zaprtem in pol-zaprtem prostoru lahko pride do bistveno višjih tlakov.

Upoštevati je treba tudi sekundarne vplive eksplozije, ki lahko poškodujejo ljudi s tem, da jih udarijo, prestavijo, zadenejo razbitine, ali zasujejo razbitine stavb. Teh posledic ni možno točneje modelirati.

Stavbe se lahko porušijo že pri nižjem tlaku, kot je potreben za neposredne poškodbe ljudi. Porušitev stavb ima lahko za posledico poškodbe ljudi znotraj ali v bližini stavbe. V tabeli 5-3 so prikazani možni vplivi na stavbe v primeru eksplozije.

Tabela 5-3: Posledice-učinki nadtlaka na zgradbe.

Nadtlak (bar)	Posledice-učinki na zgradbe
0,003	Ekvivalentno hrupu 143 dB; poškodba stekla zaradi valovanja
0,021	"Varna razdalja", pri kateri s 95 % verjetnostjo ne pride do težjih posledic ;10 % okenskih stekel počenih.
0,028	Omejena škoda na nosilni konstrukciji objektov
0,048	Manjše poškodbe na nosilni konstrukciji objektov
0,069	Delno uničenje hiš (neprimerne za bivanje)
0,138	Delna porušitev sten in streh hiš
0,159	Spodnja meja hujših poškodb nosilne konstrukcije
0,207	Poškodovane/iz temeljev izravnane jeklene konstrukcije; pretrganje skladiščnih rezervoarjev
0,345 – 0,483	Zlom lesenih tramov; skoraj popolna porušitev hiš
0,689	Verjetna popolna porušitev stavb; težki delovni stroji premaknjeni in težje poškodovani.

Prikazani primeri poškodb so povzeti iz knjige Loss Prevention in the Process Industries, 'Hazard Identification, Assessment and Control', Frank P Lees, Volume 2, 2nd Edition, 1996 [7].

Na podlagi navedenih nadtlakov v tabelah **5-2** in **5-3** lahko ugotovimo, da so potrebni nadtlaki za poškodbe ljudi bistveno višji od nadtlakov, potrebnih za poškodbe stavb. Bolj verjetne so torej poškodbe ljudi zaradi sekundarnih vplivov, kot so na primer poškodovane stavbe ali leteče razbitine. Zato se pri modeliranju eksplozij običajno določajo razdalje, pri katerih nadtlaki dosežejo naslednje vrednosti:

- 0,207 bar poškodovane/iz temeljev izravnane jeklene konstrukcije; pretrganje skladiščnih rezervoarjev; hujše poškodbe stavb in opreme.
- 0,138 bar Delna porušitev sten in streh hiš.
- 0,021 bar "Varna razdalja" – 95 % gotovost, da ne bo težjih posledic. 10 % okenskih stekel počenih.

5.3 Meteorološka situacija

Meteorološka situacija (vremenske razmere) v času večje nesreče ima velik vpliv na posledice dogodka, še posebej na pogoje redčenja. Zato imajo meteorološki pogoji velik pomen pri modeliranju vsakega scenarija. Meteorološki pogoji obsegajo podatke o hitrosti vetra in smeri, stabilnostnem razredu, temperaturi, vlažnosti zraka in atmosferskem tlaku.

5.3.1 Atmosferski stabilnostni razredi in hitrost vetra

Atmosferski stabilnostni razred je sistem kategoriziranja atmosferskih pogojev, ki so odvisni od parametrov, kot so temperatura zraka in oblačnost v dnevnem in nočnem času. Standardni atmosferski stabilnostni razredi so podani v tabeli **5-4**.

Tabela 5-4: Stabilnostni razredi atmosfere.

P-G Stabilnost	Opis	Tipično pojavljanje
A	Zelo nestabilno	Podnevi
B	Srednje nestabilno	Podnevi
C	Zmerno nestabilno	Podnevi
D	Nevtralno	Podnevi ali ponoči
E	Stabilno	Ponoči
F	Zelo stabilno	Ponoči

Tabela **5-5** prikazuje možne kombinacije hitrosti vetra in stabilnostnih razredov. Temna polja predstavljajo običajne kombinacije tipičnih hitrosti vetra za vsak stabilnostni razred za zmerne klimatske pogoje.

Tabela 5-5: Hitrosti vetra in stabilnostni razredi.

Hitrost vetra (m/s)	Stabilnostni razred					
	A	B	C	D	E	F
1						
1,5						
2						
2,5						
3						
3,5						
4						
4,5						
5						
8						
10						
15						
20						

V primeru stabilnega vremena (razred F) ali nevtralnega (razred D), lahko pričakujemo, da bodo izpuščene snovi v atmosferi prisotne dlje časa. Nestabilni meteorološki pogoji (razred B) običajno pripomore k boljšemu redčenju. Na obseg redčenja vpliva tudi hitrost vetra. Zato je treba pri modeliranju scenarijev večjih nesreč upoštevati vse značilne vremenske razmere (vključno z najslabšimi) na obravnavani lokaciji.

5.3.2 Temperatura zraka

Temperaturi zraka in površine tal, na katero se snov izlije, močno vplivata na rezultate modeliranja posledic. To je še posebej pomembno za izpuste tekočin in izhlapevanje iz nastalih luž. Temperature na lokaciji organizacije so lahko v območju od $-15\text{ }^{\circ}\text{C}$ (pozimi) do $35\text{ }^{\circ}\text{C}$ (poleti). Najneugodnejša temperatura bo za različne snovi različna in običajno ni najnižja ali najvišja temperatura v tem območju. Prvi modelni izračuni so ponavadi namenjeni oceni vpliva temperature na posledice.

5.3.3 Vlažnost zraka

Na splošno povečana vlažnost zraka poveča vplive požarov in zmanjša vplive zaradi eksplozij ali izpustov strupenih snovi. V vsakem primeru ima večja sprememba vlažnosti zraka le manjše posledice na rezultate modeliranja. Običajno upoštevamo 70 % vlažnost zraka.

5.3.4 Hrapavost površin

Pomembna lastnost pokrajine pri modeliranju redčenja plinskih izpustov je hrapavost površine. Ta parameter določa hrapavost površine preko katere se pomika oblak, ki se redči. Običajno večja hrapavost površin pomeni boljše redčenje oblaka.

Izbrani faktor hrapavosti površine naj predstavlja pogoje na območju organizacije. Večina računalniških programov za modeliranje potrebuje vhodni podatek za hrapavost površin. V nadaljevanju prikazani podatki so priporočeni v programskem paketu za modeliranje PHAST (glej dokument št. 360006-23-R-003, Modeliranje scenarijev nesreč in njihovih posledic, ki je bil izdelan v sklopu tega projekta).

Tabela 5-6: Tipične vrednosti za hrapavost površin.

Tip površine	Faktor hrapavosti	Dolžina hrapavosti
Vodna površina - morje	0,06	0,013 m
Ravna pokrajina, malo dreves	0,06	0,013 m
Odprta, kmetijska krajina	0,09	0,117 m
Odprto podeželje	0,11	0,263 m
Gozd, podeželska ali industrijska lokacija	0,17	0,951 m
Urbano področje	0,33	2,976 m

5.4 Ocenjevanje pogostnosti (analiza frekvenc)

Analizo frekvenc uporabljamo za določevanje pogostnosti pojavljanja izrednega dogodka. Osnovni metodi za analize sta:

1. Drevo odpovedi/napak.
2. Drevo dogodkov.

Obe metodi uporabljata kombinacijo okoliščin (ali odpovedi), ki bi lahko pripeljale do določenega dogodka in izračunata frekvenco, s katero se dogodek pripeti. Obe metodi uporabljata diagram za predstavitev logičnega poteka.

5.4.1 Drevo odpovedi/napak

Drevesa odpovedi/napak opisujejo vse pričakovane (realno možne) načine, da se določeni dogodek pripeti. Gre za logično rekonstrukcijo izrednega dogodka, kjer se osredotočamo na njegove možne vzroke.

Obravnavani dogodek sestavlja glavni nezgodni dogodek (na vrhu drevesa) in se nadaljuje do ugotovitve osnovnih vzrokov za njegovo pojavljanje. Osnovni dogodki so lahko odpoved kosa opreme, človeška napaka ali odpoved komponent v sistemu.

Drevo odpovedi/napak vključuje osnovne dogodke kot začetne dogodke, vmesne dogodke kot njihovo nadaljevanje in posledične odpovedi. Na ta način lahko v celoti predstavimo konkretne odpovedi sestavin sistema in ukrepe operaterjev.

Obstaja veliko objavljenih podatkov o zanesljivosti (odpovedih) za komponente [9, 10]. Ti viri podatkov so zelo koristni predvsem za primerjave, a prednostno je treba upoštevati podatke, značilne za organizacijo ali podatke proizvajalca opreme.

Diagram drevesa odpovedi se sestoji iz dveh osnovnih elementov: "vrat" in "dogodkov". Vrata predstavljajo povezavo med dogodki, ki vodijo do višjih dogodkov. Razmerje omogoča, da se logika napake premika navzgor po drevesu odpovedi. Osnovna tipa vrat sta IN ter ALI.

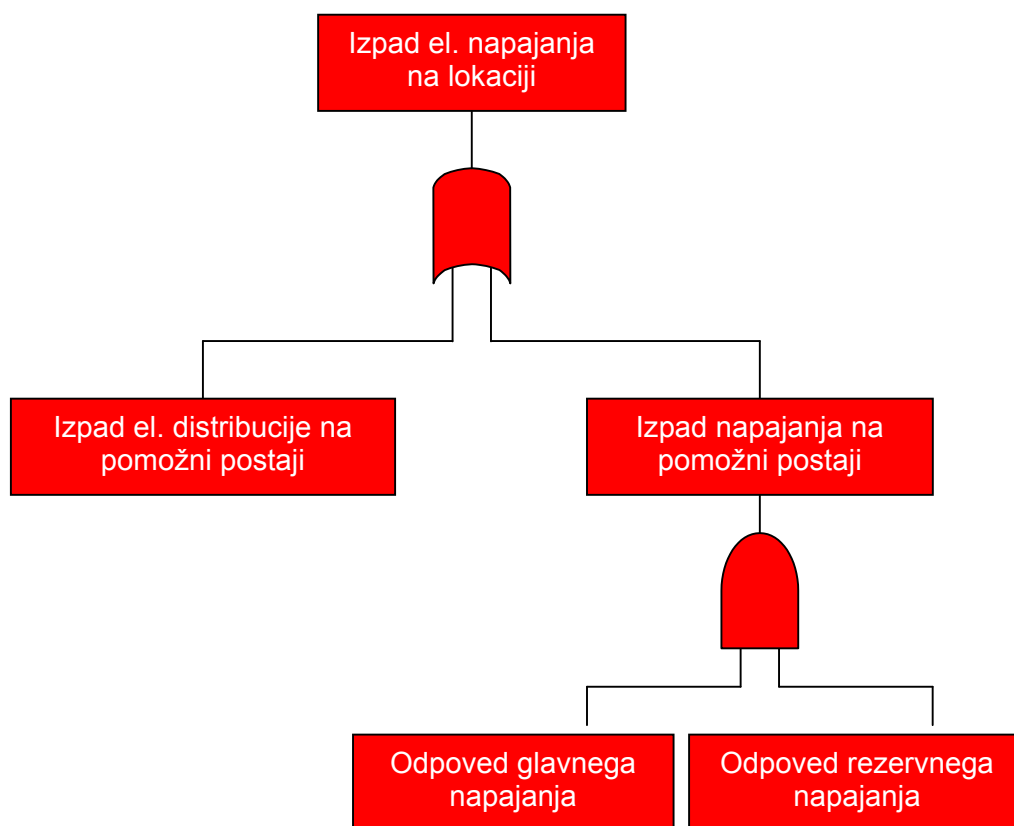
- IN vrata 

IN vrata se uporabljajo za predstavitev dogodkov, ki se vsi morajo zgoditi, da lahko pride do višjega (nadrednega) dogodka.

- ALI vrata 

ALI vrata se uporabljajo za predstavitev dogodkov, od katerih le eden zadošča, da se zgodi višji dogodek.

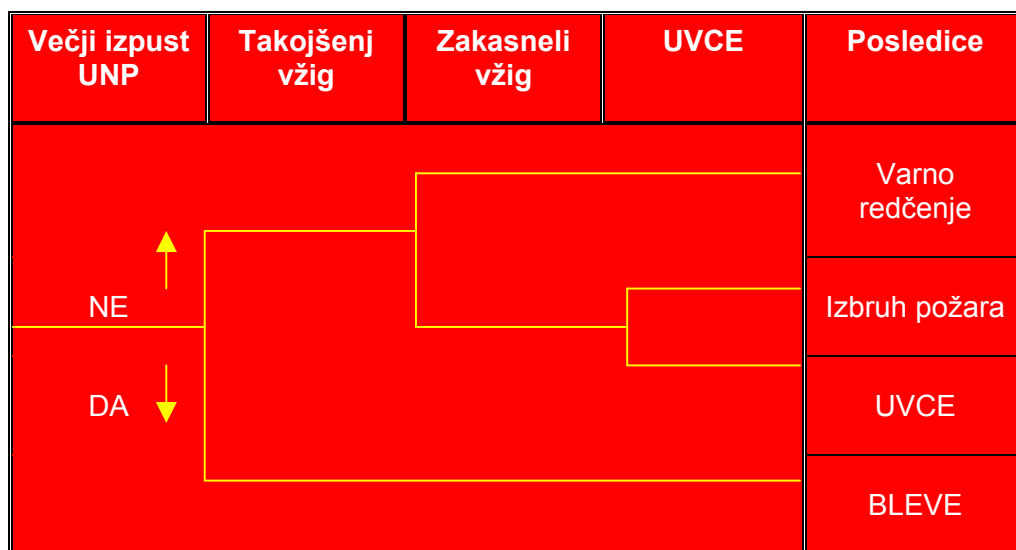
Ko je podrobno izdelana logika odpovedi, lahko izračunamo frekvenco glavnega dogodka na podlagi podatkov o frekvencah/pogostnostih za dogodke v nižjih (osnovnih) nivojih drevesa. Primer drevesa odpovedi je podan na sliki **5-1**.



Slika 5-1: Drevo odpovedi, ki prikazuje izpad dobave električne energije na območju organizacije.

5.4.2 Drevo dogodkov

Drevesa dogodkov lahko uporabimo za analizo verjetnosti različnih izidov izrednih dogodkov. Za vsak začetni dogodek, ki lahko sproži specifično posledico, analiziramo delovanje sistema in še posebej odpovedi varnostnih sistemov. Razvoj/potek dogodka prikažemo v drevesni strukturi, lahko z vejami z leve na desno. Ko definiramo pogostnosti za posamezne razvejitve, lahko določimo verjetnosti za vsak možen razvoj iz začetnega dogodka. Primer drevesa dogodkov je prikazan na sliki **5-2**.



Slika 5-2: Drevo dogodkov za izpust UNP.

5.4.3 Pomen analize pogostnosti

Analiza pogostnosti oziroma frekvenc, ni orodje, ki bi dajalo dokončne odgovore glede sprejemljivosti tveganja. Pridobimo lahko uporabne podatke o frekvencah, toda rezultate moramo pozorno razložiti v smislu pogojev na lokaciji in potencialnih posledic. Analiza drevesa napak/odpovedi je uporabna za prikaz zniževanja tveganja ob uporabi preventivnih in drugih varnostnih ukrepov. Analiza drevesa dogodkov je uporabna za študij scenarijev dogodkov.

5.5 Nezanesljivosti pri vrednotenju posledic in pogostnosti

Metode ocenjevanja posledic in pogostnosti slonijo na predpostavkah in so zato negotove (nezanesljive). Zanesljivost ocen tveganja je treba obravnavati in razumeti v okviru "velikostnega razreda".

Najpomembnejše nezanesljivosti pri oceni posledic so:

- nepredvidljivi dogodki in pogoji, kot so na primer vremenski pogoji.
- Pomanjkanje podatkov. Razpoložljivo znanje ni popolno, ter je v splošnem izpeljano iz opazovanj in empiričnih (izkustvenih) podatkov.

Najpomembnejše nezanesljivosti pri oceni pogostnosti so:

- neustreznost generičnih, posplošenih modelskih podatkov za rabo v lokalnih specifičnih situacijah.
- Odsotnost najnovejših statističnih podatkov.

Nezanesljivosti in pomanjkanje podatkov lahko premostimo s predpostavkami, ki pa v postopek vnesejo subjektivnost. Posledica je, da so rezultati modeliranja negotovi, česar se morata zavedati izdelovalec analize in oseba, ki odloča na podlagi modelnih rezultatov.

5.6 Ocena tveganja za okolje

Poleg ocenjevanja posledic za ljudi obsegajo ocene tveganj tudi analizo posledic za okolje. Okolje ima veliko sestavin (zrak, vode, tla, flora, fauna), zato so ocene tveganja za okolje lahko kompleksnejše od ocen za ljudi, ker obsegajo analize več različnih prejemnikov posledic nesreč.

Tudi ocena tveganja za okolje se prične s fazo ugotavljanja nevarnosti. Če v tej fazi ugotovimo, da obstaja nevarnost za večjo nesrečo s posledicami za okolje, je potrebno podrobneje oceniti tveganje za okolje [12, 13]. Slika 5-3 prikazuje sestavine, ki so nujne komponente okoljskega tveganja. To so: vir tveganja, prenosna pot in prejemnik tveganja oziroma posledic.



Slika 5-3: Diagram glavnih sestavin v postopku ocenjevanja in upravljanja okoljskega tveganja.

Vse tri sestavine moramo upoštevati med ugotavljanjem nevarnosti za večje nesreče (HAZID), da določimo, če obstaja nevarnost večje nesreče s posledicami za okolje. Med analizo moramo paziti, da ne zanemarimo potencialnih nevarnosti le zato, ker določena sestavina okoljskega tveganja ni prisotna. Če se nevarnosti večjih nesreč s posledicami za okolje izključijo zaradi izvajanja ukrepov za preprečevanje nesreč in njihovo obvladovanje, je treba upoštevati možnost odpovedi teh ukrepov.

Ni verjetno, da bi bil prejemnik posledic odsoten oziroma da ga ni. Potrebno pa je upoštevati ranljivost (občutljivost) prejemnika pri oceni posledic, ker ta lahko vpliva na celokupno oceno tveganja.

Ukrepe za zmanjševanje tveganja lahko izvajamo na vseh treh sestavinah okoljskega tveganja.

5.6.1 Vir tveganja za okolje

Nevarnost za okolje je sorazmerna z lastnostmi in količino snovi ali s procesom, ki predstavlja vir nevarnosti. Običajni viri nevarnosti za okolje so dejavnosti, procesi, različne surovine, vmesni proizvodi, proizvodi, odpadki in goriva. Potencial za onesnaževanje okolja je treba oceniti z upoštevanjem:

- fizikalnih lastnosti (npr., tekočina ali plin, gostota),
- kemijskih in biokemijskih lastnosti (npr., pH in biološka potreba po kisiku - BPK),
- podatkov o strupenosti (eko-toksičnost),
- podatkov o (bio)akumuliranju, bio-koncentriranju ali obstojnosti v okolju.

Pomembna je tudi količina snovi, ki je hranjena na območju organizacije. Možno je namreč, da določena količina snovi, ki bi iztekla v okolje, ne bi dosegla praga škodljivosti in tako ne bi imela večjega vpliva na sestavine okolja.

5.6.2 Prenosna pot

Po ugotovitvi vira nevarnosti (ali tveganja) moramo ugotoviti tudi prenosne poti, po katerih se lahko nevarnost prenese do potencialnih prejemnikov posledic in tako vpliva nanje. Prenosna pot je definirana kot fizična pot, po kateri izpuščene snovi potujejo v okolje. To je lahko kanalizacijski sistem na območju organizacije.

Da bi lahko ocenili možne prenosne poti, moramo najprej identificirati vse možne prejemnike posledic (glej poglavje 5.6.3) in njihove lokacije glede na vir. Upoštevati moramo tudi vse možne prenosne poti znotraj in zunaj meja lokacije, po katerih lahko nevarna snov doseže sestavine okolja. Prenosne poti so lahko kanalizacijski sistemi in različni odtočni kanali; ti lahko hitro prenesejo nevarne snovi daleč stran od lokacije in jih vnesejo v okolje.

Pomemben dejavnik je tudi čas, v katerem lahko nevarne snovi dosežejo prejemnika. Če nevarna snov doseže prejemnika hitreje, oziroma v krajšem času po izpustu, je večja verjetnost, da se pojavijo škode v okolju, ker:

- je manj možnosti (časa) za omejitev in zaustavitev nevarne snovi (bodisi na lokaciji ali izven nje), ter preprečitev njenega prenosa v širše okolje,
- bodo blažilni učinki zaradi nepopolnega izhlapevanja in redčenja manjši (težje bodo posledice),
- bo manj časa na razpolago za opozarjanje drugih organizacij in posameznikov, ki so lahko prizadeti (na primer lokalne skupnosti in porabniki vode nizvodno).

Za veliko organizacij je požar ena največjih nevarnosti za večje nesreče, ker lahko spremeni vir nevarnosti na več načinov, med drugim:

- spremeni fizikalne lastnosti snovi;
- poškoduje skladiščne naprave, kot na primer posode, jeklenke, kar ima za posledico nadaljnje izpuste.

Poleg tega lahko požar vpliva tudi na prenosne poti na lokaciji. Pomembna posledica kateregakoli požara je nastanek velike količine onesnažene požarne vode, ki odteka z območja organizacije. Če niso predvidene naprave za zadrževanje onesnažene požarne vode, bo ta našla pot z območja organizacije do prejemnikov posledic v okolju.

5.6.3 Prejemniki posledic

Pri oceni posledic izpusta nevarnih snovi v okolje moramo najprej ugotoviti prejemnike posledic v bližini organizacije (obravnavanega območja). Prisotnost in lastnosti/občutljivost prejemnikov v okolju lahko obravnavamo kot konstanto v katerikoli oceni tveganja. Namreč, upravljavec organizacije lahko spremeni (prilagaja) vire tveganja in morda celo prenosne poti, na prejemnike posledic pa le težko vpliva. Primeri prejemnikov, katere lahko uvrstimo v skupino, ki lahko utрпи težje posledice, so:

- reke ali vodotoki, ki se uporabljajo za javno oskrbo z vodo,
- občutljiva območja,
- naseljena področja,
- kmetijske površine,
- čista vodna telesa, ki se uporabljajo za ribolov,
- vodna telesa s posebno ekološko vrednostjo,
- vode, ki se uporabljajo za rekreacijo,
- reke, ki se uporabljajo za namakanje.

5.6.4 Razvrščanje nevarnosti

Pri razvrščanju nevarnosti želimo ugotoviti tiste, ki lahko povzročijo večjo nesrečo. Razvrščanje nevarnosti (glej poglavje 4.2.6) se izvaja skupaj z ugotavljanjem nevarnosti za večje nesreče. Obstaja veliko kazalcev in/ali primerjalnih koncentracij, ki jih lahko uporabimo kot kriterij za razvrščanje, to je primerjavo, katere pričakovane posledice za okolje so pomembne in jih je potrebno podrobneje obdelati. Velikokrat lahko že v zgodnji fazi izločimo (zanemarimo) nevarnosti za okolje na osnovi razvrščanja, ker so obravnavane koncentracije ali količine premajhne, da bi lahko povzročile nesrečo s težjimi posledicami za okolje (MATTE).

Podatki o strupenosti so uporabni v primerjalne namene. Na splošno je najbolj razširjen in dosegljiv podatek o LC_{50} (koncentracija pri kateri umre 50 % izpostavljenih testnih organizmov). Vrednosti LC_{50} so specifične za določeno vrsto, na primer podgane ali ribe in so bile določene s pomočjo standardnih testov strupenosti v določenem časovnem intervalu (običajno manj kot 24 ur). Glede na to, da je občutljivost posameznih vrst in ekoloških sistemov na različne nevarne snovi različna, je nujno, da upoštevamo več kot eno vrsto in tako dobimo celovitejšo oceno okoljskega vpliva. Vrednosti za LC_{50} so običajno navedene v varnostnih listih za nevarne snovi (MSDS).

Naslednji uporabni pokazatelj so t.i. razredi nevarnosti za vodo (wassergefahrklasse ali WGK sistem) - sistem nemškega ministrstva za okolje za razvrščanje snovi glede nevarnosti za vodo. Ta sistem uporablja naslednje štiri razrede:

- | | |
|-------|--|
| WGK 3 | snov, ki lahko močno onesnaži vodo, |
| WGK 2 | snov, ki lahko onesnaži vodo, |
| WGK 1 | snov, ki lahko nekoliko onesnaži vodo, |

WGK 0 snov, ki na splošno ne onesnažuje vode.

Postopek ocene je osnovan na naslednjih treh testih:

- a) strupenost za ribe LC_{50} (mg/l),
- b) strupenost za bakterije EC_{10} (mg/l),
- c) strupenost za sesalce LD_{50} (mg/kg).

Upoštevana sta tudi obstojnost in način širjenja snovi. Pravila testiranja obstajajo tudi za raztopine in zmesi.

5.6.5 Ocena tveganja za okolje

Ugotavljanju in razvrščanju nevarnosti za večje nesreče sledi ocena tveganja, to je ocena frekvenc in posledic za tiste dogodke, ki lahko imajo težje posledice za okolje. Nevarnosti, ki jih v tej stopnji obravnavamo so le tiste, za katere je razvrščanje pokazalo, da imajo potencial za povzročitev težjih okoljskih posledic.

Ocenjevanje posledic obsega modeliranje transporta snovi v okolju, njeno obnašanje in usodo pri izpustu, ter v okolju, pri čemer se upošteva naslednje:

- spremembe med prenosom v okolju, kot na primer redčenje in širjenje,
- učinke zaradi izpostavljenosti prejemnikov (npr. doze),
- strupenost, razmerje doza-vpliv,
- škodljivost za okolje in kriteriji za ekološko strupenost; na primer, LC_{50} ,
- podatki o preteklih nesrečah,
- takojšnje in zakasnele vplive.

Pogostnost, da se pripeti nesreča s težjimi posledicami za okolje, lahko določimo na podlagi podatkov iz preteklosti, ali ocenimo ob uporabi analize frekvenc, kot je to navedeno v poglavju 5.4. Analiza drevesa dogodkov omogoča oceno pogostnosti na osnovi frekvence začetnega dogodka (na primer, pretrganje posode in izliv) in pogostnosti pojava posebnih okoliščin, to je naknadnih, pogojenih dogodkov (na primer, popustitev obrambnega nasipa). Drevesa dogodkov (poglavje 5.4.2) so še posebej uporabna za analizo in sistematično obravnavo prenosnih poti.

6. ZNIŽEVANJE TVEGANJA

6.1 Zniževanje tveganja

Za nevarnosti, pri katerih se ugotovi, da obstaja potencial za večje nesreče, je potrebno pokazati, da tveganje ustrezno upravljamo, oziroma obvladujemo. Zniževanje tveganja je osnovna sestavina upravljanja tveganja. Zniževanje tveganja se najlažje izvaja v okviru sistema obvladovanja tveganj, kjer se ukrepi za izboljšave lahko izvajajo v okviru programa izboljšav, preko poslovne politike, ter načrtovanja in operativnega nadzora.

Zniževanje tveganja uporablja hierarhijo ukrepov za obvladovanje za ugotovljene nevarnosti, v naslednjem padajočem redu ustreznosti:

- izločanje nevarnosti v fazi načrtovanja,
- zamenjava z manj nevarnimi procesi/nevarnimi snovmi,
- zniževanje nevarnosti ob uporabi tehničnih ukrepov, kot je uporaba zaprtih sistemov, lokalnega prezračevanja, merilne opreme, dodanih vmesnih zapornih elementov, itd.,
- administrativna omejitev dostopa do nevarnih območij, izdelava delovnih navodil in usposabljanje osebja,
- načrtovanje ukrepov za primer nesreče in varovanje življenj (načrti zaščite in reševanja),
- uporaba osebne zaščitne opreme.

Ker se tveganje sestoji iz dveh elementov, pogostnosti in posledic, je možno zniževanje doseči z izvajanjem ukrepov, ki bodisi znižajo pogostnost dogodka, bodisi zmanjšajo posledice dogodka (takojšnje ali zakasnele).

Postopek ocene posledic in pogostnosti, opisan v poglavju 5, lahko nudi smernice glede možnih ukrepov za zmanjševanje tveganja. Ukrepi so lahko:

Ukrepi za zmanjševanje posledic

- Zamenjava procesov, uporaba nestrupenih ali manj strupenih snovi.
- Zmanjšanje zalog nevarnih snovi v organizaciji.
- Uporaba tehničnih sistemov (lovilnih in čistilnih naprav) za omejevanje količine izpuščenih snovi, kot so sistemi za izklop, pralniki-absorberji, vodne zavese, lovilne posode, zadrževalni sistemi-bazeni za požarno vodo.
- Pasivni protipožarni sistemi z namenom zmanjšanja posledic za bližnje obrate ali opremo.

Ukrepi za zmanjšanje frekvence oziroma pogostnosti

- Večkratna (redundantna) oprema za zmanjšanje pogostnosti odpovedi.
- Uporaba različnih tipal (senzorjev), kot so pretvorniki, stikala in alarmi, ki lahko zagotovijo zgodnja opozorila o odstopanjih v procesu in zmanjšajo/odstranijo možnost za, na primer, izgubo nadzora nad kemijsko reakcijo.

Določeni ukrepi bodo imeli vpliv tako na posledice, kot na pogostnost. Na primer, sistemi za gašenje z vodo bodo pogasili požar in tako zmanjšali posledice požara, ter zmanjšali možnost/verjetnost nastanka BLEVE.

Možno je tudi, da nekateri dodatni ukrepi za zniževanje tveganja ne bodo izvedljivi.

6.2 Analiza stroškov in koristi

Ugotovljene (alternativne) ukrepe za zniževanje tveganj je treba ocenjevati po naslednjem konceptu:

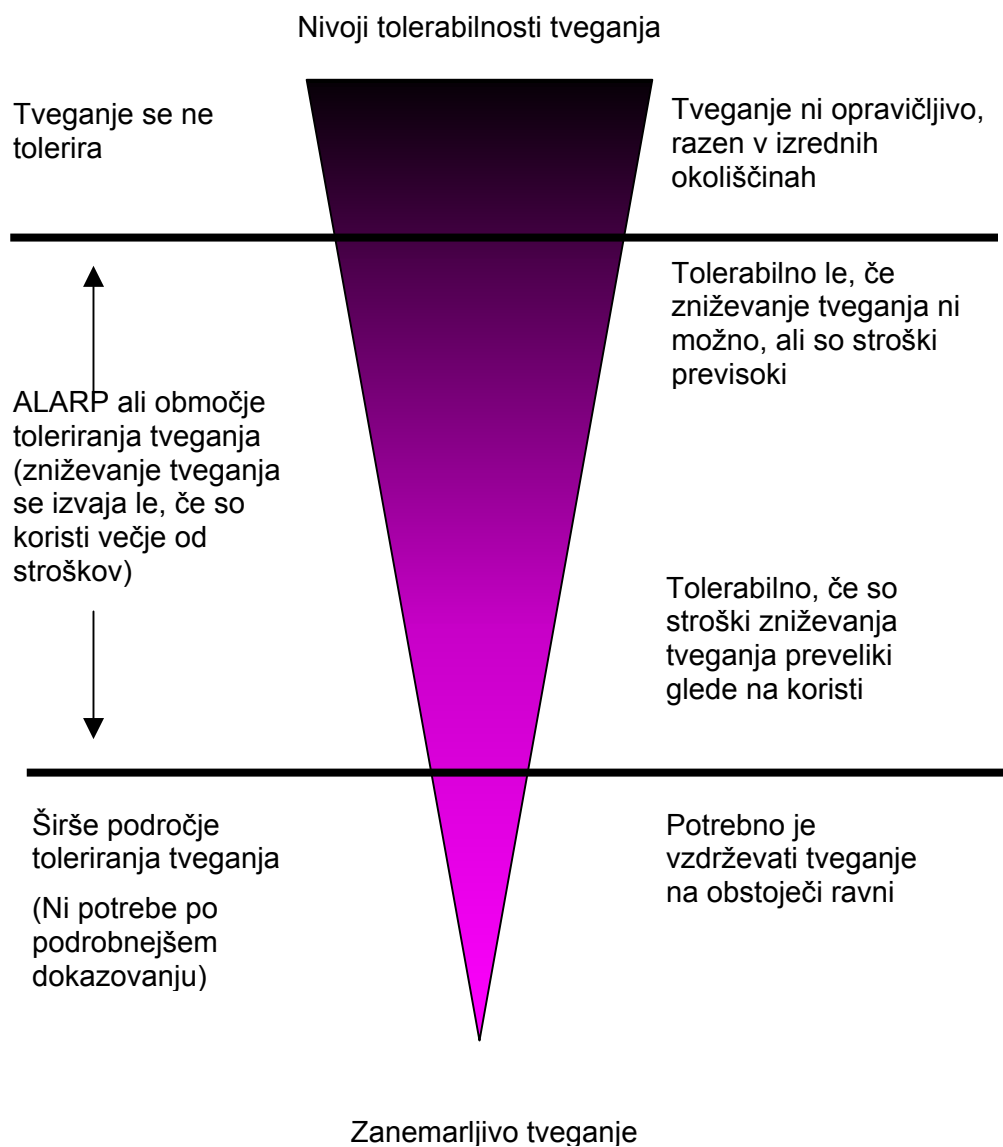
- ocena koristi, bodisi v obliki zmanjšanih posledic ali pogostnosti. Ocena je lahko tudi pol-kvantitativna,
- ocena stroškov izvedbe ukrepov,
- primerjava med koristmi in stroški.

Ta proces je znan pod imenom analiza stroškov in koristi (cost-benefit analysis - CBA). Predvsem je uporaben in koristen za oceno alternativ.

6.3 Princip ALARP

Princip ALARP sloni na predpostavki, da tveganje nad določenim nivojem ni tolerabilno in ga ni mogoče opravičiti v normalnih okoliščinah. Pod tem nivojem pa se tveganje lahko tolerira, oziroma je (nevarna) dejavnost dovoljena, pri čemer naj bi bila tveganja tako nizka, kot je to izvedljivo in smiselno (ALARP). Gre torej za to, da je treba izvesti vse smiselne ukrepe in tveganja znižati tako nizko, kot je le mogoče. Princip ALARP je grafično prikazan na sliki **6-1**.

Princip ALARP tudi zahteva, da upravljavec (lastnik organizacije), prevzame nase stroške zmanjševanja tveganja, razen če je razmerje med stroški za zmanjšanje tveganj izrazito nesorazmerno glede na pridobljeno zmanjšanje tveganja. To vključuje tehtanje med stroški in koristmi (CBA). V smislu varovanja okolja ta koncept pogosto imenujemo BAT (Best Available Techniques oziroma najboljše razpoložljive tehnologije). Presoja ukrepov zniževanja tveganj in analiza stroškov in koristi (CBA) morata biti pregledni in prednostno upoštevati varnost ljudi in sestavin okolja. Večjim ali nesprejemljivim tveganjem je potrebno dodeliti sorazmerno večja sredstva.



Slika 6-1: ALARP – princip tolerabilnosti (sprejemljivosti) tveganja.

7. LITERATURA

1. Risk Assessment and Management in the Context of the Seveso II Directive, Kirchsteiger, Christian (Editor), Industrial Safety Series, Volume 6, 1998.
2. Health and Safety Executive (HSE), 1992. The Tolerability of Risk from Nuclear Power Stations. HSE Books.
3. Department of the Environment (UK DoE), 1995. A Guide to Risk Assessment and Risk Management for Environmental Protection.
4. COMAH Competent Authority (UK), 1999. Guidance on the Environmental Risk Assessment Aspects of COMAH Safety Reports.
5. Chemicals Industries Association, 1977. A Guide to Hazard and Operability Studies, Chemical Industry Safety and Health Council of the Chemicals Industries Association, London.
6. IPO A73: Handleiding voor het opstellen en beoordelen van een extern veiligheidsrapport. IPO Project A73. The Hague: IPO, 1994.
Committee for the Prevention of Disasters, Risk Evaluation. Publication RE-95-1; Tekstwijzigingen op de IPO A73. The Hague: Ministry of Housing, Spatial Planning and the Environment, 1996.
7. Lees, Frank, 1996. Loss Prevention in the Process Industries, 'Hazard Identification, Assessment and Control', Volume 2, 2nd Edition.
8. United Nations Environment Programme, 1992. Hazard Identification and Evaluation in a Local Community, Technical Report No. 12, UNEP IE/PAC).
9. AIChE, 1989. Guidelines for Process Equipment Reliability Data with Data Tables. Center for Chemical Process Safety of the American Institute of Chemical Engineers.
10. RAC, 1994. Nonelectronic Parts Reliability Data 1995. Reliability Analysis Center.
11. Khan, FI, Husain, T and Abbasi, SA, 2001. Safety Weighted Hazard Index. Institution of Chemical Engineers, Trans IChemE, Vol. 79, Part B, March 2001. Page 65.
12. Department of Environment, Transport and the Regions (DETR), 1995. A Guide to Risk Assessment and Risk Management for Environmental Protection. The Stationery Office, London.
13. Department of Environment, Transport and the Regions (DETR), 1999. Guidance on the Interpretation of Major-Accident to the Environment for the Purposes of the COMAH Regulations. The Stationery Office, London.
14. Health and Safety Executive (HSE), 1999. Preparing Safety Reports: Control of Major Accident Hazards Regulations 1999. HS(G)190, HSE Books.
15. WS Atkins, 1998 (for the HSE). Development of Methods to Assess the Significance of Domino Effects from Major Hazard Sites, Contract Research Report 183/1998.



Phare

Projekt: Pripravljenost na nesreče z nevarnimi snovmi v Sloveniji

Pod-izvajalec:

Project Management Group

Pogodba št.: SL-0081.0011.01

Projekt št.: PM.00.11.01/HZ

Naloga 1b) – Možne nesreče pri organizacijah, ki jih zajema direktiva Seveso II

(360006-23-RP-102)

27. november 2002

Regional Environment Accession Project

Nethconsult - BKH Consulting Engineers

Podizvajalci: • AEA Technology • URS/Dames & Moore • EPCE • Project Management Group • REC Hungary

Office Bratislava:
REGUS Centre – Námestie 1. Mája 11, 811 06, Bratislava, Slovak Republic
Telephone: + 421 7 59 39 61 34 Telefax: + 421 7 59 39 63 16
E-mail: reap@regus.sk

Office Delft:
P.O.Box 5094, 2600 GB Delft, The Netherlands
Telephone: + 31 15 26 25 299 Telefax + 31 15 26 19 326
E-mail: sbu@bkh.nl

Povzetek projekta

Naslov projekta	Pripravljenost na nesreče z nevarnimi snovmi v Sloveniji
Številka pogodbe	SL-0081.0011.01
Uporabnik	Ministrstvo za obrambo RS Ministrstvo za okolje, prostor in energijo RS
Naročnik	Generalni direktorat evropske komisije za okolje, jedrsko varnost in civilno zaščito. Generalni direktorat evropske komisije za širitev
Cilj projekta	Pomoč pri uvedbi direktive Seveso II v Sloveniji
Rezultati projekta	<ol style="list-style-type: none">1. Smernice in metode za ugotavljanje nevarnosti za večje nesreče in ocenjevanje tveganj2. Smernice za izdelavo načrtov zaščite in reševanja3. Vzorčna študija za izbrano slovensko organizacijo in službo za zaščito, reševanje in civilno zaščito na občinski ravni4. Delavnica o pripravi načrtov zaščite in reševanja v organizaciji in zunaj organizacije
Glavne dejavnosti	<ol style="list-style-type: none">1. Priporočiti metode za določanje nevarnosti v organizacijah, ki jih zajema SEVESO II direktiva2. Izdelati smernice za pripravo načrtov zaščite in reševanja3. Ugotoviti primerno organizacijo za pripravo vzorčne študije4. Za izbrano organizacijo izdelati oceno tveganja in načrt zaščite in reševanja ob večjih nesrečah5. Izvesti delavnico na temo izdelave načrtov zaščite in reševanja
Pričetek projekta	16.2.2001
Zaključek projekta	7.1.2002, oddaja potrjenega zaključnega poročila

VSEBINA

0.	PREGLEDNICA KRAJŠAV	4
1.	POVZETEK	5
2.	UVOD	7
2.1	Ozadje in namen poročila	7
3.	MOŽNE VRSTE NESREČ PRI ORGANIZACIJAH, KI JIH ZAJEMA SEVESO II	8
3.1	Požar	8
3.2	Eksplozija	8
3.3	Izpusti strupenih snovi	9
3.4	Večji izpusti	9
4.	NESREČE V SVETU (1970-2000)	10
4.1	Flixborough, Anglija, 1974	10
4.2	Seveso, Italija, 1976	10
4.3	Bhopal, Indija, 1984	11
4.4	Mexico City, Mehika, 1984	11
4.5	Basel, Švica, 1986	12
4.6	Černobil, ZSSR, 1986	12
4.7	Piper Alpha, Severno morje, 1988	13
4.8	Pasadena, Z.D.A., 1989	13
4.9	Baia Mare, Romunija, 2000	14
4.10	Splošni vzroki in pridobljene izkušnje	15
5.	NESREČE V ORGANIZACIJAH, KI JIH ZAJEMA DIREKTIVA SEVESO (1970-2001)	17
6.	DRUGE VEČJE NESREČE IZVEN EVROPE V LETIH 1970-1997	18
7.	ZAKLJUČKI	21

0. PREGLEDNICA KRAJŠAV

Pregled uporabljenih krajšav v tem poročilu (podajamo originalni angleški in prevedeni pomen):

ACMH	Advisory Committee for Major Hazards; Svetovalni odbor za večje nevarnosti
BLEVE	Boiling Liquid Expanding Vapour Explosion; Eksplozija posode stisnjenih hlapov, ki so nastali iz uparele tekočine v posodi
EC	European Community; Evropska skupnost
HSE	Health and Safety Executive; Uprava za zdravje in varnost
ICMESA	Industrie Chimiche Meda Societa; (ime kemijskega obrata v Sevesu, Italija)
LPG	Liquefied Petroleum Gas; Utekočinjeni Naftni Plin – UNP (propanbutan)
MIC	Methyl Isocyanate; Metil izocianat
PTW	Permit To Work; Dovoljenje za izvajanje vročih ali vzdrževalnih del
SMS	Safety Management System; Sistem za izvajanje varnostne politike
SPIRS	Seveso Plants Information Retrieval System; Informacijski sistem o organizacijah, ki jih zajema direktiva Seveso II
TCDD	2,3,7,8-tetrachlorodibenzo- <i>p</i> -dioxin; 2,3,7,8-tetraklorodibenzo- <i>p</i> -dioxin
TCP	2,4,5-trichlorophenol; 2,4,5-triklorofenol

1. POVZETEK

Upoštevanje izkušenj iz preteklih nesreč z nevarnimi snovmi ponavadi daje koristne vpoglede za preprečevanje novih nesreč. Primeri, oziroma povzetki o večjih nesrečah za zadnjih 30 let, so urejeni v tem poročilu za naslednje kategorije:

- **Velike nesreče v svetu v letih 1970-2000** – v tej kategoriji so opisane nesreče, ki so imele veliko finančno škodo in velik vpliv na spremembe zakonodaje. Vsak opis nesreče podaja tudi vzroke in nauke, ki iz tega izhajajo.
- **Nesreče v organizacijah, ki jih zajema direktiva Seveso v letih 1976-2000** – v tej kategoriji so podane nesreče v organizacijah, ki jih zajema direktiva Seveso II. Spisek je urejen po zvrsti nesreče, kot so na primer požar, eksplozija, izpust (strupene snovi), onesnaženje vode in drugih.
- **Spisek nesreč izven Evrope v letih 1970-1997** – v tej kategoriji so podane nekatere največje nesreče izven Evrope. Za vsako nesrečo je podan povzetek o deželi, lokaciji, viru/vzroku nesreče, udeleženi snoveh in posledicah na okolje (število ranjenih, mrtvih in evakuiranih prebivalcev).

Kasnejša analiza običajno pokaže enega ali več vzrokov za nesrečo. Iz tega jemljemo nauke, ki jih lahko uporabimo za načrtovanje preventivnih ukrepov za preprečevanje drugih podobnih nesreč. Neprimerni ali neustrezni sistemi za upravljanje in obvladovanje varnosti so bili vzroki praktično vseh velikih nesreč. Najpogostejši posamezni vzrok nesreč je človeška napaka v raznih oblikah, kot je na primer, pomanjkljiva izobrazba ali usposobljenost, kar je v splošnem vodilo do odstopanj od predpisanih postopkov za delo, neizvajanja predpisov o pridobitvi dovoljenj za vroča dela, ali slabo vzdrževanje in preverjanje opreme.

V okviru projekta in pri izdelavi poročil so sodelovali:

Vodja projekta:

Eileen Lee,
Project Management Ltd

Ocenjevanje tveganj/načrtovanje ukrepanja ob nesreči:

Pat Swords,
Project Management Ltd
Karen Harrington,
Project Management Ltd
Doc.dr. Branko Kontić,
Institut Jožef Stefan
Dr. Marko Gerbec,
Institut Jožef Stefan

Predstavnici uporabnikov:

Jasmina Karba,
Ministrstvo za okolje in prostor
Andreja Ferlin-Lubi,
Ministrstvo za obrambo

Predstavniki MOL:

Julij Jeraj,
Oddelek za zaščito, reševanje in

Predstavnika Butan Plina, d.d.:

civilno obrambo

Janez Oblak, Tehnični direktor

Norman Osrečki, varnostni inženir

2. UVOD

2.1 Ozadje in namen poročila

Dne 9. decembra 1996 je direktiva št. 96/82/EC o obvladovanju nevarnosti večjih nesreč z nevarnimi snovmi (imenovana tudi Direktiva Seveso II) nadomestila prejšnjo direktivo št. 82/501/EC. Direktiva Seveso II ima dva namena:

1. *Preprečevanje* večjih nesreč z nevarnimi snovmi.
2. *Obvladovanje in zmanjševanje posledic* večjih nesreč za ljudi in okolje.

To poročilo je bilo pripravljeno v okviru projekta pomoči EU Sloveniji pri uvajanju direktive Seveso II. Povzema dosedanje nesreče v organizacijah, ki jih zajema direktiva SEVESO II in daje opombe glede najpogostejših vzrokov za nesreče. To je eno od poročil, ki so bila pripravljena v okviru omenjenega projekta. Vsa poročila so navedena v tabeli **2-1**.

Tabela 2-1: Seznam poročil

Poročilo št.	Naloga	Naslov poročila
Naloga 1 – Pripravljenost na zaščito in reševanje		
360006-23-RP-101	1 a)	Smernice za ugotavljanje nevarnosti in ocenjevanje tveganja
360006-23-RP-102	1 b)	Možne nesreče pri organizacijah, ki jih zajema direktiva SEVESO II
360006-23-RP-103	1 c)	Modeliranje scenarijev nesreč in njihovih posledic
360006-23-RP-104	1 d)	Smernice za izdelavo načrtov zaščite in reševanja v gospodarskih družbah, zavodih in drugih organizacijah
360006-23-RP-105	1 e)	Smernice za izdelavo načrtov zaščite in reševanja zunaj organizacije
Naloga 2 - Vzorčna študija za izbrano slovensko organizacijo in službo za zaščito, reševanje in civilno zaščito na občinski ravni		
360006-23-RP-106	2 a)	Butan Plin - Ugotavljanje nevarnosti in ocena tveganja
360006-23-RP-107	2 b)	Butan Plin - Praznjenje železniške cisterne, študija HAZOP
360006-23-RP-108	2 c)	Butan Plin - Načrt zaščite in reševanja
360006-23-RP-109	2 d)	Občinski načrt zaščite in reševanja ob nesreči v podjetju Butan Plin
Naloga 3 – Usposabljanje		
Materiali za delavnico	3 b)	Delavnica o pripravi načrtov zaščite in reševanja

3. MOŽNE VRSTE NESREČ PRI ORGANIZACIJAH, KI JIH ZAJEMA SEVESO II

V industriji se lahko pripetijo različne vrste nesreč. V organizacijah, ki jih obravnava direktiva Seveso II, so pomembni naslednji tipi nesreč:

- požar,
- eksplozija,
- izpust strupenih snovi,
- večje razlitje.

3.1 Požar

Požar običajno obravnavamo kot nesrečo s potencialno lažjimi posledicami kot pri izpustu strupenih snovi ali eksploziji, čeprav ima lahko težje posledice za procesno opremo. Proces gorenja potrebuje gorivo, kisik, ter vir energije za vžig. V industriji so običajno prisotne velike količine goriva, ki je surovina ali proizvod, kar omogoča hitro širjenje požara in otežuje njegov nadzor. Mnoge industrijske požare je povzročil nenadzorovan izpust vnetljivih snovi, ter prisotnost vira vžiga, ki običajno ni prisoten (iskrenja, statične razelektritve, itd.).

Prizadete industrije: skoraj vsaka industrijska panoga je dovzetna za požar, še posebej tiste, ki uporabljajo velike količine vnetljivih snovi, kot so na primer, kemijska industrija, tekstilna industrija, energetska-naftna panoga (na primer terminali za utekočinjeni naftni plin – UNP), naftne vrtine in rafinerije, črpališča za naravni plin (metan).

3.2 Eksplozija

Eksplozije so nenadna in silovita sproščanja energije, katere moč je odvisna od hitrosti sproščanja. Osnovni trije tipi sproščanja energije so: fizikalna energija, kemijska energija in jedrska energija.

Primer sproščanja fizikalne energije je eksplozija posode zaradi previsokega tlaka. Gorenje vnetljivega plina ali kemijska reakcija brez nadzora sta lahko vzroka za kemijsko eksplozijo (ki jih lahko še razdelimo na enakomerne ali pospešujoče). Eksplozije so obravnavane kot nesreče s težjimi posledicami kot so požari, toda z lažjimi posledicami, kot so na primer izpusti strupenih snovi. Pogosto lahko opazimo, da požari in eksplozije povzročajo tako imenovane sekundarne (verižne) učinke (imenovani tudi domino učinki, ali tudi verižne nesreče). Te imajo za posledico dodatne nesreče in dodatno škodo. Ponazoritev takšnih nesreč so primeri dogodkov v Flixborough-u, Mexico City-ju, itd..

Prizadete industrije: Industrije, ki uporabljajo visokotlačne procese, ali delujejo pri visokih energijah. Industrije, ki uporabljajo eksplozivne snovi ali procese, kot so npr. naftna in sorodne industrije, zabavna pirotehnika, strelivo, kmetijstvo (eksplozije sladkorja, moke, prah žitaric), proizvodnja energije, kemijski obrati.

3.3 Izpusti strupenih snovi

Nenadzorovan izpust strupene snovi v zrak ima za posledico škodljiv vpliv na zdravje ljudi, lastnino ali okolje. Zaradi hitrega širjenja v geografskem smislu, so lahko vplivi na zdravje ljudi in okolje zelo veliki. Običajno se obravnava strupene izpuste kot nesreče s potencialno najtežjimi posledicami.

Prizadete industrije: Industrije, ki uporabljajo strupene snovi, ter so možni njihovi izpusti v plinastem stanju (na primer kemijski obrati, proizvodnja pesticidov, ipd.).

3.4 Večji izlivi

Večji izlivi nevarnih snovi ima lahko za posledico onesnaženje površinskih voda, zemlje ali podtalnice. V primeru velike nesreče ima lahko večji izliv za posledico transport nevarnih snovi s površine s pomočjo vode (padavine ali požarna voda) do najbližjega vodotoka, ali pa lahko pride do pronicanja v tla in naprej v podtalnico.

Prizadete industrije: Vsaka industrija, ki uporablja, proizvaja ali skladišči nevarne snovi v smislu onesnaženja vodotokov, kot so na primer kemijski obrati, proizvodnja pesticidov, rudarska industrija (predelava in odlaganje muljev in jalovine), obrati za destilacijo, itd.

4. NESREČE V SVETU (1970-2000)

4.1 Flixborough, Anglija, 1974

a) Opis

Eksplodija cikloheksana v kemijskem obratu Nypro v Flixboroughu junija 1974 je imela za posledico 28 mrtvih na lokaciji obrata, od tega 18 mrtvih v kontrolni sobi. Posledica eksplozije so bili mnogi požari na lokaciji obrata, ki so goreli več dni po eksploziji.

b) Vzrok

Vzrok nesreče je bil zlom cevi premera 500 mm (20"), nakar je prišlo do izpusta približno 50 ton cikloheksana, ki se je uparil, nastali oblak pa je naletel na vir vžiga. Osnovnih vzrokov za nesrečo je bilo več, med drugim zasnova obrata, ter izvedba cevovoda. Ostali vplivni parametri so bili: odstranitev mešala iz reaktorja št. 4, kar je povečalo nevarnost za zadrževanje vode v sistemu, izklop sistema za odstranjevanja kisika iz procesnega medija, nadaljevanje proizvodnje tudi ob pomanjkanju dušika (inertni medij), ter začetek obratovanja po okvari brez pregleda drugih reaktorjev. Veliko teh vzrokov lahko pripišemo slabemu delovanju, oziroma odpovedi sistema za izvajanje varnostne politike.

c) Pridobljene izkušnje

Ustanovljen je bil Advisory Committee for Major Hazards – ACMH (Svetovalni odbor za večje nevarnosti), katerega delo je prispevalo k nastanku direktive EU o nevarnostih za večje nesreče. Pri postopkih za izdajo lokacijskih dovoljenj, ter pri načrtovanju rabe prostora, so upoštevali nevarnosti industrijskih lokacij, ter uvedli nove predpise o tlačnih posodah in sistemih. Na pomenu je zelo pridobilo načrtovanje zaščite in reševanja, sistemi vodenja v povezavi z vodstvenimi strukturami, ljudmi, tehničnimi sistemi, postopki, ter delom varnostnih inženirjev v potencialno nevarnih obratih.

4.2 Seveso, Italija, 1976

a) Opis

V kemijskem obratu podjetja ICMESA v severno italijanskem mestu Seveso je prišlo do izpusta kemikalij, ki so vsebovale tudi TCDD (2,3,7,8-tetraklorodibenzo-*p*-dioxin). Snovi so onesnažile gosto poseljeno območje velikosti 6 km x 1 km v smeri vetra stran od tovarne. Ocenili so, da je prišlo do izpusta približno 0,5 do 3 kg TCDD. Posledice izpusta še vedno ocenjujejo.

b) Vzrok

Odprtje varnostne membrane je povzročilo eksplozijo reaktorja za TCP (2,4,5-triklorofenol) v kemijskem obratu. Prišlo je do izpusta oblaka s strupenimi snovmi, ki se je širil z vetrom v gosto poseljeno območje. Osnovni vzrok za nesrečo je bilo neupoštevanje navodil za delo (človeška napaka), pomanjkljiv nadzor in slabi varnostni sistemi reaktorja (slaba zasnova), predvsem pa nerazumevanje kemijskih procesov v reaktorju, oziroma, spregledani slabo eksotermni procesi v reaktorju, kar je vodilo do izgube nadzora nad kemijsko reakcijo (premalo varna zasnova proizvodnega postopka).

c) Pridobljene izkušnje

Nesreča je prinesla spoznanje o varnostnih razdaljah med dejavnostmi javnega (splošnega) pomena in nevarnimi dejavnostmi, o pomanjkljivem vodenju nevarnih dejavnosti in o nevarnostih zaradi uporabe strupenih snovi. Spoznali so pomembnost priprave načrtov zaščite in reševanja in varnejše zasnove reaktorjev. Najpomembnejši vpliv nesreče je bilo sprejetje direktive evropske skupnosti o nevarnostih zaradi večjih nesreč (1982).

4.3 Bhopal, Indija, 1984

a) Opis

V noči od 2. na 3. december 1984 je odprtje varnostnega ventila na rezervoarju povzročilo nenaden izpust 30 ton metilizocianata (MIC) v obratu za proizvodnjo pesticidov podjetja Union Carbide v Bhopalu, Indija. Posledica nesreče je bila smrt več kot 2800 ljudi v bližini obrata, ter poškodbe dihal in oči pri približno 100.000 drugih ponesrečencih.

b) Vzrok

Vdor vode v rezervoar za MIC je sprožil eksotermno reakcijo, ki je dvignila tlak in nato odprtje varnostnega ventila. Vzrok za nesrečo pripisujejo slabemu sistemu za izvajanje varnostne politike in slabemu nadzornemu sistemu. Vzroke za izjemno težke posledice vsaj delno pripisujejo nepripravljenosti lokalne skupnosti.

c) Pridobljene izkušnje

Na podlagi izkušenj iz te nesreče in nesreč v Flixboroughu in Sevesu, je bila sprejeta nova zakonodaja. Novelirali so direktivo Seveso in ustrezno zakonodajo v ZDA iz leta 1986 (Priprava načrtov zaščite in reševanja, ter o obveščanju lokalne skupnosti – Emergency Planning and Community Right to Know Act), ki predpisuje izdelavo načrtov zaščite in reševanja na državnem in lokalnem nivoju, sodelovanje javnosti, ter dostop posameznikov do podatkov o nevarnih snoveh v njihovi okolici. Obširno delo je bilo opravljeno pri razvoju programov za preprečevanje kemijskih nesreč, upravljanje s tveganjem za zaščito javnosti in standardu za zaščito delavcev v procesni industriji (Process Safety Management Standard). Izdelana so bila priporočila za mednarodno pomoč pri preiskavah nesreč in za pridobivanje izkušenj.

4.4 Mexico City, Mehika, 1984

a) Opis

V terminalu za utekočinjeni naftni plin (UNP) blizu Mexico Citya je prišlo do BLEVE (eksplozije posode stisnjenih hlapov, ki so nastali iz uparele tekočine v posodi) novembra 1984. Razbitine opreme so letele do 1200 m daleč stran. V trenutku nesreče je bilo na lokaciji približno 11.000 m³ UNP. Posledica nesreče je bilo 650 mrtvih in več kot 6.400 ranjenih. Škodo zaradi eksplozije in požara so ocenili na približno 31 milijonov USD .

b) Vzrok

Zaradi preloma 200 mm cevovoda med skladiščnimi rezervoarji je prišlo do izpusta UNP. Velik oblak hlapov UNP se je vžgal, kar je imelo za posledico eksplozijo in več požarov na tleh. Požari so sprožili serijo BLEVE eksplozij v terminalu. Izrazit vzrok stopnjevanja nesreče je bil neučinkovit sistem zaznavanja puščanja naftnega plina in pomanjkljiv sistem za preprečevanje širjenja nesreče (izoliranje vplivov začetnega dogodka).

c) Pridobljene izkušnje

Zaradi te in podobnih nesreč so dobile lokalne oblasti nove naloge in odgovornosti. Veliko število žrtev je bilo posledica bližine stanovanjskih površin, oziroma prebivalstva. Načrtovanje rabe prostora je dobilo dodaten pomen glede lociranja novih potencialno nevarnih industrijskih lokacij, glede zaščite zdravja in okolja v primeru nesreč in preprečevanja razvoja v njihovi bližini. Podrobno so raziskali možnosti za preprečevanje širjenja začetnih dogodkov, zaznavanje plina, načrtovanje ukrepov v primeru nesreč in posledice BLEVE eksplozij.

4.5 Basel, Švica, 1986

a) Opis

Po požaru v skladišču podjetja Sandoz dne 1. novembra 1986 je prišlo zaradi transporta (prenosa) s požarno vodo (približno 10.000 do 15.000 m³ vode), do izpusta velike količine kemikalij v reko Ren, tla in podtalnico. Količino odplaknjenih kemikalij so ocenili na 13 do 30 ton. Glavna posledica nesreče so bile poškodbe okolja. Vplivi na življenje v reki Ren so bili zaznavni še na razdalji približno 400 km (predvsem na organizme rečnega dna in jegulje; poginilo je 220 ton jegulj).

b) Vzrok

Požarna voda je odplaknila v reko Ren velike količine kemikalij, ter povzročila uničujoče posledice nesreče. Glavni vzrok za katastrofalen obseg posledic nesreče je bila nepripravljenost na izredne dogodke. Problem bi rešili z zadrževalnimi bazeni za požarno vodo.

c) Pridobljene izkušnje

V primeru, da je ob rednem obratovanju ali ob izrednih dogodkih možno širše onesnaženje katere koli sestavine okolja, morajo biti sprejeti vsi izvedljivi preventivni varnostni ukrepi za zaščito ljudi in okolja. Po tej nesreči so novelirali direktivo Seveso tako, da uvrščajo kemijska skladišča med potencialne vire tveganja, ter podrobneje obravnava tudi posledice za okolje.

4.6 Černobil, ZSSR, 1986

a) Opis

Eksplozija v jedrskem reaktorju četrtega bloka v jedrski elektrarni pri Černobilu aprila 1986, je povzročila velik izpust radioaktivnih snovi, ki so se razširile po ZSSR in Evropi. Takoj je umrlo 31 ljudi, ocenili pa so, da je zaradi zakasnelih vplivov sevanja kasneje po ZSSR in Evropi zbolelo za neozdravljivimi oblikami raka še okoli 40.000 ljudi.

b) Vzrok

Med poskusom, ki je imel namen ugotoviti ali lahko turbina zagotavlja rezervno napajanje z električno energijo za jedrski reaktor med njegovim izklapljanjem, je prišlo do serije dogodkov. Vseeno so nadaljevali s poskusom. Moč reaktorja je hipoma narasla na 100-kratno normalno vrednost, nakar je prišlo do dveh eksplozij. Posledice so bile iskrenje, izbruh požarov, leteče razbitine, ter izpust večje količine radioaktivnih snovi (sevanje). Glavni vzrok za nesrečo lahko pripišemo zanemarjanju varnostnih postopkov in navodil, ter dejstvu, da so bili varnostni sistemi izklopljeni.

c) Pridobljene izkušnje

Glavni vzroki za nesrečo v Černobilu so bili neprimeren način vodenja tvegane obrata, pomanjkljiva varnostna kultura in očitno zanemarjanje varnostnih postopkov, ter navodil. Bistvenega pomena je tudi načrtovanje varnejših obratov, odpornejših na napake in posledice odpovedi, ter izdelava načrtov zaščite in reševanja.

4.7 Piper Alpha, Severno morje, 1988

a) Opis

Julija 1988 je prišlo do eksplozije v sklopu za stiskanje plina na naftni ploščadi Piper Alpha v Severnem morju. Vzrok je bil vžig ogljikovodikov v plinskem oblaku v območju z viri vžiga. Posledica so bili požari, ki so povzročili perforacijo vrtnalnice garniture. V tej nesreči z najtežjimi posledicami na katerikoli naftni ploščadi je umrlo 167 ljudi.

b) Vzrok

Do eksplozije je prišlo v postrojenju za stiskanje plina zaradi ponovnega vklopa ene od črpalk za vbrizgavanje kondenzata (ki se je izklopila zaradi izpada (okvare) dveh kompresorjev). Temu sta sledila alarma za preseženo spodnjo eksplozijsko mejno koncentracijo plina v zraku, ter sama eksplozija. Nekatere vzroke za nesrečo lahko pripišemo slabemu sistemu za upravljanje in obvladovanje varnosti na naftni ploščadi, predvsem glede izvajanja ukrepov za preprečevanje širjenja začetnih napak v procesu (osamitev odpovedane opreme), ignoriranje ugotovljenih nepravilnosti ob varnostnih pregledih, ter ignoriranje zahtev za pridobitev dovoljenj za vroča dela.

c) Pridobljene izkušnje

Nekatere tako pridobljene izkušnje se nanašajo v glavnem le na naftne vrtine na morju, veliko izkušenj pa je uporabnih na splošno. Glavna skrb velja kvalitetnemu upravljanju in obvladovanju varnosti. Določena zaščitna oprema je bila onesposobljena ob eksploziji, kot so na primer, električno napajanje in cevovodi za požarno vodo, kar naj bi se upoštevalo pri načrtovanju bodočih obratov. Ob nesreči so prišle na dan pomanjkljivosti v zakonodaji, ki velja za naftne vrtine na morju. Nalogo za noveliranje ustrezne zakonodaje je leta 1991 dobila britanska Health and Safety Executive - HSE (Uprava za zdravje in varnost). Leta 1992 pa je bila v Britaniji sprejeta uredba o varnosti na naftnih ploščadih na morju (Offshore (Safety Case) Regulations), ki je podobna direktivi Seveso.

4.8 Pasadena, Z.D.A., 1989

a) Opis

V kemijskem obratu Phillips 66 v Pasadeni je oktobra 1989 prišlo do izpusta etilena. V obratu se je vžgal oblak hlapov etilena, ki je imel za posledico eksplozijo plinskega oblaka. Temu so sledile še sekundarne, posledične eksplozije in požari, zaradi katerih je umrlo 23 ljudi.

b) Vzrok

Med rednim vzdrževanjem so pomotoma odprli ventil. Sistem dvojnega zapiranja odprtin (ki naj bi se izvajal), ni deloval, kar lahko opišemo kot odstopanje od varnostnih postopkov. Tako je prišlo do izpusta 35.000 kg zmesi etilena, izobutana, heksana in vodika, ki se je vžgala. Vzroki za nesrečo so bili neizvajanje postopka pridobivanja dovoljenj za vzdrževalna dela, neopravljena analiza nevarnosti in pomanjkljiv koncept obrata.

c) Pridobljene izkušnje

Po tej nesreči je postalo očitno, da je oceniti nevarne obrate ob uporabi analize nevarnosti, ali podobnih metod. Pravilen raspored opreme v obratu in varnostne razdalje so bistvenega pomena za evakuacijo osebja v obratu in zmanjšanje izpostavljenosti. Potrebno je nadzorovati vire vžiga in izdelati točne postopke za izvajanje vzdrževanja.

4.9 Baia Mare, Romunija, 2000

a) Opis

Dne 30. januarja 2000 je prišlo do porušitve nasipa ob umetnem jezeru z odpadnim muljem (jalovino) ob predelovalnem obratu blizu mesta Baia Mare v Romuniji. 100.000 m³ odpadnih voda vsebujočih 120 ton cianidov in težkih kovin je odteklo v reko Lapus, ki je preko rek Som in Tise prispela do Donave na Madžarskem. Na srečo ni prišlo do smrtnih žrtev ali težjih posledic za zdravje ljudi (zaradi hitrega redčenja onesnaženja in uporabe ustekleničene pitne vode), zato pa je prišlo do obsežne škode v okolju. Kratkoročno je prišlo do pomora rib (1200 ton zaščitene in ogrožene vrste), velike smrtnosti med organizmi na rečnem dnu, še posebej v reki Tisi. Stanje se je začelo popravljati takoj, ko je onesnaženje odneslo nizvodno. Možni so dolgoročni vplivi zaradi bio-akumuliranja težkih kovin v živih organizmih.

b) Vzrok

Vzroki za nesrečo so bili nepripravljenost za izredne vremenske razmere (hudourniki) v primeru prenapolnjenosti jezera (intenzivne padavine), ter neupoštevanje bilance vode pri načrtovanju lokacije obrata. Nasip jezera ni bil pravilno zgrajen, kar je dodatno pripomoglo k njegovi porušitvi.

c) Pridobljene izkušnje

Industrijske objekte, ki so lahko vir tveganja je potrebno načrtovati primerno varne. Odgovornost imajo tudi oblasti, ki potrjujejo načrte. Za preprečevanje večjih nesreč so pomembni primerna gradnja, obratovanje, vzdrževanje in nadzor, procesi in uporabljeni materiali.

4.10 Pogostni vzroki in pridobljene izkušnje

V tem poglavju so povzeti vzroki za industrijske nesreče. Praktično vse lahko pripišemo slabemu delovanju ali odpovedi sistema za upravljanje in obvladovanje varnosti. Vzroke lahko razdelimo v tri splošne kategorije:

- napaka osebja, oziroma operaterja,
- slabo načrtovanje procesa,
- neupoštevanje postopkov.

4.10.1 Napaka operaterja

i) Splošna napaka operaterja

Napake operaterjev, ki so eden od splošnih vzrokov za nesreče, lahko zmanjšamo z izbiro sposobnih operaterjev, primernim usposabljanjem, itd.

ii) Neupoštevanje navodil za delo in postopkov za varno delo

Ta vzrok obsega splošna odstopanja glede neupoštevanja navodil za delo in postopkov za varno delo. Tehnično osebje v organizacijah (operaterji, vzdrževalci, inženirji) je zaradi neupoštevanja predpisanih navodil in postopkov v preteklosti že povzročilo marsikatero nesrečo.

iii) Neupoštevanje predpisanih dovoljenj za vroča dela

Neupoštevanje predpisov o obvezni pridobitvi dovoljenja za vroča dela (npr., varjenje, odprt ogenj) v območju, kjer je to sicer strogo prepovedano (v povezavi s slabo komunikacijo med osebjem), je povzročilo veliko nesreč, ki bi jih sicer lahko preprečili.

4.10.2 Slabo načrtovan proces

iv) Slabo načrtovani začasni ukrepi in neustrezni postopki preverjanja

To je eden od glavnih vzrokov za nesreče. Procesna oprema pogosto odpove zaradi neprimernih postopkov preverjanja opreme, ali slabega načrtovanja procesa (na primer, uporaba opreme z napačnimi lastnostmi).

v) Neopravljena analiza procesa in slabo poznavanje procesa

Neopravljena varnostna analiza procesa (kar obsega tudi nepoznavanje kemijskih reakcij v tehnološkem procesu, posledica je slabo načrtovan proces), je vzrok za veliko industrijskih nesreč.

vi) Slabi začetni opozorilni sistemi

Slabi, ali celo izklopljeni opozorilni sistemi za zaznavanje odpovedi, so povzročili veliko nesreč.

vii) Odsotnost načinov za osamitev sistemov v primeru nesreč

Veliko nesreč je imelo težje posledice na druge proizvodnje sisteme (širjenje odpovedi) in področja, zaradi odsotnih sistemov za zaustavitev/osamitev začetnih odpovedi v procesu.

viii) Pomanjkljivo prostorsko planiranje

Del postopkov za načrtovanje rabe prostora okoli nevarnih industrijskih lokacij, je tudi izvajanje omejene rabe prostora znotraj določenih varnostnih con. Na ta način lahko zmanjšamo škode že ob izboru lokacije za industrijski obrat, z ustreznimi odmiki od naseljenih področij.

4.10.3 Neupoštevanje postopkov

ix) Nadaljevanje proizvodnje kljub težavam

Nekaj večjih nesreč bi lahko preprečili, če bi izvajali predpisane postopke o celovitem ugotavljanju vzrokov za že odkrite nepravilnosti.

x) Pomanjkljiv nadzor in neupoštevanje priporočil

Vzrok za nesreče je bil tudi nereden nadzor. Prav tako niso bila upoštevana priporočila za redni nadzor (ali tako pridobljeni rezultati) glavnih delov opreme.

5. NESREČE V ORGANIZACIJAH, KI JIH ZAJEMA DIREKTIVA SEVESO (1970-2001)

Evropska komisija je zabeležila v bazi podatkov MARS (Major Accident Reporting System – Sistem za poročanje o večjih nesrečah) in bazi SPIRS (Seveso Plants Information Retrieval System – Informacijski sistem o organizacijah, ki jih zajema direktiva Seveso II) 450 nesreč, ki so se pripetile v organizacijah. V okviru teh podatkov so nesreče razdeljene po naslednjih kategorijah:

- požar,
- eksplozija,
- izpust,
- onesnaženje vode,
- drugo.

Razvrstitev tipov nesreč je podana v tabeli 5-1. Ker je za veliko nesreč v bazi podatkov sočasno navedeno več tipov vplivov (npr., eksplozije, ki so imele za posledico požar, ipd.) so bile razvrščene glede na glavni vpliv zato, da se izognemo večkratnemu številu. Nesreče z le enim vplivom so navedene v stolpcu z naslovom 'Posamezna razvrstitev'.

Tabela 5-1: Povzetek tipov nesreč v obratih tipa Seveso.

Razvrstitev nesreče	Posamezna razvrstitev	Večkratna razvrstitev, toda glavni vpliv	Skupno
Požar	43	64	107
Eksplozija	47	84	131
Izpust	164	24	188
Onesnaženje vode	6	15	21
Drugo	3	0	3
Skupno	263	187	450

V bazi podatkov SPIRS (Seveso Plants Information Retrieval System – Informacijski sistem o organizacijah, ki jih zajema direktiva Seveso II), ki ga vzdržuje Major Accidents Hazards Bureau (Oddelek za nevarnosti večjih nesreč), so na razpolago primeri poročil o večjih nesrečah, ki so dostopna na spletnem naslovu: <http://mahbsrv.jrc.it/spirs/Default.html>.

6. DRUGE VEČJE NESREČE IZVEN EVROPE V LETIH 1970-1997

Za splošno primerjavo podajamo v tabeli 6-1 spisek največjih nesreč izven Evrope. V zadnjih 30 letih so se pripetile številne nesreče s težjimi posledicami za zdravje ljudi in veliko finančno škodo. Na spisku so navedene največje nesreče (število smrtnih žrtev, ranjenih in evakuiranih ljudi) za vsako leto. Pogoji za vključitev na spisek so bili sledeči:

- 25 ali več mrtvih, ali
- 125 ali več ranjenih, ali
- 10.000 ali več evakuiranih, ali
- 10.000 ali več ljudi brez pitne vode.

Na spisku niso upoštevani naslednji tipi nesreč:

- izpusti nafte iz ladij v morje,
- rudarske nesreče,
- prostovoljno uničenje ladij ali letal,
- škoda povzročena zaradi poškodovanih proizvodov.

Tabela 6-1: Povzetek večjih nesreč izven Evrope v letih 1970 do 1997.

Datum (Opomba 1)	Država in lokacija	Izvor/vzrok nesreče	Udeležena snov	Število (opomba 1)			
				Mrtvih	Ranjenih	Evakuiranih	
1970	24.01	Indonezija, Java	vžig rezervoarjev	Kerozin	50	-	-
	17.12	Iran, Agha Jari	Eksplzija	Metan	34	>1	-
1971	3.02	ZDA, Woodbine	Eksplzija	Magnezij	>25	61	-
	26.06	Poljska, Czechowice	Eksplzija	Nafta	33	-	-
1972	30.03	Brazilija, Duque de Caxias	Okvara obrata	UNP	39	51	-
	6.04	ZDA, Doraville	Požar	Bencin	2	161	-
1973	10.02	ZDA, Staten Island	Eksplzija	Plin	40	2	-
	29.08	Indonezija, Djakarta	Požar, eksplozija	Pirotehnika	52	24	>10
-	-	Cehoslovaška	Eksplzija	Plin	47	-	-
1974	26.04	ZDA, Chicago	Izpust rezervoarja	Siliciev tetra- klorid	1	300	2.000
1975	-	Indija, Chasnala	Industrija	-	431	-	-
	14.12	ZDA, Niagara Falls	Eksplzija	Klor	4	176	-
1976	23.02	ZDA, Houston	Eksplzija v silosu	Žitni prah	7	-	10.000
	12	Kolumbija, Carthagene	Eksplzija	Amoniak	30	30	-
-	7.03	Mehika, Cuernavaca	Izpust	Amoniak	2	500	2.000
1977	19.06	Mehika, Pueble	Izpust	Vinil klorid	1	5	>10.000
	23.12	ZDA, Westwego	Eksplzija (skladišče)	Koruzni prah	35	9	-
-	-	Kolumbija, Pasacabalo	-	Amoniak	30	22	-
1978	12.06	Japonska, Sendai	Skladišče	Surova nafta	21	350	-
	7.07	Tunizija, Manouba	Eksplzija	Amonijev nitrat	3	150	-
-	2.11	Mehika, Sanch. Magal	Eksplzija cevi	Plin	41	32	-
1979	28.03	ZDA, Three Mile Island	Odpoved reaktorja	radioaktivni izotopi	-	-	200.000
	3.06	Tajska, Phangnaga	Eksplzija	Nafta	50	15	-

Datum (Opomba 1)	Država in lokacija	Izvor/vzrok nesreče	Udeležena snov	Število (opomba 1)		
				Mrtvih	Ranjenih	Evakuiranih
-	ZSSR, Novosibirsk	Obrat	Kemikalije	300	-	-
1980	19.08 Iran, Deh-Bros Org	Požar, eksplozija	Dinamit	80	45	-
	16.11 Tajska, Bangkok	Vojaški eksplozivi	Eksplozivi	54	353	-
-	ZDA, Aljaska	Požar na naftni ploščadi	Nafta	51	-	-
1981	19.05 ZDA, Puerto Rico	Izpust	Klor	-	200	1.500
	23.07 ZDA, Blythe	Izpust (cestni prevoz)	Dušikova kislina	-	-	15.000
	25.08 ZDA, San Francisco	Puščanje cevi	Mazalna olja, PCB	-	-	30.000
1982	11.12 ZDA, Taft	Eksplozija	Akrolein	-	-	20.000
	22.12 ZDA, Vernon	Puščanje	Metil akrilat	-	355	-
1983	31.08 Brazilija, Pojuca	Požar, eksplozija	Bencin	42	>100	>1.000
	29.09 Indija, Dhulwari	Eksplozija	Bencin	41	>100	-
	10.10 Nikaragva, Corinto	Eksplozija rezervoarja	Kurilno olje	-	17	25.000
1984	25.02 Brazilija, Cubatao	Eksplozija cevovoda	Bencin	89	-	2.500
	19.11 Mehika, St. J. Ixhuatepec	Eksplozija rezervoarja	UNP	>500	2.500	>200.000
	3.12 Indija, Bhopal	Puščanje	Metil izocianat	2.800	50.000	200.000
1984	17.12 Mehika, Matamoros	Prevoz	Amoniak	-	182	3.000
	12 Pakistan, Gahri Dhoda	Eksplozija cevi	Plin	60	-	-
-	Romunija	Tovarna	Kemikalije	100	100	-
1985	16.07 ZDA, Cedar Rapids	Sewage plants	livinil klorid	-	56	10.000
	1.11 Indija, Padaval	Požar	Bencin	>43	82	-
	4.12 Indija, New Delhi	Izpust	Žveplova kislina	1	340	>10
1986	26.04 ZSSR, Černobil	Eksplozija reaktorja	radioaktivni izotopi	31	299	135.000
	25.12 Mehika, Cardenas	Puščanje cevovoda	Plin	-	2	>20.000
-	ZDA, Northville	Puščanje v naftnem terminalu	Bencin	-	-	-
1987	14.04 ZDA, Salt Lake City	Puščanje	Triklor etilen	1	6	30.000
	24.06 Indija, Bhopal	Puščanje	Amoniak	-	-	200.000
-	Kitajska, Provinca Guangxi		Metanol	55	3.600	
1988	10.04 Pakistan, Islamabad	Eksplozija skladišča	Eksplozivi	>100	3.000	-
	6.05 Kitajska, Liu Pan Shui	Eksplozija	Premogov plin	45	5	-
	4.06 ZSSR, Arzamas	Eksplozija železniškega transporta	Eksplozivi	73	230	90.000
1988	31.11 Bangladeš, Chittagong	Eksplozija	Vnetljivi hlapi	33	-	-
	1.12 Kitajska	Eksplozija	Plin	45	23	-
	11.12 Mehika, Mexico City	Eksplozija	Pirotehnika	62	87	-
1989	19.01 Kitajska, Henan	Eksplozija	Pirotehnika	27	22	-
	4.06 ZSSR, Acha Ufa	Eksplozija cevovoda	Plin	575	623	-
	16.11 Pakistan, Garan Chash.	Eksplozija	Strelivo	40	>20	-

Datum (Opomba 1)	Država in lokacija	Izvor/vzrok nesreče	Udeležena snov	Število (opomba 1)			
				Mrtvih	Ranjenih	Evakuiranih	
1990	15.04	Indija, Basti	Zastrupitev hrane	?	150	>150	
	4.05	Kuba, Matanzas	Izpust, plinski oblak	Amoniak	3	374	> 1.000
	25.09	Tajska, Bangkok	Nesreča v prevozu	UNP	>51	>54	-
1991	30.05	Kitajska, Dongguang	Požar (tekstilna industrija)		71	-	-
	4.06	Etiopija, Addis Ababa	Eksplzija	Strelivo	100	200	-
	31.10	Koreja, Pyongyang	Eksplzija	Dinamit	>120	-	-
1992	24.03	Senegal, Dakar	Nesreča v tovarni kikirikija	Amoniak	>40	>300	-
	22.04	Mehika, Guadalajara	Eksplzija v mestni kanalizaciji	Mineralna olja, plin	>206	>1.500	500
	29.04	Indija, New Delhi	Eksplzija v skladišču	Kemikalije	43	20	-
1993	4.08	Kolumbija, Remeios	Izpust	Surova nafta	430	-	-
	11.10	Kitajska, Baohe	Eksplzija	Metan	70	-	-
	1.11	Vietnam, Nam Khe	Izpust, eksplozija	Bencin	47	48	-
1994	17.06	Kitajska, Zhuhai	Požar v tekstilni tovarni		76	150	20 pogrešanih
	2.08	Kitajska, Guangix	Eksplzija v skladišču	Dinamit, eksplozivi	73	99	-
	4.10	Indija, Madhya-Pradesh	Eksplzija v skladišču	Petarde	30	100	-
1995	15.07	Iran, Astara	Izpust	Klor	3	200	-
	16.07	Brazilija, Boqueiro	Eksplzija v skladišču	Strelivo	100	-	-
	3.11	Argentina, Rio Tercero	Eksplzija v obratu	Strelivo	13	-	>10.000
1996	31.01	Kitajska, Shaoyang	Eksplzija v skladišču	Eksplzivi	125	400	-
	15.02	Afganistan, Kabul	Eksplzija v skladišču streliva	Strelivo	60	>125	-
	16.07	Haiti	Strupena zdravila	Dietil glikol	>60	-	-
1997	3.07	Turčija, Kirikkale	Eksplzija streliva	Strelivo, pirotehnika	1	1	<200.000
	4.07	Ekuador, Quito	Eksplzija v skladišču	Strelivo	3	187	
	14.09	Indija, Wish-akhaptnam	Požar v rafineriji		34	31	150.000

Opombe:

1. – pomeni odsotnost podatka.

7. ZAKLJUČKI

Po svetu se je v zadnjih 30 letih pripetilo pomembno število večjih nesreč. Na podlagi analiz nesreč lahko pridemo do zaključkov glede pogostih vzrokov za večje nesreče in o ukrepih, ki lahko preprečijo ponovitev nesreč.

Na osnovi primerov podanih v tem poročilu, lahko pripišemo večino večjih nesreč slabim sistemom za upravljanje in obvladovanje varnosti. Nekateri primeri vzrokov so:

- pomanjkljivo načrtovanje tehnoloških sistemov in njihovih sprememb,
- pomanjkljivi postopki in sistemi, npr., postopki za odobritev vročih del,
- pomanjkljivo usposabljanje, ki vodi do človeških napak zaradi nerazumevanja nevarnosti, neupoštevanja navodil za varno delo ali vzdrževanje, itd.,
- pomanjkljiva oprema, sistemi in postopki za ukrepanje v primeru nesreče.

Pridobljeni nauki in izkušnje iz analiziranih nesreč se razlikujejo, toda običajno vsebujejo priporočila o strožjih varnostnih postopkih in spoštovanju navodil. Pridobljene izkušnje lahko vplivajo na izboljšave na mnogih področjih:

- pri načrtovanju industrijskih lokacij,
- boljšem načrtovanju sistemov za zgodnje opozarjanje in alarmiranje,
- boljšem usposabljanju operaterjev in njihovo ozaveščenost,
- načrtovanju zaščite in reševanja v primeru nesreče.

Pridobljene izkušnje so uporabne in koristne samo v primeru, če jih uporabljajo odgovorne osebe v podjetju, ali pristojne institucije v obliki smernic, direktiv in končno v obliki obvezujoče zakonodaje za industrijo.



Phare

Projekt: Pripravljenost na
nesreče z nevarnimi snovmi v
Sloveniji

Pod-izvajalec:
Project Management Group

Pogodba št.: SL-0081.0011.01

Projekt št.: PM.00.11.01/HZ

**Naloga 1 c) – Modeliranje
scenarijev nesreč in njihovih
posledic**

(360006-23-RP-103)

27. november 2002

Regional Environment Accession Project

Nethconsult - BKH Consulting Engineers

Podizvajalci: • AEA Technology • URS/Dames & Moore • EPCE • Project Management Group • REC Hungary

Office Bratislava:
REGUS Centre – Námestie 1. Mája 11, 811 06, Bratislava, Slovak Republic
Telephone: + 421 7 59 39 61 34 Telefax: + 421 7 59 39 63 16
E-mail: reap@regus.sk

Office Delft:
P.O.Box 5094, 2600 GB Delft, The Netherlands
Telephone: + 31 15 26 25 299 Telefax + 31 15 26 19 326
E-mail: sbu@bkh.nl

Povzetek projekta

Naslov projekta	Pripravljenost na nesreče z nevarnimi snovmi v Sloveniji
Številka pogodbe	SL-0081.0011.01
Uporabnik	Ministrstvo za obrambo RS Ministrstvo za okolje, prostor in energijo RS
Naročnik	Generalni direktorat evropske komisije za okolje, jedrsko varnost in civilno zaščito Generalni direktorat evropske komisije za širitev
Cilj projekta	Pomoč pri uvedbi direktive Seveso II v Sloveniji
Rezultati projekta	<ol style="list-style-type: none">1. Smernice in metode za ugotavljanje nevarnosti za večje nesreče in ocenjevanje tveganj2. Smernice za izdelavo načrtov zaščite in reševanja3. Vzorčna študija za izbrano slovensko organizacijo in službo za zaščito, reševanje in civilno zaščito na občinski ravni4. Delavnica o pripravi načrtov zaščite in reševanja v organizaciji in zunaj organizacije
Glavne dejavnosti	<ol style="list-style-type: none">1. Priporočiti metode za določanje nevarnosti v organizacijah, ki jih zajema SEVESO II direktiva2. Izdelati smernice za pripravo načrtov zaščite in reševanja3. Ugotoviti primerno organizacijo za pripravo vzorčne študije4. Za izbrano organizacijo izdelati oceno tveganja in načrt zaščite in reševanja ob večjih nesrečah5. Izvesti delavnico na temo izdelave načrtov zaščite in reševanja
Pričetek projekta	16.2.2001
Zaključek projekta	7.1.2002, oddaja potrjenega zaključnega poročila

VSEBINA

0.	PREGLEDNICA KRAJŠAV	4
1.	POVZETEK	5
2.	UVOD	6
	2.1 Ozadje in namen poročila	6
3.	SPLOŠNO O MODELIRANJU POSLEDIC NESREČ	7
	3.1 Vrste (tipi) scenarijev nesreč in kriteriji za njihov izbor	8
	3.2 Analiza frekvenc	8
	3.3 Dodatne ocene tveganj in nevarnosti	9
4.	PREGLED MODELOV	10
	4.1 Raven 1: Enostavni programi	10
	4.2 Raven 2: Programski paketi	13
	4.3 Raven 3: Analitični programi	15
	4.4 Povzetek pregledanih programov	21
	4.5 Programi za analizo frekvenc	22
5.	ZAKLJUČKI	24
	5.1 Programi za modeliranje posledic/analizo tveganj	24
	5.2 Programi za analizo frekvenc	25
	5.3 Splošni zaključki	26

0. PREGLEDNICA KRAJŠAV

Pregled uporabljenih krajšav v tem poročilu (podajamo originalni angleški in prevedeni pomen):

BLEVE	Boiling Liquid Expanding Vapour Explosion; Eksplozija posode stisnjenih hlapov, ki so nastali iz uparele tekočine v posodi
CSV	Comma Separated Variable; Računalniška oblika podatkov zapisanih v datoteki
EIA	Environmental Impact Assessment; Presoja vplivov na okolje
EU	European Union; Evropska Unija
GIS	Geographical Information Systems; Geografski informacijski sistemi
HSE	Health and Safety Executive; Britanska Uprava za zdravje in varnost
LNG	Liquefied Natural Gas; Utekočinjen naravni plin (metan)
LPG	Liquefied Petroleum Gas; Utekočinjen naftni plin (propan-butan)
LOX	Liquid Oxygen; Tekoči kisik
NIST	National Institute of Standards and Technology; Ameriški Državni institut za standarde in tehnologijo
QRA	Quantitative Risk Assessment; Kvantitativna ocena tveganja
USEPA	United States Environmental Protection Agency; Ameriška Agencija za varovanje okolja
VCE	Vapour Cloud Explosion; Eksplozija plinskega oblaka (hlapov, par)

1. POVZETEK

Za modeliranje scenarijev nesreč in analizo tveganj je na tržišču na razpolago široka ponudba računalniških programov. V tem poročilu podajamo ugotovitve po pregledu in oceni nekaterih. Poročilo opisuje predvsem naslednje lastnosti programov:

- zmogljivosti programa,
- prijaznost do uporabnika,
- cena/stroški nabave in uporabe.

Za potrebe izvajanja direktive Seveso II priporočamo, da naj bo izbrani program sposoben vsaj modeliranja posledic požara, eksplozije in prenosa/redčenja strupenih snovi.

Programi za modeliranje posledic nesreč se razlikujejo glede podrobnosti in kompleksnosti vgrajenih modulov, zato so boljši in celovitejši programski paketi tudi dražji. Uporabnik naj upošteva celotno ceno programskega paketa (stroške nakupa in letne stroške vzdrževanja programske opreme) in uporabnost rezultatov modeliranja. V določenih primerih je najbolj smotrna odločitev nakup kombinacije programskih paketov.

V okviru projekta in pri izdelavi poročil so sodelovali:

Vodja projekta:

Eileen Lee,
Project Management Ltd

Ocenjevanje tveganj/načrtovanje ukrepanja ob nesreči:

Pat Swords,
Project Management Ltd
Karen Harrington,
Project Management Ltd
Doc.dr.Branko Kontić,
Institut Jožef Stefan
Dr.Marko Gerbec,
Institut Jožef Stefan

Predstavnici uporabnikov:

Jasmina Karba,
Ministrstvo za okolje in prostor
Andreja Ferlin-Lubi,
Ministrstvo za obrambo

Predstavnik MOL:

Julij Jeraj,
Oddelek za zaščito, reševanje in
civilno obrambo

Predstavnika Butan Plina, d.d.:

Janez Oblak, Tehnični direktor
Norman Osrečki, varnostni inženir

2. UVOD

2.1 Ozadje in namen poročila

Dne 9. decembra 1996 je direktiva št. 96/82/EC o obvladovanju nevarnosti večjih nesreč z nevarnimi snovmi (imenovana tudi Direktiva Seveso II) nadomestila prejšnjo direktivo št. 82/501/EC. Direktiva Seveso II ima dva namena:

1. *Preprečevanje* večjih nesreč z nevarnimi snovmi.
2. *Obvladovanje in zmanjševanje posledic* večjih nesreč za ljudi in okolje.

To poročilo je bilo pripravljeno v okviru projekta pomoči EU Sloveniji pri uvajanju direktive Seveso II. Podajamo rezultate pregleda in oceno komercialno dostopnih programskih orodij za modeliranje scenarijev nesreč in analizo tveganj. To je eno od poročil, ki so bila pripravljena v okviru omenjenega projekta. Vsa poročila so navedena v tabeli 2-1:

Tabela 2-1: Seznam poročil

Poročilo št.	Naloga	Naslov poročila
Naloga 1 – Pripravljenost na zaščito in reševanje		
360006-23-RP-101	1 a)	Smernice za ugotavljanje nevarnosti in ocenjevanje tveganja
360006-23-RP-102	1 b)	Možne nesreče pri organizacijah, ki jih zajema direktiva SEVESO II
360006-23-RP-103	1 c)	Modeliranje scenarijev nesreč in njihovih posledic
360006-23-RP-104	1 d)	Smernice za izdelavo načrtov zaščite in reševanja v gospodarskih družbah, zavodih in drugih organizacijah
360006-23-RP-105	1 e)	Smernice za izdelavo načrtov zaščite in reševanja zunaj organizacije
Naloga 2 - Vzorčna študija za izbrano slovensko organizacijo in službo za zaščito, reševanje in civilno zaščito na občinski ravni		
360006-23-RP-106	2 a)	Butan Plin - Ugotavljanje nevarnosti in ocena tveganja
360006-23-RP-107	2 b)	Butan Plin - Praznjenje železniške cisterne, študija HAZOP
360006-23-RP-108	2 c)	Butan Plin - Načrt zaščite in reševanja
360006-23-RP-109	2 d)	Občinski načrt zaščite in reševanja ob nesreči v podjetju Butan Plin
Naloga 3 – Usposabljanje		
Materiali za delavnico	3 b)	Delavnica o pripravi načrtov zaščite in reševanja

3. SPLOŠNO O MODELIRANJU POSLEDIC NESREČ

Vsak scenarij nesreče lahko s pomočjo računalniškega programa ustrezno modeliramo. Programi za računalniško modeliranje služijo za napoved obnašanja nevarnih snovi, ki so udeležene v nesreči. Nekateri programi nudijo napovedi le za en tip nesreče, nekateri pa lahko napovedujejo več tipov nesreč. Pregledane programe lahko v splošnem razdelimo v tri glavne skupine:

- **Raven 1: Enostavni programi**

Enostavni programi so namenjeni za modeliranje posameznih scenarijev nesreč, kot so na primer požari ali izpusti strupenih snovi.

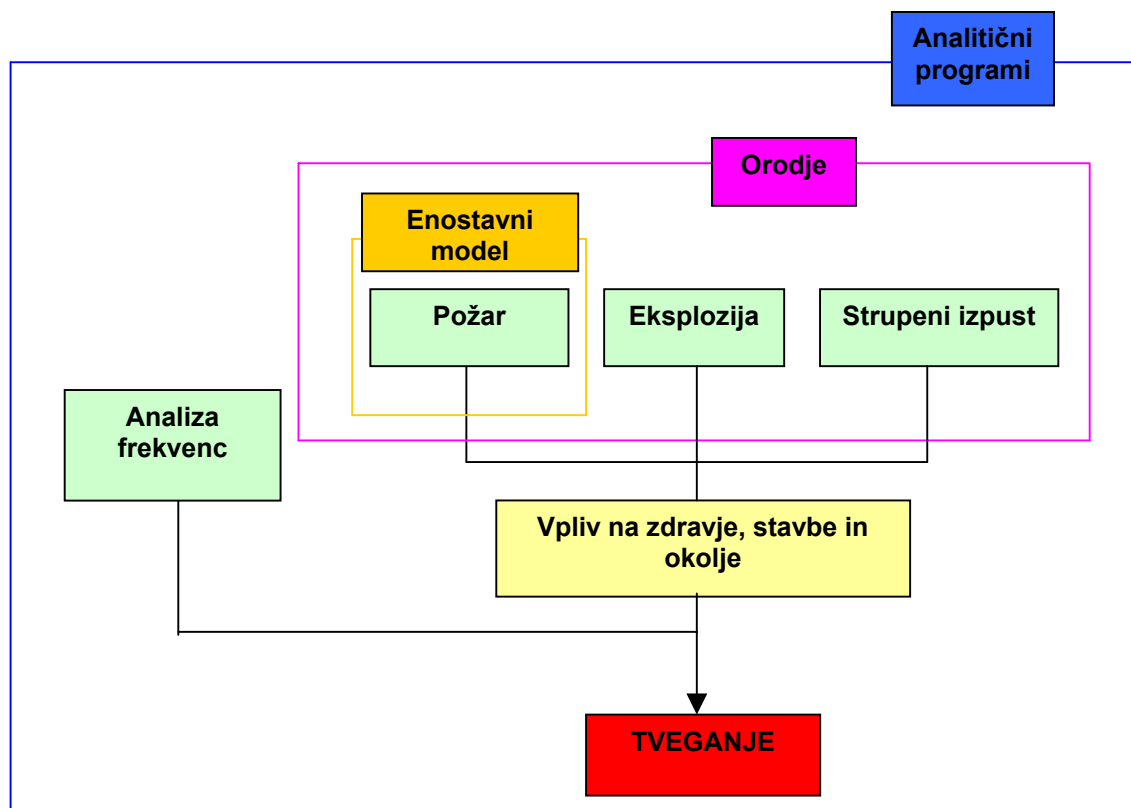
- **Raven 2: Programska orodja**

Programska orodja so namenjena skupnemu modeliranju več posameznih scenarijev nesreč, kot so na primer požari in izpusti strupenih snovi.

- **Raven 3: Analitični programi**

Analitični programi so običajno zelo kompleksni računalniški programi, ki lahko modelirajo poleg scenarijev poteka izrednega dogodka tudi možne posledice in vplive nesreče, kot so na primer obseg poškodb na ljudeh in škoda na okolju ali stavbah.

Slika 3-1 prikazuje hierarhijo različnih tipov računalniških paketov za modeliranje nesreč, ter njihovo vlogo v modeliranju tveganj.



Slika 3-1: Računalniški programi in modeliranje tveganj.

3.1 Vrste (tipi) scenarijev nesreč in kriteriji za njihov izbor

Najpomembnejši parameter, s katerim opišemo nesrečo, je tip nesreče. To je hkrati podlaga in kriterij za izbor scenarija nesreče za modeliranje. Glede na scenarij nesreče pa lahko izberemo ustrezne računalniške modele/programme. Računalniški modeli običajno obravnavajo od enega do pet glavnih scenarijev za nesreče, kar zadošča za najbolj pogoste industrijske nesreče. Glavni scenariji, oziroma tipi nesreč, so:

1. Požar

Na splošno lahko modeli požarov napovejo stopnje toplotnega sevanja, območja v ognju, območja z nadtlaki, itd. Modeli lahko opisujejo BLEVE, ognjene krogle, goreči curek, goreče luže, eksplozije oblaka hlapov in druge. Modeliranje požarov in eksplozij se običajno delno prekriva.

2. Eksplozija

Na razpolago je več metod, ki jih uporablja večina modelov, kot so na primer Baker-Strehlov, TNT, več-energijski model, itd. Ustrezni programski paketi običajno napovedujejo nadtlake, trajanje sunkov, eksplozije plinskih oblakov in več-energijske eksplozije.

3. Redčenje strupenih snovi v atmosferi

Modeli redčenja strupenih snovi v atmosferi upoštevajo okoliščine izpusta in meteorološke pogoje. Pogosto napovedo nastajanje aerosolov, spiranje snovi z dežjem in nastanek padavin (luž), tvorbo in premikanje oblakov z različnimi lastnostmi, itd.

4. Eksplozije prahu

Modeli eksplozij prašnih snovi so podobni modelom običajnih eksplozij in se lahko pripetijo kot serija eksplozij.

5. Redčenje v vodi

Programi za modeliranje redčenja strupenih snovi v vodi običajno kombinirajo model toka vodnega telesa (površinske vode ali podtalnica) z onesnaževali (ob uporabi faktorjev za redčenje). Vsi programi za modeliranje redčenja v vodi so samostojni in se ne pojavljajo kot sestavina pregledanih analitičnih programov.

3.2 Analiza frekvenc

Analizo frekvenc običajno izvedemo s pomočjo modela drevesa napak/odpovedi. To je uporabno za določitev pogostnosti obravnavanega nezaželenega dogodka. Tako opišemo poti (kombinacije in serije dogodkov), ki pripeljejo do glavnega dogodka, ki nas zanima. Posameznim dogodkom pripišemo verjetnost in nato izračunamo celokupno verjetnost za glavni dogodek-nesrečo. Takšne modele lahko uporabimo v mnogih industrijskih procesih in sistemih, ki potencialno lahko odpovejo ali izpadejo, ter pripeljejo do večje nesreče. Modele za izvajanje analize frekvenc smo obravnavali ločeno od ostalih modelov, ker gre za modeliranje pogostnosti dogodkov, za razliko od modeliranja poteka samih dogodkov in njihovih posledic. Modeli za analizo frekvenc so nujna sestavina analize tveganja (vsebujejo jih nekateri "analitični programi").

3.3 Dodatne ocene tveganj in nevarnosti

Nekateri programi omogočajo poleg modeliranja različnih scenarijev nesreč (za oceno posledic na zdravje ljudi, objekte in okolje), še oceno njihovih frekvenc. Običajno je to izvedeno v obliki ločenega programskega paketa, ki uporablja rezultate osnovnih modelov. Takšni dodatni rezultati so zelo uporabni za načrtovanje, razvrščanje tveganj, določitev con tveganja, izbiro lokacij. Takšne celovite ocene tveganj najdemo le v "analitičnih programih".

4. PREGLED MODELOV

Opravili smo pregled programov (računalniških modelov), ki so dostopni na tržišču. Vsak program smo pregledali predvsem glede:

- zmogljivosti in prilagodljivosti,
- pripomb in pojasnil za uporabnike.

Zmogljivost in prilagodljivost se nanaša predvsem na osnovne funkcije modela, proizvajalca, njegove zmogljivosti, potrebne podatke, obliko izhodnih podatkov (rezultatov), jezika v katerem je napisan uporabniški vmesnik, potrebni operacijski sistem, ter potrebno strojno računalniško opremo.

Pripombe se nanašajo na prijaznost programa do uporabnika, tehnično pomoč proizvajalca programa za uporabnike, stroške nabave programa, ter na nasvete glede primernosti programa za določeno uporabo.

Če obstaja, navajamo tudi spletni naslov z dodatnimi podrobnejšimi podatki.

Nekatere demonstracijske verzije dovolj zmogljivih modelov smo tudi preizkusili.

4.1 Raven 1: Enostavni programi

4.1.1 CFAST

Model CFAST je program za modeliranje požarov, ki ga je izdelal National Institute of Standards and Technology (NIST), ZDA, <http://fast.nist.gov/cfast.html>.

a) *Zmogljivost in prilagodljivost*

Izračuna čas potreben za razširitev dima, plinov in temperaturo v objektu (stavbi) med požarom, ki ga definira uporabnik. CFAST sloni na reševanju sistema enačb, ki napovedujejo določene snovne in druge lastnosti (tlak, temperatura, itd.) glede na entalpije in prenos snovi v majhnih časovnih korakih. Omenjene enačbe so bile razvite na osnovi enačb o ohranitvi energije, mase snovi, gibalne količine in splošnega plinskega zakona za idealne pline. Uporabnik mora vnesti v model podatke o požaru v obliki časovno odvisnih podatkov o sproščeni energiji in masi snovi iz gorečih snovi, saj ne vsebuje modela napredovanja požara.

b) *Pripombe*

CFAST je omejen le na modeliranje požarov in zato ni primeren za izvajanje Seveso II. Na razpolago je za \$250 (€295)

4.1.2 LNGfire3

LNGfire3 izdeluje Risk and Industrial Safety Consultants (RISC), ZDA, (lastnik Trinity Consultants, USA), www.trinityconsultants.com.

a) Zmogljivost in prilagodljivost

LNGfire3 je enostaven program, ki omogoča uporabniku, da izračuna toplotno sevanje na horizontalne in vertikalne cilje, ter največje toplotne energije iz požarov iz razlitega utekočinjenega zemeljskega plina (LNG). Program oceni toplotne obremenitve za največ deset razdalj, ki jih določi uporabnik in izračuna varnostna področja v skladu z ameriškim zveznim predpisom 49 CFR 193.2057.

b) Pripombe

Ta program, ki je na razpolago prosto na internetu, izračunava le posledice požara tekočega plina in le za izpeljane ameriške standarde. Program lahko modelira le posledice požara, njegova uporabnost za standarde v EU in za izvajanje direktive Seveso je omejena.

4.1.3 WinTran

Ta program modelira transport onesnaževal v podtalnici. Proizvaja ga Scientific Software Group, ZDA,
www.scisoftware.com/products/wintran_details/wintran_details.html.

a) Zmogljivost in prilagodljivost

WinTran je model, ki uporablja metodo končnih elementov za reševanje delnih diferencialnih enačb za negibljiva območja vodnih teles. Model upošteva konvekcijo, difuzijo, linearno vezavo in razpad prvega reda. Rezultati so podani v obliki krivulje koncentracijskega čela, koncentracijskih krivulj, ter diagramov koncentracij v odvisnosti od časa na izbranih točkah. Potrebujemo Windows 3.1 ali višje, z 2.5 MB prostora na trdem disku.

b) Pripombe

Glede na to da gre za model transporta onesnaževal, je model dokaj prijazen do uporabnika. Cena za WinTran je \$565 (€670). Ni dodatnih letnih stroškov za vzdrževanje.

4.1.4 DEGATEC/DEGADIS

DEGATEC/DEGADIS je razvila Univerza v Arkansasu ob podpori ameriške obalne straže (US Coastguard) in ameriške agencije za varstvo okolja (US EPA),
www.chempute.com/breeze_degadis.htm

a) Zmogljivost in prilagodljivost

Ta program omogoča napovedovanje nevarnih območij okoli nesreč pri katerih je prišlo do izpustov nevarnih snovi in hlapov težjih od zraka, kot so, LNG (metan), LPG (propan-butan), NH₃, Cl₂, HF, HCl, H₂S, SO₂, VSM, LOX, LN₂, itd.. Program uporablja model DEGADIS za napovedovanje redčenja hlapov, ki je bil razvit na omenjeni univerzi, in lahko modelira tako stacionarne, kot tudi kratkotrajne izpuste.

Program vsebuje bazo podatkov za 35 snovi, lahko pa enostavno dodamo tudi druge. Posebna lastnost programa je ta, da v primeru LNG lahko modelira kratkotrajne izpuste, z ovirami ali brez, neprekinjene ali prekinjene, na vodi ali tleh. Vsebuje modela za goreč curek in redčenje oblaka v atmosferi. Rezultati so podani v obliki tabele in jih lahko nadalje obdelamo in predstavimo grafično. Program zahteva operacijski sistem MS Windows.

b) Pripombe

Ta starejši program je na razpolago zastoj na internetu. Lahko ga uporabimo za oceno nevarnosti, analizo posledic, izbiro lokacije (upravni in lokacijski postopek) in presojo vplivov na okolje (EIA). Obravnava le manjši del posledic, ki jih zahteva Seveso II.

4.1.5 SOURCE5

SOURCE5 je razvil Gas Technology Institute, ZDA. Izračunava hitrost nastajanja hlapov LNG (utekočinjen naravni plin) na podlagi razlitja in luž v različnih pogojih. www.gri.org/.

a) Zmogljivost in prilagodljivost

Source5 omogoča uporabniku, da izračuna začetne pogoje izhlapevanja iz razlitih luž za neprekinjene in prekinjene vire LNG, za primere redčenja na tleh ali na vodi. Rezultate lahko uvozimo direktno v program DEGADIS.

b) Pripombe

Program je na razpolago zastoj na internetu. Ker zna program modelirati le izpuste LNG, je njegova uporaba za Seveso II omejena.

4.1.6 STOER

STOER je razvila Zveza nemških inženirjev (Verein Deutscher Ingenieure - VDI), www.vdi.de/.

a) Zmogljivost in prilagodljivost

Ta nemški program je izdelan na osnovi standarda VDI 3783 del 1 in 2. Za izbrano začetno točko program modelira redčenje hlapov, ki so težji ali lažji od zraka. Potrebni vstopni podatki so toplotna moč in emisijski volumski pretok, hitrost dvigovanja hlapov, meteorološki podatki, dimenzije stavbe in podatki o viru. Rezultati so podani tabelarično in podajajo različne koncentracije v smeri vetra. Podpira angleški in nemški jezik. Program zahteva operacijski sistem MS DOS 3.0 ali višji.

b) Pripombe

Vnos podatkov v program je izveden v obliki ASCII datoteke. Program upošteva ustrezna nemška priporočila za izračun redčenja hlapov. Ta program je omejen na izpuste hlapov v atmosfero in redčenje, ter ni primeren za celovito analizo tveganja.

4.1.7 HSPF

Hidrološki Simulacijski Program Fortran (Hydrologic Simulation Program Fortran - HSPF) je razvila USEPA in proizvaja Scientific Software Group, ZDA,

www.scisoftware.com/products/hspf_model_details/hspf_model_details.html.

a) Zmogljivost in prilagodljivost

HSPF je program za modeliranje običajnih in strupenih onesnaževal v vodi. Obravnava lahko stacionarno ali dinamično stanje. Modelira lahko razvejane vodne tokove in dobro premešana jezera v kotlinah. Program zahteva okolje Windows 95/98/NT ali UNIX.

b) Pripombe

Model je združljiv z GIS. Ni primeren za upravljanje s tveganji. Verjetno ni primeren za modeliranje nesreč. Cena modela je \$1600 (€1890).

4.1.8 SOFIE

Simulacije požarov v prostorih (The Simulations Of Fires In Enclosures - SOFIE) izdeluje konzorcij evropskih laboratorijev za raziskave požarov (European fire research laboratories), začet pri univerzi v Cranfieldu, Velika Britanija, www.cranfield.ac.uk/sme/sofie/

a) Zmogljivost in prilagodljivost

SOFIE so razvili kot model za napovedovanje požarov v stavbah, vključno s kompleksnimi dogodki, razvojem požara in širjenjem, emisijami strupenih snovi in njihovim redčenjem, ter medsebojnimi vplivi med požarom in razpršeno vodo, kar lahko uporabimo za oceno požarne varnosti.

b) Pripombe

Cena modela SOFIE je £100 (€120), vendar je omejen le na napovedovanje požarov znotraj objektov. Njegov namen je ocena požarne varnosti, ter kot takšen ni primeren za izvajanje Seveso II.

4.1.9 Povzetek ravni 1: Enostavni programi

Nekatere programe navedene v tej skupini lahko pridobimo zastonj ali ob manjših stroških. Le majhen del scenarijev, ki jih obravnava Seveso II, lahko obdelamo z enim samim programom. Omogočajo posamezne izračune, globalne povezave med posameznimi izračuni pa lahko izgubimo. V primeru, da so vsi vstopni podatki na razpolago v primerni obliki, lahko pridobimo rezultate hitro in enostavno.

4.2 Raven 2: Programski paketi

4.2.1 ARCHIE

Samodejni vir za vrednotenje kemijskih nesreč (Automated Resource for Chemical Incident Evaluation - ARCHIE) je razvila USEPA in ameriško ministrstvo za transport (U.S. Department of Transport), www.epa.gov/region07/programs/artd/toxics/arpp/archie.htm.

a) Zmogljivost in prilagodljivost

Program ARCHIE lahko napoveduje hitrosti izpustov, hitrosti uparevanja luž, redčenje nevtralnih in težkih plinov, goreč curek, ognjene kroglice, BLEVE in eksplozijo plinskega oblaka. Program je v angleškem jeziku, izvaja se v okolju

DOS, potrebujemo pa vse vstopne podatke (baze podatkov o snoveh ni). Rezultat modela so poročila in tabele.

b) Pripombe

ARCHIE lahko zastonj dobimo na Internetu. Tehnična pomoč je omejena, model je dokaj star, ter že nekaj časa ni bil posodobljen. To se pozna tudi v njegovi predstavitvi, rezultatih in prijaznosti so uporabnika. Sledljivost izračunov je dobra, čeprav je nekaj težav z enotami; na Internetu je na razpolago zastonj program za pretvarjanje med merskimi enotami. Veliko scenarijev v smislu zahtev direktive Seveso II lahko obdelamo z ARCHIE, vendar je glede na datum izdelave in deželo, njegova uporabnost lahko omejena.

4.2.2 COMPAS

Ta program je razvilo podjetje Brenk software products, Nemčija;
www.brenk.com/software/index_e.htm.

a) Zmogljivost in prilagodljivost

COMPAS je sistem za podporo odločanju pri nesrečah z emisijami kemikalij in strupenih snovi iz obratov ali transportov nevarnih snovi. V realnem času določa trenutno in pričakovano emisijo nevarne snovi. Vstopni podatki so lastnosti snovi in okolja, podatki o vetru in stavbah. Izračuni redčenja se izvajajo vsakih 5 minut. Rezultati izračunov so podani na zemljevidih, ki jih poda uporabnik ali v tabelah. Sistem je prijazen do uporabnika.

b) Pripombe

COMPAS lahko končni uporabniki uporabijo za šolanje, navodila osebju in nekatere osnovne načrtovalne namene. Simuliramo lahko neprekinjene ali kratkotrajne izpuste plinov, vključno s težkimi plini, tekočinami in utekočinjenimi plini. Cena je €15000. Sam po sebi program ni primeren za celovito izvajanje Seveso II.

4.2.3 Breeze Haz

Breeze Haz proizvaja podjetje Trinity Consultants, ZDA. Na tržišču so trije modeli Breeze Haz (Redčenje, Požar/eksplozija, Professional (Pro)). Od navedenih je model Breeze Haz Pro najprimernejši v smislu direktive Seveso II;
www.chempute.com/breeze.htm.

a) Zmogljivost in prilagodljivost

Breeze Haz Pro je orodje za modeliranje, ki ocenjuje posledice različnih izpustov, kot so izpusti strupenih plinov in tekočin, nadtlake eksplozij, ter toplotna sevanja požarov. Breeze Haz Pro je kompleksen paket, ki vsebuje modele za redčenje SLAB, DEGADIS, AFOX ali INPUFF, dva modela za eksplozije plinskih oblakov (VCE) in modele za požar na omejenih ali neomejenih lužah, ter dodaten model za goreče curke. Vse navedeno lahko uporabljamo v skupnem okolju Windows.

Model vsebuje bazo podatkov za 140 kemikalij. Model lahko prikaže rezultate v obliki poročil, x-y diagramu koncentracij, diagrama koncentracijskega preseka oblaka, ravni toplotnega sevanja in vrednosti za nadtlake eksplozij. Za ozadje

diagramov lahko uvozimo datoteke tipa .DXF in .BMP. Program zahteva računalnik z vsaj 32 MB RAM spomina, procesor Pentium, 100 MB prostega prostora na trdem disku, CD-ROM, ter Windows 95, 98 ali NT.

b) Pripombe

Ta paket omogoča, da si uporabnik priredi program po lastnih potrebah. Program je prijazen do uporabnika, na razpolago pa je tudi GIS vmesnik. Cena tega modela je US \$5195 (€6140), letni paket vzdrževanja stane \$1295 (€1530).

4.2.4 Dust-Expert

Program je razvila Britanska Uprava za zdravje in varnost (UK Health and Safety Executive - HSE), trži ga pa podjetje DNV Technica;
www.dnv.com/software/Products/Risk_Management/DustExpert.htm.

a) Zmogljivost in prilagodljivost

V paketu je povezanih pet modulov, ki jih lahko uporabimo kombinirano ali neodvisno. Odločitvena drevesa omogočajo nadzor nad točko vžiga, zadrževanje eksplozij in njihovo zamiranje. Izračunamo lahko čvrstost obratov in procesne opreme med eksplozijami prašnih snovi. Baza lastnosti ponuja podatke o eksplozivnosti prahov in čvrstosti konstrukcijskih materialov; Modul za računanje izračunava dimenzije ventilacijskih odprt in znižane tlake eksplozij, Navodila pa ponujajo splošno pomoč pri uporabi programa.

b) Pripombe

Program je bil izdelan z namenom načrtovanja skladiščnih posod, ter ponuja le malo glede modeliranja nesreč v smislu Seveso II.

4.2.5 Povzetek ravni 2: Programska orodja

Obseg in izvedba te skupine računalniških modelov se dobro povezuje s potrebami uporabnika, da pripravi scenarije možnih nesreč. Ti programi so v sredini ponudbe glede zmogljivosti in cen. Vgrajene zmogljivosti programov so običajno zadostne. Nekateri kompleksnejši modeli pa lahko obravnavajo precej različnih tipov nesreč. Ta skupina programov ne vsebuje vseh potrebnih zmogljivosti za ocene tveganj in načrtovanje obvladovanja tveganja.

4.3 Raven 3: Analitični programi

Pripomniti velja, da so programi EFFECTS, FRED in PHAST komponente za modeliranje nesreč iz analitičnih programov in so zato opisani v tem poglavju. Sami po sebi zaslužijo obravnavo kot napredna "Programska orodja" in naj bi zato bili upoštevani v tej kategoriji. V ustreznih preglednih tabelah so zato ti programi podani v obeh kategorijah.

4.3.1 Real-Time/Trace

Model z imenom "Analiza strupenih izpustov v realnem času" (Real-Time and Toxic Release Analysis of Chemical Emissions - TRACE) proizvaja podjetje SAFER systems, ZDA, www.safersystem.com/Trace.htm.

a) Zmogljivost in prilagodljivost

TRACE je obsežno orodje za analize kemijskih tveganj. Oceni lahko izpuste strupenih snovi, toplotno sevanje požarov, ter nadtlake eksplozij. Program omogoča oceno števila ogroženih ljudi in oceno učinkovitosti zaščitnih ukrepov.

Real-time je specifični lokalni sistem za analizo situacije v primeru nesreče z nevarnimi snovmi. Kompleksni matematični algoritmi so povezani s podatki o vremenu v realnem času in opisom konkretne lokacije (kemijske/fizikalne lastnosti snovi, scenariji izpustov, topografija terena) zato, da se lahko napove razmere v primeru izpustov strupenih snovi na lokaciji obrata ali v okolici.

Trace in Real-Time sta na razpolago v angleškem, nemškem, francoskem, nizozemskem, portugalskem in španskem jeziku. Program zahteva računalniški sistem z vsaj Pentium procesorjem, 50 MB prostora na trdem disku, CD-ROM in 32 MB RAM spomina. Rezultati so prikazani na zelo prijazen način v grafični obliki, ki jih lahko prikažemo nad zemljevidom.

b) Pripombe

Podjetje SAFER omogoča tehnično pomoč v obliki tehničnega priročnika ter preko e-maila ali telefona. Pogosto organizirajo delavnice za usposabljanje uporabnikov. Program uporabljajo podjetja, kot so na primer DuPont, ELF, FINA, Chevron Chemical, USEPA, itd. Model je uporaben za načrtovanje zaščite in reševanja, optimizacijo procesov, ter analizo/načrtovanje/upravljanje s tveganjem. Cena enkratne licence za TRACE je \$17,500 (€20,700) z opcijo za letno naročnino na izboljšave v znesku \$3750 (€4425). Real-Time, ki je specifičen za dano lokacijo, ter vsebuje meteorološki stolp in povezavo za prenos podatkov, stane med \$50.000 in \$100.000 za lokacijo (€59.000-118.000).

4.3.2 SEVEX

SEVEX (Seveso Expert) proizvaja Lakes Environmental, www.lakes-environmental.com.

a) Zmogljivost in prilagodljivost

SEVEX lahko modelira strupene izpuste, požare vnetljivih snovi in eksplozije, pri različnih pogojih izpustov. Vstopni podatki so opis lokacije (topografija, raba tal, vnos zemljevida), scenarij nesreče (udeležena snov, skladiščni pogoji, posode, cevi, opis izpusta, ter meteorološki podatki). Program zahteva računalniški sistem z procesorjem Pentium, 32 MB RAM spomina, 500 MB prostora na trdem disku, Windows 95/98/NT in CD-ROM.

Program je prijazen za uporabo, izračuni so nazorni in pregledni (kar je opisano tudi v tehničnih navodilih). Rezultati izračunov so podani v obliki tabel, grafov in poročil. Dvodimenzionalne in trodimenzionalno predstavljene rezultate lahko prikažemo nad zemljevidom.

b) Pripombe

SEVEX je uporaben za simulacije izpustov v primeru nesreč iz kemijskih obratov, označevanje tveganih področij in načrtovanje za primere nesreč. Program je bil razvit kot pomoč pri izvajanju direktive Seveso. Tehnična pomoč je dobra, dostopna je preko telefona, faxes, e-maila, in spletne strani podjetja Lakes Environmental.

Glavna pomanjkljivost je dejstvo, da sta komponenti za modeliranje nesreč in analizo posledic združeni v enem paketu, ter se ju ne da kupiti posebej. Enkratna licenca znaša €25.000, kar vsebuje tudi dva dni usposabljanja pri uporabniku.

4.3.3 EFFECTS/DAMAGE

EFFECTS in DAMAGE proizvaja TNO Chemical, Nizozemska, www.mep.tno.nl.

a) *Zmogljivost in prilagodljivost*

EFFECTS je programsko orodje za izračunavanje fizičnih vplivov. Vsebuje uveljavljene modele za vrednotenje fizičnega obnašanja izpusta tako vnetljivih kot strupenih snovi. Vstopni podatki so udeležene snovi, meteorološka situacija in pogoji izpusta. Vsebuje bazo podatkov za 93 kemikalij. Rezultati so v obliki diagramov in poročil.

DAMAGE je druga komponenta paketa, ki izračunava posledice izpostavljenosti nevarnim snovem (posledice toplotnega sevanja, udarnih valov in strupenih plinov) za ljudi in tehnično opremo. Vstopni podatki so rezultati programa EFFECTS. Rezultati so podani v obliki diagramov in krajših poročil.

Oba programa nimata skupnega uporabniškega vmesnika. Modul EFFECTS podaja potrebne podatke za modul DAMAGE. Paket zahteva Pentium procesor, 32 MB RAM spomina, Windows 95/98/NT in CD-ROM.

b) *Pripombe*

Program predstavlja računalniško izvedbo "rumene" in "zelene" knjige TNO (specifikacija računskih metod). Rdeča knjiga opisuje metode za določanje in obdelavo pogostnosti. Vijolična knjiga opisuje priporočila za izdelavo varnostne analize. Podpora uporabnikom je na razpolago v obliki pomoči preko e-mail-a. EFFECTS stane €4,550 z letnimi stroški za vzdrževanje v višini €500. DAMAGE stane €1195, stroški servisiranja so €195 na leto. Vsaka zelena, rumena, rdeča in vijoličasta knjiga stane med €135 in €160.

4.3.4 RISKCURVES

RISKCURVES prav tako proizvaja TNO Chemical, Nizozemska, www.mep.tno.nl.

a) *Zmogljivost in prilagodljivost*

Tretji model pri TNO je RISKCURVES. To programsko orodje izvaja kvantitativno oceno tveganja (QRA), ki združuje rezultate iz modelov EFFECTS in DAMAGE, z rezultati metod za določanje pogostnosti v procesu v skladu z priporočili za izvajanje ocene tveganj. Obstajajo tri verzije. RISKCURVES/C (konture) nudi rezultate za osnovno QRA, tveganje za posameznika in družbo, v obliki krivulj (kontur) in diagramov tveganja. RISKCURVES/A (analiza) nudi enake rezultate kot RISKCURVES /C in lahko tudi analizira rezultate, izdela poročila in izvozi podatke v GIS obliki. RISKCURVES/O (on-site; na lokaciji) lahko nudi vse kot /C in /A in lahko oceni tveganje za posameznika na lokaciji in uvozi statistične podatke o populaciji iz GIS. Program zahteva Pentium procesor, 32 MB RAM spomina, Windows 95/98/NT, CD-ROM, 200 MB prostega prostora na trdem disku. Vhodni podatki so: udeležene snovi, meteorološka situacija in pogoji izpustov. Vsebuje bazo podatkov za 93 najpogosteje v industriji uporabljenih nevarnih snovi.

b) Pripombe

Tehnično pomoč nudijo preko e-mail-a, ter usposabljanja uporabnikov. Licenca za RICKCURVES/C stane €12.250, za RISKCURVES/A stane €24.250, za RISKCURVES/C stane €36.250. Program je uporaben za modeliranje vplivov in posledic, ter celovito oceno tveganj.

4.3.5 PHAST/SAFETI

Programa PHAST (Process Hazard Analysis Software Tools; Programska orodja za analizo nevarnosti procesov) in SAFETI proizvaja podjetje DNV Technica, Velika Britanija; www.dnv.com/software/products/Risk_Management/phast.htm.

a) Zmogljivost in prilagodljivost

Računalniški model PHAST omogoča modeliranje posledic najbolj pogostih tipov večjih nesreč. To obsega modeliranje izpustov, redčenj, požarov, eksplozij, posledic izpustov strupenih snovi in izhlapevanja razlitih snovi v lužah. Vstopni podatki so predvsem podatki o tipu scenarija nesreče (PHAST vsebuje bazo podatkov za 59 podrobno opisanih nevarnih snovi, ter še dodatnih 1000 snovi, a z manj podatki). Rezultati so podani v obliki različnih diagramov, grafov in poročil.

SAFETI uporablja enak model kot PHAST za izračun posledic. Dodatno omogoča oceno pogostnosti nesreč, tako da lahko izračunamo področja s konstantnim tveganjem, FN krivulje in izvedemo razvrščanje tveganj. Na podlagi tako pridobljenih podatkov lahko ugotovimo, kako varen je določen obrat, ter ali zadošča postavljenim zahtevam. Rezultati so podani v obliki tabel in grafičnih prikazov.

Program zahteva računalniški sistem s procesorjem Pentium II 200 MHz (ali višjim), Windows 95/98/NT, 32 MB RAM spomina (64 MB z Windows NT). SAFETI zahteva tudi Internet Explorer.

b) Pripombe

Ta programa upoštevatata osnovne zahteve obstoječe zakonodaje. Navkljub veliki zmogljivosti sta oba programa, še vedno prijazna do uporabnika, saj ponujata dodatno pomoč uporabniku v vsakem pogovornem oknu. Priporočamo izobraževanje, ki ga nudi proizvajalec DNV Technica.

Poleg letnih konferenc uporabnikov obeh programov, velja omeniti še zelo dobro tehnično pomoč. Programa sta uporabna za oceno obsega posledic, lokacijskih študij, načrtovanja lokacij in kvantitativne ocene tveganj.

PHAST ima preko 300 uporabnikov po vsem svetu, med njimi so Akzo Nobel Chemicals, BASF, BOC Gases, BP Chemicals, Exxon Mobil in Shell. Cena je £12.000 (€18.900) za prvo licenco in £3.000 (€4.700) za drugo licenco na isti lokaciji, ter £9.000 (€14.100) za drugo licenco na drugi lokaciji. Oba programska paketa sta zaščitena s strojnim ključem.

SAFETI stane £24.000 (€37.800). SAFETI Professional stane £36.000 (€56.900).

4.3.6 SuperChems

SuperChems razvija Arthur D. Little, ZDA, www.chempute.com/supchem.htm.

a) *Zmogljivost in prilagodljivost*

Program SuperChems je na razpolago v dveh verzijah: professional in expert. Profesionalna verzija vsebuje več kompliciranih modelov, s katerimi lahko izdelamo oceno tveganja. SuperChems vsebuje metode za oceno začetnih pogojev izpustov, čemur sledijo modeli za redčenje, požar in eksplozijo. Modeli so obsežni, ter omogočajo analizo posledic zaradi izpusta strupenih, vnetljivih in/ali eksplozivnih snovi iz rezervoarjev, cevi ali razlitih luž, za ogrožena področja. Rezultati so prikazani v tabelah in diagramih.

Program je na razpolago za različne operacijske sisteme, med drugim za Windows 3.1, 95, NT in DOS.

b) *Pripombe*

Pomoč uporabniku ni vedno obširna. Kot takšen, program ni preveč prijazen uporabniku, ter zahteva izkušenega uporabnika. Profesionalna verzija stane \$12.500 (€14.750), letni stroški vzdrževanja znašajo \$3.000 (€3.600). Ekspertna verzija (vsebuje paket za analizo toplotnega tveganja in načrtovanje terena) stane \$25.000 (€29.500), ter še \$7.000 (€8.260) za letne stroške vzdrževanja.

4.3.7 FRED/PIPA

Orodji FRED (Fire, Release, Explosion and Dispersion; Požar, izpust, eksplozija in redčenje) in PIPA (Pre-Incident Planning Assessment tool; Orodje za načrtovanje) proizvaja podjetje Shell Global Solutions, www.shellfred.com and www.shellpipa.com.

a) *Zmogljivost in prilagodljivost*

FRED vsebuje zbirko modelov za požar, izpust, eksplozijo in redčenje, pripravljenih za napovedovanje izpustov snovi v primeru nesreče v proizvodnji ali skladišču. Program zahteva Windows 95/98/2000/NT, in CD-ROM. Potrebuje vstopne podatke o udeleženi snoveh (vsebuje bazo podatkov o 34 vnetljivih/explozivnih snoveh in 20 strupenih snoveh), meteorološke podatke in podrobne podatke o izpustu. Rezultati so podani v obliki prikaza udarnih valov, koncentracijskih krivulj in sevanj direktno nad načrtom lokacije.

PIPA uporablja FRED za oceno posledic. Rezultati so podani v obliki podatkov o posledicah, glede na načrt lokacije in tudi bočno glede na lokacijo. Program ima enake sistemske zahteve kot FRED.

b) *Pripombe*

Shellova modela uporablja veliko uporabnikov po vsem svetu, čeprav sta bila razvita najprej za naftno industrijo. Tehnična pomoč preko e-maila je hitra in uporabna. Programa sta zaščitena s pomočjo uporabniške šifre. Cena za neomejeno časovno licenco je £15.000 (€23.700) za FRED in £7.000 (€11.000) za PIPA. Za dodatne licence je popust okoli 20%, upoštevati pa je potrebno še letne vzdrževalne stroške.

4.3.8 Kovers

Kompetenzverbund Riskio und Sicherheitswissenschaften (Kovers) proizvaja Eidgenossische Technische Hochschule (ETH), Zurich, www.kovers.ethz.ch/First_site.htm.

c) *Zmogljivost in prilagodljivost*

Program Kovers je namenjen oceni posledic nesreč z nevarnimi snovmi, kar obsega na primer BLEVE, posledice eksplozij, ter redčenje izpustov strupenih snovi v zraku v hribovitem okolju. Vgrajena so tudi GIS orodja. Modul za večkriterijsko analizo omogoča načrtovanje ukrepov zaščite in reševanja v primeru nesreče. Uporabnik lahko uporablja kemijsko, jedrsko in meteorološko bazo podatkov. Rezultati modela so prikazani v obliki dvo in tro dimenzionalnih diagramov koncentracij in v obliki poročil.

Program deluje v okolju Windows 3.1.

d) *Pripombe*

Proizvajalci programa Kovers so težko dostopni. Prav tako ni videti, da bi imeli izdelano politiko dodatne podpore uporabnikom. Podatki o ceni in prijaznosti do uporabnika niso na razpolago.

4.3.9 Povzetek ravni 3: analitski programi

Programi v tej skupini so zmogljivi. Omogočajo zelo podrobne in specifične nastavitve posameznih modelov. Prednost teh programov je, da so uporabni za modeliranje več kot le enega tipa nesreče. Omogočajo modeliranje posledic, kar je pomembno za pripravo načrtov zaščite in reševanja, pri načrtovanju lokacije, ter razumevanju posledic nesreč.

V večini primerov je zaradi obsežnosti programskih paketov potrebno izobraževanje. Zato je celotni strošek za čas in porabljen denarna sredstva bistveno večji kot pri prejšnjih dveh skupinah programov.

4.4 Povzetek pregledanih programov

Tabela 4-1 podaja povzetek pregledanih modelov glede na skupine (npr., samostojni programi, programska orodja, analitični programi). Označene so zmogljivosti posameznih programov glede modeliranja določenih tipov nesreč (na primer, požar, eksplozija). Omenjene zmogljivosti lahko nadalje podrobneje razdelimo (na primer, goreči curek, goreče luže, BLEVE), toda to je že bilo podrobneje podano v opisu modelov. Podan je tudi cenovni razred za posamezni program.

Tabela 4-1: Pregledani programi

Program (Opomba 1)	Požar	Eksplozija	zpust v zrak	Izpust v vodo	Ocena posledic ali tveganja	Cenovni razred (Opomba 2)
Samostojni programi						
CFAST	✓					B
DEGADIS*			✓			A
LNGFire3	✓					A
SOURCE5		✓				A
STOER		✓				
WinTran				✓		B
Programska orodja						
ARCHIE	✓	✓	✓			A
BREEZE HAZ*	✓	✓	✓			C
COMPAS			✓		✓	D
Dust Expert		✓				
EFFECTS	✓	✓	✓			B
FRED	✓	✓	✓			F
HSPF				✓		C
PHAST	✓	✓	✓			E
Analitični programi						
EFFECTS/DAMAGE*	✓	✓	✓		✓	C
Kovers	✓	✓	✓		✓	(Opomba 3)
RISK-CURVES	✓	✓	✓		✓	D,F,F (Opomba 4)
SAFETI	✓	✓	✓		✓	F
SEVEX*	✓	✓	✓		✓	F
SuperChems	✓	✓	✓		✓	D
FRED/PIPA	✓	✓	✓		✓	F
TRACE*	✓	✓	✓		✓	F

Opombe:

- * Pomeni, da smo za te modele dobili demonstracijske diskete/CD-je.
- A= zastoj, B< € 5.000, C= € 5.000 - 10.000, D= € 10.000 - 15.000, E= € 15.000 - 20.000, F= € 20.000.
- Ni podatka.
- Na razpolago je več verzij,

4.5 Programi za analizo frekvenc

Za oceno tveganj moramo izdelati tudi drevesa napak/odpovedi in drevesa dogodkov, ter oceniti frekvenco (verjetnost) za nesrečo.

Paketi za analizo frekvenc so uporabni za ugotavljanje pogostnosti napake ali odpovedi procesu, ki lahko vodi do določenega tipa nesreče. V tabeli 4-2 podajamo pregledane modele.

Tabela 4-2: Modeli za analizo frekvenc

Program	Drevo odpovedi	Drevo dogodkov
FaultTree+	✓	✓
CARA Fault Tree	✓	Ni na razpolago
Logan	✓	✓

Pripomniti velja, da kompleksno "Programsko orodje" skupaj s paketom za analizo frekvenc lahko doseže enake rezultate kot "Analitični programi" z nekaj dodatnega dela, ter uporabnikovo razlago rezultatov. Na osnovi podatkov o vplivih nesreč na ljudi in okolje lahko uporabnik napove posledice in določi krivulje tveganja.

4.5.1 LOGAN

Program Logan proizvaja in trži podjetje RM Consultants, www.rmcllogan.co.uk

a) Zmožljivost in prilagodljivost

Program Logan lahko uporabimo za izdelavo dreves odpovedi, dreves dogodkov in diagrama zanesljivosti. Logan nudi prijazen uporabniški vmesnik in enostaven prikaz rezultatov. Omogoča običajno analizo občutljivosti, optimizacijo testnega območja in druge funkcije.

Logan je na razpolago v angleškem jeziku. Zahteva Windows 95/98/NT, 8 MB prostega RAM spomina in 16 MB prostora na trdem disku.

Diagrame in rezultate lahko izvozimo kot rasterske slike (bitmap) in iz besedilne datoteke v formatu CSV, ki jih nato lahko uporabimo v Wordu ali Excelu. Drevesa odpovedi lahko uporabnik prikaže obrnjene pokončno ali ležeče.

b) Pripombe

Logan je programski paket, ki je enostaven za uporabo, ter ima vgrajeno pomoč in priložena uporabniška navodila.

Cena časovno neomejene licence je US\$3.600 (€ 4.100), vzdrževalni stroški so še US\$360 (€ 410). Obstaja še manjša verzija programa, ki pa verjetno ne bo zadoščala za uporabo v smislu izvajanja direktive Seveso II.

4.5.2 CARA – Fault Tree

CARA – Fault Tree proizvaja in trži Sydvest Software, Norway Consultants, www.sydvest.com

a) *Zmogljivost in prilagodljivost*

CARA Fault Tree lahko uporabimo za izdelavo dreves odpovedi. Program ponuja prijazen uporabniški vmesnik in enostavno prikazane rezultate. Delo v standardnem in ekspertnem načinu omogoča enostavno izdelavo dreves odpovedi. Omogoča običajno analizo občutljivosti, optimizacijo in druge funkcije.

CARA Fault Tree je na razpolago v angleškem jeziku. Zahteva procesor Pentium, Windows 95/98/NT 4.0, vsaj 8 MB RAM spomina (priporočeno 12 MB) in 10 MB prostega prostora na disku za namestitvev.

Rezultati so lahko prikazani v obliki tabel in diagramov, lahko jih izvozimo kot datoteke z besedilom (.TXT), ki jih lahko nato enostavno uredimo v Wordu ali Excelu.

b) *Pripombe*

CARA Fault Tree je program, ki je enostaven za uporabo, z vgrajeno pomočjo in priloženim uporabniškim priročnikom. Pomoč proizvajalca uporabnikom in stiki z uporabniškimi skupinami so direktno dostopni. Na spisku uporabnikov programa so stranke z vsega sveta, večina pa jih je iz Evrope.

Cena časovno neomejene profesionalne verzije paketa je US\$4.300 (€ 4.900). Verzija paketa CARA Micro stane US\$1.400 (€ 1.600), vendar ta paket verjetno ne bo zadoščal za uporabo v smislu izvajanja direktive Seveso II.

4.5.3 FaultTree+

FaultTree+ proizvaja IsographDirect, po svetu pa ga tržijo različni lokalni zastopniki; www.isograph.com.

a) *Zmogljivost in prilagodljivost*

FaultTree+ lahko uporabimo za izdelavo dreves dogodkov in dreves odpovedi, uporabniku omogoča prijazen uporabniški vmesnik in shranjevanje izračunanih rezultatov. FaultTree+ omogoča veliko različnih analiz podatkov.

FaultTree+ je na razpolago v angleškem jeziku, na zahtevo pa tudi v drugih jezikih. Program zahteva Windows 95/98/NT.

Diagrame in rezultate lahko zlahka izvozimo in obdelujemo v Wordu ali Excelu.

b) *Pripombe*

FaultTree+ je paket, ki je enostaven za uporabo, z obširno vgrajeno pomočjo in priloženim uporabniškim priročnikom. Po svetu je na stotine uporabnikov.

Cena za časovno neomejeno licenco za Professional verzijo je US\$ 8.500 (€ 9.800), ter še US\$ 1.300 (€ 1.500) za stroške vzdrževanja. Manjša verzija programa (LITE) je na razpolago za US\$ 2.700 (€ 3.100), ter še US\$400 (€ 460) stroškov vzdrževanja. Ta verzija bo verjetno zadoščala za izvajanje direktive Seveso II.

Stroški vzdrževanja obsegajo nove verzije programske opreme in pomoč uporabnikom po telefonu ali e-mailu.

5. ZAKLJUČKI

5.1 Programi za modeliranje posledic/analizo tveganj

Za izvajanje direktive Seveso II priporočamo računalniške programe, ki vsebujejo vsaj modele požara, eksplozije in redčenja strupenih snovi. Enostavni programi običajno niso zadostni, saj se običajno vsak ukvarja le s posameznim tipom nesreče.

V tabeli 5-1 je prikazan povzetek računalniških programov, ki zadoščajo omenjenim minimalnim pogojem. Podajamo tudi oceno "Prijaznosti do uporabnika in kvaliteto tehnične pomoči", ter "Kvaliteto rezultatov". Za vse podajamo oceno od 1 do 5 (1 predstavlja najmanj, 5 predstavlja največ).

Tema "Prijaznost do uporabnika in tehnična pomoč" obsega splošno enostavnost dela s programom in kvaliteto pomoči uporabniku vgrajeno v program in tudi pomoč s strani proizvajalca programa.

Tema "Kvaliteta rezultatov" predstavlja predstavitev, uporabnost, kvaliteto in razumljivost rezultatov.

Tabela 5-1: Programi, ki zadoščajo minimalnim kriterijem

Program ²	Požar/ Eksplozija/ Izpust v zrak	Analiza posledic	Prijaznost do uporabnika, tehnična pomoč (1-5)	Kvaliteta rezultatov (1-5)	Cena (€)
ARCHIE	✓		3	2	Zastonj
BREEZEHAZ	✓		3	4	6.140
EFFECTS	✓		2.5	2	4.550
FRED	✓		3	3	15.000
PHAST	✓		3	4	18.900
DAMAGE (+EFFECTS)	✓	✓	2.5	3	5.745
RISK- CURVES	✓	✓	2.5	4	12.000 - 36.000 (Opomba 1)
SAFETI	✓	✓	3	4	37.800
SEVEX	✓	✓	2	3	25.000
PIPA (+FRED)	✓	✓	3	3.5	20.250
TRACE	✓	✓	3.5	3	20.700

Opombe:

1. Na razpolago je več verzij.
2. Kovers je izločen zaradi pomanjkanja podatkov.

Glede na kriterije, ki smo jih uporabljali med pregledom računalniških programov, ni velikih razlik med modeli glede potrebne računalniške opreme (zadošča procesor Pentium, 32 MB RAM spomina, prostor na trdem disku, CD ROM).

Modeli, ki obravnavajo vodo kot transportni medij, zmorejo komplicirane razvejitve vodnih tokov in transport v njih topnih snovi, ne omogočajo pa analize tveganja in posledic. Ti računalniški programi so zelo specifični in ne omogočajo nobenih dodatnih analiz drugih tipov nesreč. Enako velja za zelo specifične modele eksplozij prahu, ki prav tako niso primerni za splošno modeliranje nesreč.

5.2 Programi za analizo frekvenc

V tabeli 5-2 so podani pregledani modeli, skupaj z oceno od 1 do 5 (1 je najslabše, 5 pa najboljše) za "Prijaznost do uporabnika in tehnično pomoč" in "Kvaliteto rezultatov".

Tabela 5-2: Pregledani programi za analizo frekvenc

PROGRAM	Drevo odpovedi & drevo dogodkov	Prijaznost do uporabnika in tehnična pomoč	Kvaliteta rezultatov	Cena (€)
FaultTree+	✓	4	4	3.100 in 9.800 (Opomba 1)
CARA-Fault Tree	✓ (Opomba 2)	3	3	4.900
Logan	✓	3	4	4.100

Opombe:

1. Na razpolago sta dve opciji
2. Pozna le drevesa odpovedi

Nujne funkcije programov za izvajanje ocen tveganja v smislu direktive Seveso II so glede izdelave dreves odpovedi in dreves dogodkov relativno enostavne, z ustreznim obsegom analize podatkov. Bistvo te analize je uporabniku prijazen in enostaven razvoj drevesa, vnos podatkov in predstavitev rezultatov. Programa FaultTree+ in Logan omogočata razvoj in izdelavo dreves napak/odpovedi in dreves dogodkov.

Program FaultTree+ LITE nudi enako stopnjo uporabnosti kot polna verzija, ter enak dostop do tehnične pomoči. Ta program bo verjetno zadoščal za izvajanje direktive Seveso II.

5.3 Splošni zaključki

Skupina "analitičnih programov", ki omogoča modeliranje nesreč in še kot dodatno opcijo analizo posledic (vplivov na zdravje ljudi, stavbe in okolje), je zelo primerna za izdelavo ocen tveganja, načrtovanje zaščite in reševanja, itd.

Druga možna izbira je lahko, da izberemo napredno "Programsko orodje", ki ima določene značilnosti skupine "analitičnih programov", kot so EFFECTS, FRED ali PHAST, ter še dodaten program za analizo frekvenc. Ta kombinacija lahko z nekaj dodatnega dela uporabnika, ter uporabnikovo razlago rezultatov, doseže enake rezultate kot "analitični programski paket".

Izbiramo lahko med različnimi ravni podrobnosti in kompleksnostjo izračunov, pri čemer so boljši paketi tudi dražji. Končni uporabnik naj se torej odloči med ceno in koristnostjo rezultatov izbranega modela, ki ga bo uporabljal in kupil. V določenih primerih je lahko kombiniran nakup določenih programskih paketov najprimernejša izbira.



Phare

Projekt: Pripravljenost na nesreče z nevarnimi snovmi v Sloveniji

Pod-izvajalec:

Project Management Group

Pogodba št.: SL-0081.0011.01

Projekt št.: PM.00.11.01/HZ

Naloga 2a) Butan Plin - ugotavljanje nevarnosti in ocena tveganja

(360006-23-RP-106)

27. november 2002

Regional Environment Accession Project

Nethconsult - BKH Consulting Engineers

Subcontractors: • AEA Technology • URS/Dames & Moore • EPCE • Project Management Group • REC Hungary

Office Bratislava:

REGUS Centre – Námestie 1. Mája 11, 811 06, Bratislava, Slovak Republic

Telephone: + 421 7 59 39 61 34 Telefax: + 421 7 59 39 63 16

E-mail: reap@regus.sk

Office Delft:

P.O.Box 5094, 2600 GB Delft, The Netherlands

Telephone: + 31 15 26 25 299 Telefax + 31 15 26 19 326

E-mail: sbu@bkh.nl

Povzetek projekta

Naslov projekta	Pripravljenost na nesreče z nevarnimi snovmi v Sloveniji
Številka pogodbe	SL-0081.0011.01
Uporabnik	Ministrstvo za obrambo RS Ministrstvo za okolje, prostor in energijo RS
Naročnik	Generalni direktorat evropske komisije za okolje, jedrsko varnost in civilno zaščito Generalni direktorat evropske komisije za širitev
Cilj projekta	Pomoč pri uvedbi direktive Seveso II v Sloveniji
Rezultati projekta	<ol style="list-style-type: none">1. Smernice in metode za ugotavljanje nevarnosti za večje nesreče in ocenjevanje tveganj2. Smernice za izdelavo načrtov zaščite in reševanja3. Vzorčna študija za izbrano slovensko organizacijo in službo za zaščito, reševanje in civilno obrambo na občinski ravni4. Delavnica o pripravi načrtov zaščite in reševanja v organizaciji in zunaj organizacije
Glavne dejavnosti	<ol style="list-style-type: none">1. Priporočiti metode za določanje nevarnosti v organizacijah, ki jih zajema SEVESO II direktiva2. Izdelati smernice za pripravo načrtov zaščite in reševanja3. Ugotoviti primerno organizacijo za pripravo vzorčne študije4. Za izbrano organizacijo izdelati oceno tveganja in načrt zaščite in reševanja ob večjih nesrečah5. Izvesti delavnico na temo izdelave načrtov zaščite in reševanja.
Pričetek projekta	16.2.2001
Zaključek projekta	7.1.2002, oddaja potrjenega zaključnega poročila

VSEBINA

1.	PREGLEDNICA KRAJŠAV	5
2.	POVZETEK	6
3.	UVOD	8
4.	PODATKI O IZBRANI ORGANIZACIJI	10
	Podatki za komunikacijo	10
	Zgodovina podjetja	10
	Lokacija	10
	Opis organizacije	11
	Aktivnosti na lokaciji	11
	Butan Plin in Seveso II Direktiva	12
5.	UGOTAVLJANJE NEVARNOSTI	14
	Razvrščanje nevarnosti	15
	Ugotavljene nevarnosti večje nesreče	17
6.	OCENJEVANJE POSLEDIC IN POGOSTNOSTI POJAVLJANJA VEČJIH NESREČ	19
	Ocenjevanje posledic pri nevarnostih večjih nesreč	19
	Modeliranje gorenja in eksplozij	19
	Parametri pri modeliranju	20
	Vremenski pogoji	22
	Ocena pogostnosti (analiza frekvenc)	25
7.	OCENJEVANJE NEVARNOSTI VEČJIH NESREČ	26
	Lastnosti utekočinjenega naftnega plina (UNP)	26
	Izpusti UNP	27
	Izpust celotne vsebine železniške cisterne	28
	1-minutni izpust UNP	30
	Občutljivost rezultatov glede na modelne predpostavke	31
	Priporočila za izdelavo načrtov zaščite in reševanja	31
	Analiza frekvenc	32
8.	ZAKLJUČKI	34
9.	VIRI	35

DODATEK 1

Zapisnik postopka ugotavljanja nevarnosti večje nesreče

DODATEK 2

Podatki in drevesi napak/odpovedi za izpust ter vžig UNP

1. PREGLEDNICA KRAJŠAV

BLEVE – Boiling Liquid Expanding Vapour Explosion; eksplozija posode stisnjenih hlapov, ki so nastali iz uparele tekočine v posodi

CNS – Central Nervous System; centralni živčni sistem

ENE – East Northeast; vzhod-severovzhod

HAZID – Hazard Identification; ugotavljanje nevarnosti

HAZOP – Hazard and Operability Study; študija HAZOP – identifikacija nevarnih mest in komponent oziroma postopkov/opravlil ter njihov vpliv na delovanje sistema (študija delovanja sistema in virov nevarnosti)

LEL – Lower Explosive Limit; SEM - spodnja eksplozijska meja

LPG – Liquid Petroleum Gas (UNP-utekočinjen naftni plin)

MATTE – Major Accident to the Environment; nesreča s težjimi posledicami za okolje

PHAST – Process Hazard Analysis Software Tools (računalniški program)

UEL – Upper Explosive Limit; ZEM -zgornja eksplozijska meja

SW – Southwest; jugozahod

WSW – West Southwest; zahod-jugozahod

2. POVZETEK

Butan Plin d.d. je bil izbran kot primerna organizacija v okviru projekta Pripravljenost na nesreče z nevarnimi snovmi v Sloveniji, za katero se bo izdelal primer ocene tveganja in načrta zaščite in reševanja. V kontekstu direktive Seveso II, nevarne snovi v Butan Plinu presegajo zgornjo mejo količin za razvrščanje virov tveganja, in sicer za zelo lahko vnetljive snovi – UNP, ki so uskladiščene na lokaciji.

Ugotavljanje nevarnosti je bilo izvedeno v tesnem sodelovanju z odgovornimi sodelavci Butana. Ugotovljenih je bilo pet vrst nevarnosti, ki lahko vodijo do večje nesreče. Vseh pet predvideva izpust UNP in kasnejši vžig ali eksplozijo. Delo je obsegalo tudi analizo posledic teh dogodkov.

Za modeliranje je bil ugotovljen in izbran scenarij najtežje pričakovane nesreče. Scenarij tega primera predvideva zlom/pretrganje gibke cevi med praznjenjem železniške cisterne UNP in izpust njene celotne vsebine.

Najtežji verjeten primer nesreče je bil tudi podrobneje modelno obdelan. Tudi ta predvideva zlom/pretrganje cevi med praznjenjem železniške cisterne UNP, vendar največ eno-minutno izpuščanje plina, ker bi operater uspel ročno zapreti ventil.

Ugotovljen je bil tudi scenarij potencialno najtežje nesreče, pri kateri gre za težjo odpoved/napako in izpust UNP iz velikega, 250 m³ rezervoarja na lokaciji. Zaradi izjemno nizke možnosti (verjetnosti) pojava, ta primer ni bil podrobneje obravnavan, ker tega kontekst Seveso II Direktive ne zahteva.

Podrobnosti o vsakem izmed scenarijev so podane v tem poročilu.

Modeliranje posledic za najtežji pričakovan dogodek je potrdilo, da v slučaju pojava takšne nesreče lahko pride do težjih posledic na lokaciji organizacije in zunaj nje. Modeliranje je tudi potrdilo nujnost izdelave načrta zaščite in reševanja zunaj organizacije.

Ocenjena je bila pogostnost pojava najtežjega pričakovanega dogodka, to je nekontroliranega izpusta UNP iz železniške cisterne. Ta analiza je bila obravnavana primerjalno z vidika možnega izboljšanja stanja, če se vgradi fiksna roka za pretakanje namesto prilagodljive, gibke cevi.

Z vidika možnih težjih posledic požara ali eksplozije UNP je rezultat analiz ta, da je potrebno izvesti vse gospodarsko smiselne ukrepe, da se zmanjša možnost izpusta in/ali omilijo/preprečijo posledice izrednih dogodkov in tako zmanjša tveganje. V tem smislu je potrebno v zvezi z najtežjo pričakovano nesrečo izvesti naslednje:

- vgraditi ustrezen, alternativen mehanizem za zmanjšanje pogostnosti pretrganja/poškodovanja gibke cevi, na primer že omenjene fiksne roke na pretakališču, in za zmanjšanje količine izpuščene snovi, če do izpusta že pride;
- vgraditi ustrezen mehanizem za ročno sproženje pršilnega (hladilnega) – protipožarnega sistema na pretakališču v primeru izpusta UNP. Ta ukrep bo zmanjšal možnost pojava BLEVE.

V splošnem je potrebno preveriti uvedbo tudi drugih sistemov/načinov za zmanjšanje tveganja na lokaciji.

V okviru projekta in pri izdelavi poročil so sodelovali:

Vodja projekta:

Eileen Lee,
Project Management Ltd

Ocenjevanje tveganj/načrtovanje ukrepanja ob nesreči:

Pat Swords,
Project Management Ltd
Karen Harrington,
Project Management Ltd

Doc.dr.Branko Kontić,
Institut Jožef Stefan
Dr.Marko Gerbec,
Institut Jožef Stefan

Predstavnici uporabnikov:

Jasmina Karba,
Ministrstvo za okolje, prostor in
energijo RS
Andreja Ferlin-Lubi,
Ministrstvo za obrambo RS

Predstavnik MOL:

Julij Jeraj,
Oddelek za zaščito, reševanje in
civilno obrambo

Predstavnika Butan Plina, d.d.:

Janez Oblak, Tehnični direktor
Norman Osrečki, varnostni inženir

3. UVOD

Dne 9. decembra 1996 je evropska smernica 96/82/EC o obvladovanju nevarnosti za večje nesreče (Direktiva Seveso II) nadomestila smernico 82/501/EEC od 24. junija 1982 (Direktivo Seveso I). Direktiva Seveso II ima dvojni namen:

1. *Preprečevanje* večjih nesreč z nevarnimi snovmi.
2. *Zmanjševanje posledic*, če do nesreče pride (*varnostni in zdravstveni vidiki pomembni za ljudi in okolje*).

To poročilo je nastalo v okviru projekta evropske pomoči Sloveniji pri izvajanju Direktive Seveso II.

Seveso II Direktiva zahteva od upravljavcev organizacij, kjer so prisotne nevarne snovi v enakih ali večjih količinah kot jih določa direktiva v vlogi mejnih vrednosti, da izvedejo vse potrebne ukrepe, da preprečijo ali omilijo posledice večjih nesreč za človeka in okolje. Glede na količino prisotnih nevarnih snovi na lokaciji se organizacije razvrščajo v tako imenovano "spodnjo" in "zgornjo" skupino. Butan Plin d.d., ki je bil izbran kot primerna organizacija za izvedbo vzorčne študije, se uvršča v zgornjo skupino.

Direktiva zahteva od upravljavcev organizacij, da dokažejo, da so ugotovili nevarnosti večje nesreče in izvedli vse nujne ukrepe za preprečitev takšnih nesreč in omejitev njihovih posledic za človeka in okolje. Za Butan Plin je bila v tej zvezi izdelana študija HAZID, na osnovi katere so bile ocenjene potencialne nevarnosti večje nesreče. Vse te nevarnosti so bile potem dodatno analizirane, to je, izvedena je bila ocena tveganja. Rezultati so navedeni v tem poročilu, ki je eno izmed poročil, nastalih v okviru projekta. Seznam vseh poročil je v tabeli 2-1.

Tabela 2.1: Seznam poročil

Poročilo št.	Naloga	Naslov poročila
Naloga 1 – Pripravljenost na zaščito in reševanje		
360006-23-RP-101	1 a)	Smernice za ugotavljanje nevarnosti in ocenjevanje tveganja
360006-23-RP-102	1 b)	Možne nesreče pri organizacijah, ki jih zajema direktiva SEVESO II
360006-23-RP-103	1 c)	Modeliranje scenarijev nesreč in njihovih posledic
360006-23-RP-104	1 d)	Smernice za izdelavo načrtov zaščite in reševanja v gospodarskih družbah, zavodih in drugih organizacijah
360006-23-RP-105	1 e)	Smernice za izdelavo načrtov zaščite in reševanja zunaj organizacije
Naloga 2 - Vzorčna študija za izbrano slovensko organizacijo in službo za zaščito, reševanje in civilno zaščito na občinski ravni		
360006-23-RP-106	2 a)	Butan Plin - Ugotavljanje nevarnosti in ocena tveganja
360006-23-RP-107	2 b)	Butan Plin - Praznjenje železniške cisterne, študija HAZOP
360006-23-RP-108	2 c)	Butan Plin - Načrt zaščite in reševanja
360006-23-RP-109	2 d)	Občinski načrt zaščite in reševanja ob nesreči v podjetju Butan Plin
Naloga 3 – Usposabljanje		
Materiali za delavnico	3 b)	Delavnica o pripravi načrtov zaščite in reševanja

4. PODATKI O IZBRANI ORGANIZACIJI

Podatki za komunikacijo

Ime organizacije in naslov:: Butan Plin d.d. Ljubljana, Verovškova
70, 1001 Ljubljana, Slovenija

Telefon: +386 (0) 1 5889 838

Fax: +386 (0) 1 5349 610

Spletna stran: <http://www.butanplin.si>

Šifra poslovanja:

Registracijska številka:

Glavni direktor:

Zgodovina podjetja

JP Energetika je pričela z distribucijo UNP v industrijski coni Šiška leta 1968. Leta 1990 se je Butan Plin p.o. ločil od JP Energetika (sedaj Energetika Ljubljana d.o.o.). Leta 1997 postane Butan Plin p.o. privatno podjetje Butan Plin d.d.. Večinski lastnik (95%) je multinacionalna SHV Holdings N.V., Nizozemska (<http://www.shv.nl/>).

Lokacija

Butan Plin d.d. se nahaja v industrijski coni Šiška v Ljubljani. Podjetje ima dve lokaciji: industrijski del je na Verovškovi 70, vodstvo in administracija pa na Verovškovi 59 (slika 3-1). V okolici 500 m se nahaja več industrijskih objektov - podjetij.

Na zahodu je kompleks Litostroja, kjer je sedaj več manjših industrijskih podjetij. Lek d.d. je južno od Butana in je blizu pretakališča UNP. Vzhodno so Toplarna Šiška, EMBA, Slovin, TKG, Ljubljanske Mlekarne, AHL, južno pa še TIKI, itd.

Verovškova cesta poteka vzhodno od industrijske lokacije Butan Plina in je ena prometnejših cest v Ljubljani. Severno je cesta, ki povezuje Litostrojsko in Verovškovo cesto in teče v smeri vzhod-zahod. Ta cesta je zelo blizu meje kompleksa Butana. Vzhodno je tudi železniška proga Ljubljana-Domžale-Kamnik, od katere je potegnjena krak do Butana, in po katerem dovažajo UNP. Severno, v oddaljenosti okoli 100 m, je ljubljanska obvoznica (avtocesta), ki ima izhod na Verovškovo. Takoj za avtocesto proti severu je gozd in vodno črpališče.

Opis organizacije

Dejavnost Butan Plina d.d. je skladiščenje in dobava UNP v cisternah in jeklenkah. V podjetju dela skupaj ljudi. Na Verovškovi 59 dela ljudi – gre za administrative prostore in niso predmet te študije. Ostali delajo na Verovškovi 70. Delo poteka v dveh izmenah, tako da je maksimalno število delavcev na industrijski lokaciji..... Na lokaciji je lahko prisotnih do ... pogodbenih delavcev - partnerjev.

Skladiščijo lahko do m³ UNP. Aktivnosti na lokaciji so dobava UNP z železniškimi cisternami, prečrpavanje plina v vsebnike (rezervoarje), polnjenje jeklenk, dobava plina strankam in prevoz UNP do obrata v Izoli v avto cisternah.

Zmogljivosti skladiščenja na lokaciji so:

- dva horizontalna vsebnika,
- dve bateriji (snopa) po 6 pokončnih vsebnikov,
- šest manjših ležečih vsebnikov,
- skladišče za tehnične pline (kisik, dušik, argon, acetilen) v jeklenkah; gre za majhne količine.

Aktivnosti na lokaciji

Aktivnosti na lokaciji Butan Plina na Verovškovi 70 so:

- praznjenje železniških cistern na železniškem pretakališču. UNP prečrpajo iz cistern v pokončne vsebnike. Dobava UNP je dva do tri-krat tedensko. Pretakališče lahko sočasno sprejme do 6 železniških cistern.
- Pretakanje UNP iz pokončnih vsebnikov v vmesne ležeče za polnjenje jeklenk in nadaljnjo distribucijo. Pretakanje se izvaja kot prečrpavanje.
- Polnjenje jeklenk. Jeklenke velikosti 5, 10 in 35 kg polnijo v posebnem obratu, kjer je polnilna miza z dvanajstimi polnilnimi mesti. Jeklenke tehtajo in jim preverjajo tesnost. V obratu dela 10 delavcev; zmogljivost polnjenja je 560 jeklenk (po 10kg) na uro. Prazne in polne jeklenke skladiščijo na lokaciji in interno prevažajo z viličarji.
- Preverjanje tesnosti jeklenk in zamenjavo ventilov izvedejo v posebni delavnici na lokaciji. Poškodovane jeklenke zavržejo. Večja popravila opravi zunanji partner.
- Distribucija UNP gospodinjstvom in industriji.
- Distribucija tehničnih plinov.

Skupaj Butan Plin d.d. pretoči in distribuiraton UNP letno.

Butan Plin in Seveso II Direktiva

Za razvrščanje dejavnosti skladno z določili Seveso II Direktive je treba opraviti inventarizacijo nevarnih snovi. Za Butan Plin to pomeni, da je treba sešteti količine UNP v železniških cisternah in stacionarnih vsebnikih, polne jeklenke plina vseh velikosti in tehnične pline. Rezultat je bil primerjan s količinami, navedenimi v Dodatku 1 Direktive. V Tabeli 3-1 so prikazane maksimalne ugotovljene količine UNP na lokaciji Verovškova 70, to je okolim³ oziromaton. Ker je mejna vrednost za uvrstitev v "zgornjo" skupino 200 ton, je bil Butan Plin evidentiran kot organizacija, ki po Seveso II Direktivi spada v zgornjo skupino.

Tabela 4-1: Maksimalne količine nevarnih snovi v Butan Plinu d.d. – podlaga za razvrščanje po SEVESO II Direktivi

#	Vir - lokacija	Snov	Prostornina (m ³)	Količina (tone)	Spodnja	Zgornja	Relativni kvocient	
					Seveso II mejne vrednosti (tone)		Spodnja skupina	Zgornja skupina
1	Dva ležeča vsebnika	Propan			50	200		
2	Snopa pokončnih vsebnikov	UNP			50	200		
3	Ležeči vsebniki	UNP			50	200		
4	Polne jeklenke 10kg	UNP			50	200		
5	Prazne jeklenke 10kg	UNP			50	200		
6	Polne jeklenke 35kg	UNP			50	200		
7	Jeklenke acetilena	acetilen			5	50		
8	Železniške cisterne, 6 kom	UNP			50	200		

Vsota:

Opombe:

1. Upoštevano je, da so vsi vsebniki povsem polni; gostota propana je 541 kg m⁻³, gostota mešanice propan-butan (UNP) je 550 kg m⁻³.
2. Dejanske količine se spreminjajo, vendar nikoli niso pod 60 % zmogljivosti vsebnikov.

5. UGOTAVLJANJE NEVARNOSTI

Nevarnosti v Butan Plinu so bile ugotovljene po metodi HAZID, ki izpolnjuje zahteve Seveso II Direktive. Metoda je deduktivna in sistematična, in je podrobneje opisana v nadaljevanju. Delo je bilo opravljeno skupinsko, v ekipi so sodelovali strokovnjaki Butan Plina, konsultanti za okolje, zdravje in varnost ter predstavnik uporabnika. Seznam sodelujočih je naveden v tabeli 4 -1.

Pred izvedbo HAZID je bila opravljena demonstracijska študija HAZOP za postopek praznjenja železniške cisterne. Ta je bila opora za izdelavo pregleda (revizije ugotovljenih) nevarnosti. Obsegala je diskusije med udeleženci na osnovi procesnih merno-regulacijskih shem (P&ID). Ugotovitve HAZOP študije so predstavljene posebej, in sicer kot poročilo št. 360006-23-RP-107.

Tabela 5-1: Udeleženci ugotavljanja nevarnosti (HAZID)

Ime	Funkcija
Janez Oblak	Tehnični direktor, Butan Plin
Norman Osrečki	Varnostni inženir, Butan Plin
Jasmina Karba	Ministrstvo za okolje, prostor in energijo RS
Doc.dr.Branko Kontić	Procesni inženir, specialist za oceno tveganj, Institut "Jožef Stefan"
Dr.Marko Gerbec	Procesni inženir, ocenjevalec vplivov na okolje, Institut "Jožef Stefan"
Pat Swords	Višji varnostni in procesni inženir, Project Management
Karen Harrington	Vodja HAZID postopka, zapisovalka, Project Management

Za potrebe ugotavljanja nevarnosti večje nesreče je bil Butan Plin razdeljen na posamezna območja in dejavnosti, ki se izvajajo na industrijski lokaciji. Pregledana so bila samo tista območja, za katera se je ocenilo, da imajo potencial za pojavljanje večjih nesreč, to je dejavnosti, ki so vir nevarnosti. To so:

- pretakališče železniških cistern,
- polnjenje vsebnikov,
- skladiščenje plina,
- polnjenje vsebnikov po vzdrževalnih delih in/ali notranjih pregledih, vključno s cevovodi,
- pretakanje med vsebniki,
- polnjenje jeklenk,
- skladiščenje jeklenk,
- polnjenje avto cistern,
- merno-regulacijska postaja zemeljskega plina.

Vsako od območij/dejavnosti je bilo podrobno pregledano in prediskutirano.

Nadaljnje delo se je osredotočilo na analizo dogodkov, ki lahko privedejo do resne nevarnosti za ljudi in okolje, takojšnje ali zakasnele, znotraj organizacije ali v okolici. Obravnavani so bili naslednji dogodki:

- izpust gorljivega plina in vžig – požar,
- izpust strupene snovi,
- eksplozija,
- potencial za pojav reakcije z izgubo nadzora (pobegla reakcija),
- večji izpust.

Izpust strupene snovi in potencial za pobeglo reakcijo ne prideta v poštev v Butan Plinu.

Upoštevani so bili obstoječi varnostni in varstveni ukrepi v okviru nadzora. Po potrebi so bila izoblikovana priporočila za izboljšanje stanja.

Pregledani so bili predvideni ukrepi v primeru nesreče, saj so ti pomembni ker lahko ublažijo posledice in preprečijo širjenje dogodka. Na ravni tega projekta so bili pregledani načrt zaščite in reševanja, proti-požarna oprema in usposabljanje. Novelacija obstoječih načrtov zaščite in reševanja v organizaciji in zunaj organizacije je bila izvedena posebej.

Razvrščanje nevarnosti

Seveso II Direktiva obravnava le večje nesreče. Skladno s tem so bile nevarnosti v Butanu ocenjene z vidika pogostnosti pojavljanja in teže/resnosti posledic, to je obeh glavnih elementov tveganja. Za razvrščanje je bila uporabljena matrika tveganja z namenom, da se ugotovijo nevarnosti najtežjih pričakovanih nesreč.

Da bi se pospešilo to delo je bila vsaki od ugotovljenih nevarnosti pripisana kvalitativna ocena frekvence, teže posledic in tveganja, kot je prikazano spodaj.

5.1.1 Kategorije frekvenc

Za frekvence so bile po predhodnem dogovoru upoštewane naslednje kategorije v okviru razvrščanja nevarnosti v Butan Plinu:

<u>Kategorija</u>	<u>Definicija/Opis</u>
Visoka (H)	Izredni dogodek se je že pojavil ali se lahko večkrat pojavi na obravnavani lokaciji (obdobje 20-30 let)
Srednja (I)	Dogodek se lahko pojavi na lokaciji
Nizka (L)	Dogodek se ne pričakuje na lokaciji, pač pa se lahko zgodi na enem izmed podobnih postrojenj kjerkoli v svetu
Zelo nizka (R)	Dogodek se ne pričakuje kjerkoli v svetu v podobnih obratih v obdobju 100 let pri sedanji tehnologiji

Pri pripisovanju kategorij posameznim nevarnostim je bilo upoštevano poznavanje procesa, postrojenja v celoti, lokacije in izkušnje.

5.1.2 Kategorije posledic

Pri posledicah so bile po predhodnem dogovoru upoštevane naslednje kategorije v okviru razvrščanja nevarnosti v Butan Plinu:

<u>Kategorija</u>	<u>Definicija/Opis</u>
Katastrofalne posledice (C)	<ul style="list-style-type: none">• Smrtne žrtve (>1), na lokaciji ali zunaj• Poškodbe ljudi izven lokacije• Številni ljudje iščejo pomoč v bolnišnicah• Ustavitev proizvodnje, uničenje obrata, ogromna materialna škoda• Izpad proizvodnje za več kot mesec dni• Trajen ali dolgoročen vpliv na okolje• Vpliv na populacijo v okolici• Evakuacija lokalne skupnosti ali uporabe zaščitnih sredstev• Medijska pozornost na državni in mednarodni ravni.
Težke (S)	<ul style="list-style-type: none">• Velik potencial za smrtne žrtve (ena žrtev)• Poškodbe do šest ljudi na lokaciji (zaposlenih) ali ene osebe zunaj organizacije• Izpad ali večja škoda za proizvodnjo ter materialna škoda• Izpad proizvodnje od 1 tedna do 1 meseca• Evakuacija iz organizacije in bližnjega okoliškega območja, uporaba zaščitnih sredstev• Vpliv na okolje, vendar ne trajno ali dolgoročno• Medijska pozornost na lokalni in regionalni ravni• Več kot ena pritožba s strani javnosti• Nujnost prijave pristojnemu organu
Manjše (M)	<ul style="list-style-type: none">• Možne poškodbe zaposlenih• Manjša škoda na postrojenju• Zaustavitev proizvodnje do enega tedna• Evakuacija iz posameznih stavb v organizaciji• Posamezna pritožba s strani javnosti
Zanemarljive (N)	<ul style="list-style-type: none">• Brez smrtnih žrtev in težjih poškodb – oskrba poškodb s prvo pomočjo• Zanemarljiva škoda na postrojenju• Zaustavitev proizvodnje manj kot en dan• Manjše emisije – poročanje zgolj interno

5.1.3 Kategorije tveganj

Posamezne dogovorjene kategorije pogostnosti in posledic, ki so bile pripisane - določene vsaki od ugotovljenih nevarnosti, so bile nato združene, kot je prikazano v spodnji matriki za kvalitativno določitev tveganj:

		Posledice			
		Katastrofalne (C)	Težke (S)	Manjše (M)	Zanemarljive (N)
Pogostnost	Visoka (H)	1	1	2	3
	Srednja (I)	1	1	2	3
	Nizka (L)	1	2	3	3
	Zelo nizka (R)	2	3	3	3

kjer:

1. Predstavlja nevarnost prve stopnje oziroma prvo kategorijo nevarnosti (ker so pričakovana tveganja največja).
2. Predstavlja nevarnost druge stopnje oziroma drugo kategorijo nevarnosti (zaradi pričakovanega srednje velikega tveganja).
3. Predstavlja nevarnost tretje stopnje oziroma tretjo kategorijo nevarnosti (zaradi pričakovanega nizkega tveganja).

Rezultati podrobnega ugotavljanja nevarnosti so zbrani v Dodatku 1. Izdelan je bil seznam potrebnih aktivnosti za nadzor in izboljšanje obvladovanja nevarnosti z zadolžitvami. Varnostni inženir bo periodično preverjal izvajanje teh aktivnosti.

Ugotovljene nevarnosti večje nesreče

V okviru HAZIDA je bilo ugotovljenih pet nevarnosti, ki lahko pripeljejo do večje nesreče - kategorija 1. Te so navedene v Tabeli 4-2 in so nadalje obravnavane kot skupina najtežjih pričakovanih primerov nesreč. Zanje so podrobneje analizirane posledice, kar je prikazano v poglavju 4.2.1.

Tabela 5-2: Nevarnosti večje nesreče

Št.	Nevarnosti večje nesreče
1.	Praznjenje železniške cisterne – pretrganje gibke cevi in izpust UNP
2.	Pretakanje v vsebnike – pretrganje cevovoda in izpust UNP
3.	Pretakanje med vsebniki – pretrganje cevovoda in izpust UNP
4.	Polnjenje avto cisterne – pretrganje gibke cevi in izpust UNP
5.	Polnjenje avto cisterne – cisterna odpelje med polnjenjem in izpust UNP

Vse navedene nevarnosti imajo za posledico izpust večje količine plina, to pa lahko v nadaljevanju povzroči:

- vžig med izlivom in goreči curek plina,

- vžig razlitega plina (goreča luža),
- eksplozijo plinskih hlapov/vžig plinskih hlapov,
- BLEVE.

V primeru izliva se predvideva, da bodo zaposleni – v prvi vrsti operater – poskusili zapreti ventil ali izvesti kak drug ukrep, da se zmanjša in/ali prepreči večji izliv. Skladno s tem je bil obravnavan tudi scenarij, po katerem operater ustavi iztekanje po eni minuti. Ta scenarij je bil obravnavan kot najtežja verjetna nesreča oziroma primer.

Nekaj scenarijev je bilo uvrščenih v kategorijo 2. Čeprav gre za dogodke z morebitnimi katastrofalnimi posledicami, je bilo zaradi izjemno nizke verjetnosti za njihovo pojavljanje ocenjeno, da jih ni nujno detajlno obdelati. Eden takšnih scenarijev je popoln izpust iz pokončnega vsebnika. Zanj so bile obravnavane možne posledice in začetni dogodki, ugotovitve pa posredovane pristojni službi za zaščito, reševanje in civilno zaščito za potrebe izdelave načrta zaščite in reševanja na ravni občine. Ta scenarij je obravnavan kot potencialno najtežja možna nesreča.

Nenadno iztekanje UNP iz vsebnika je bilo ocenjeno kot skrajno malo verjetno, k čemur pomembno prispevajo naslednji ukrepi Butan Plina, da do takšne nesreče ne pride:

- pregled notranjosti posod se izvede kot inšpekcijski nadzor vsakih 5 let (inšpekcijski nadzor tlačnih posod).
- Tlačni testi se izvajajo vsakih 10 let.
- Preverjanje debeline sten vsebnikov se izvaja na dve leti.
- Zunanji pregled posod se izvaja vsakega pol leta.
- Posode, ki se ne morejo odpreti in jim pregledati notranjost, se tlačno testirajo vsakih 5 let.
- Posebna dovoljenja za delo na teh napravah.
- Nadzor pri opravljanju del in redno usposabljanje.

Dodatno k tem ukrepom se s posebnimi ovirami in z razporeditvijo dejavnosti preprečujejo poškodbe zaradi morebitnega udara vozil.

5.1.4 Nesreča s težjimi posledicami za okolje (MATTE)

V okviru ugotavljanja nevarnosti večjih nesreč so bili pregledani scenariji izpustov, ki bi lahko povzročili večje škode v okolju. Ugotovljeno je bilo, da Butan Plin ne uporablja snovi, ki bi bile škodljive za okolje, to je, na lokaciji ni snovi, za katere veljajo tako imenovani R stavki, in sicer R50, R51 ali R53. Večji izpusti se nanašajo le na UNP, ki ni onesnaževalo in ne povzroča dolgoročne škode v okolju. Pri izpustih UNP pride do izhlapevanja (zaradi nizkega vrelišča), kar omejuje nastanek luž, odvisno pa je tudi od temperature okolice v času izpusta, tako da iztečeni plin ne predstavlja nevarnosti za okolje. Skladno s tem tveganje za okolje ni bilo podrobneje obravnavano.

6. OCENJEVANJE POSLEDIC IN POGOSTNOSTI POJAVLJANJA VEČJIH NESREČ

Ocenjevanje posledic pri nevarnostih večjih nesreč

Da bi se ustrezno ocenile posledice nevarnosti prve stopnje je bila zanje opravljena dodatna ocena. Reprezentativni in praktično edini scenarij najtežje pričakovane nesreče je poškodba/pretrganje gibke cevi med praznjenjem železniške cisterne, ter izpust ...kg UNP. Posledice tega scenarija so:

- toplotne obremenitve pri gorenju iztekajočega curka plina, luže ali plinskih hlapov,
- nadtlak pri eksploziji oblaka hlapov.

V nadaljevanju so opisane metode za ocenjevanje teh posledic, v poglavju 6 pa so zbrani rezultati.

Modeliranje gorenja in eksplozij

6.1.1 Goreči curek UNP

Kadar gre za izpust ogljikovodika v plinskem ali tekočem agregatnem stanju pod pritiskom, pride do gorenja curka, če se izpuščena snov takoj vžge. Če pride do zapoznelega vžiga, se lahko najprej pojavi eksplozija plina, ki vžge iztekajoči plin/tekočino, nakar se ustvari brizgajoč plamen. Dolžina takšnega plamena in toplotne obremenitve so glavni parametri pri ocenjevanju posledic.

6.1.2 Goreča luža UNP

Pri iztekanju UNP iz vsebnika, cevi, ali ventila, se na tleh ustvari luža, ki se lahko vžge. Toplotne obremenitve so glavni parameter pri ocenjevanju posledic takega dogodka.

6.1.3 Modeliranje oblaka hlapov

Mešanica gorljivega plina in zraka je vnetljiva. Do vžiga bo prišlo, če gre za vnetljive koncentracije in prisotnost vira vžiga. Gorenje lahko poteka tako intenzivno, da lahko trenutno poviša tlak, oziroma pride do eksplozije. Gorenje lahko poteka tudi mirno, kar imenujemo gorenje hlapov.

Glavni parameter pri eksploziji je nadtlak, pri gorenju pa toplotna obremenitev.

V industriji se kot referenca za oceno posledic uporablja spodnja eksplozijska meja (SEM) in 50% SEM. Pri koncentraciji, ki predstavlja SEM je jasno, da bo do eksplozije zanesljivo prišlo. Ker pa mešanica zraka in plina ni homogena, se v praksi privzame, da je zaradi nehomogenosti lokalno lahko prisotna eksplozivna/gorljiva koncentracija, čeprav je povprečna koncentracija oblaka le 50% SEM.

6.1.4 BLEVE

Do BLEVE pride, kadar je posoda pod pritiskom in je v njej vnetljiva tekočina – tipično je to utekočinjen plin – izpostavljena toplotnemu viru (to je lahko gorenje razlitnega plina, kot je opisano zgoraj v točki 5.2.2). Tekočina v posodi prične ob tem močneje izhlapevati, tlak v posodi pa rasti. Pri preobremenitvi posoda popusti, se pretrga, posledica pa je trenutni izpust velike količine plina pod povišanim pritiskom, in pregrete tekočine, ki intenzivno hlapi.

Glavne značilnosti BLEVE so:

- a) pretrganje posode,
- b) močno izhlapevanje pregrete tekočine,
- c) vžig hlapov in tvorba ognjene krogle.

Spremljajoči učinki tega dogajanja so:

Nadtlak (Udarni val): Nadtlak je posledica razširjanja hlapov, silovitega izhlapevanja in njihovega gorenja. Velikost nadtlaka je odvisna od pogojev v posodi tik pred pretrganjem. Včasih gre lahko za velika sproščanja energije. Možno je eksplozivno izhlapevanje, kadar je tekočina pregreta do kritične temperature. Ta pove, do katere stopnje se lahko material segreje, v našem primeru UNP, preden hipoma izhlapi. Če se v tej točki snov hipoma raztegne (tlak pade, ker posodo raznese - eksplozija), se snov spremeni v drobne kapljice. Dodatna razlaga pojava je na voljo v knjigi Loss Prevention in the Process Industries, 'Hazard Identification, Assessment and Control', Frank P Lees, Volume 2, 2nd Edition, 1996.

Projektili (leteči deli vsebnika): Ti nastanejo ob pretrganju posode, lahko pa gre za en sam kos – celo posodo, ki se ob eksploziji le malo odpre na enem mestu, kar povzroči potisk.

Ognjena krogla: Če je vzrok za BLEVE ogenj, ki je zajel posodo, potem bo ob potrganju posode in izpustu snovi prišlo do vžiga hlapov v obliki krogle.

Nadaljnji vpliv projektilov in nadtlaka pri BLEVE je težko oceniti. Zato se ocenjevanje osredotoča na toplotne obremenitve. To je tudi skladno z dosedanjimi izkušnjami tovrstnih dogodkov v Mexico Cityju (1984) in Crescent Cityju (1970), kjer so največ škode povzročili ognjena krogla in toplotno sevanje.

Parametri pri modeliranju

6.1.5 Toplotno sevanje

Ocenjevanje toplotnega sevanja pri vseh scenarijih je bilo izvedeno z računalniškim programom PHAST (Process Hazard Analysis Software Tools). Podatki poskusov so bili osnova za določitev referenčnih vrednosti za posledice/učinke zaradi toplotnih obremenitev. Te vrednosti so prikazane v Tabeli 5-1.

Tabela 6-1: Referenčne vrednosti toplotne obremenitve

Toplotna obremenitev (kW/m ²)	Posledice - učinki
37,5	Zadošča za poškodovanje procesne opreme.
25,0	Minimalna energija potrebna za vžig lesa pri dolgi izpostavljenosti (brez inicialnega plamena).
12,5	Minimalna energija potrebna za vžig lesa z inicialnim plamenom, taljenje plastike, itd.
4,5	Zadošča za opekline, če v 20 sekundah ni zaščite; opekline tretje stopnje niso pogoste.

1,6	Povzroča neugodje pri dolgi izpostavljenosti.
-----	---

Te vrednosti so privzete iz Loss Prevention in the Process Industries, 'Hazard Identification, Assessment and Control', Frank P Lees, Volume 2, 2nd Edition, 1996 [1]. Ugotovljene so bile pri izpostavljenosti ustaljenemu toplotnemu sevanju.

V okviru modeliranja so bile ugotovljene razdalje za naslednje obremenitve:

- 37,5 kW/m² zadošča za poškodovanje procesne opreme,
- 12,5 kW/m² zadošča za vžig lesa z inicialnim plamenom, taljenje plastike, itd.,
- 4,5 kW/m² zadošča za opekline, če v 20 sekundah ni zaščite; opekline tretje stopnje niso pogoste.

6.1.6 Nadtlak

Tudi nadtlak je bil izračunavan s programom PHAST. V Tabeli 5-2 so referenčne vrednosti za vpliv nadtlaka (udara) na človekovo zdravje [1].

Tabela 6-2: Posledice nadtlaka na človekovo zdravje

Referenčne vrednosti nadtlaka (bar)	Posledice
0,021	"varna razdalja"
0,35	Poškodbabobničev
0,70	Poškodba pljuč
3,0	Življenjska nevarnost

Maksimalen nadtlak ugotovljen pri eksploziji oblaka hlapov (plina) na prostem je tipično okoli 1 bar. Pomembno višje vrednosti se lahko pojavijo pri eksploziji oblaka hlapov (plina) v zaprtem ali pol-zaprtem prostoru.

Pomembno je upoštevati tudi sekundarne efekte, ki lahko poškodujejo človeka, kot so udarni val, ki lahko odnese ali vrže/podre človeka, leteči predmeti, podirajoče se stavbe ali oprema, itd..

Zgradbe se lahko zrušijo pri veliko nižjih nadtlakih kot so tisti, ki neposredno poškodujejo človeka. To lahko resno poškoduje ljudi v zgradbah ali blizu njih. V Tabeli 5-3 so navedene referenčne vrednosti za poškodbe zgradb zaradi nadtlaka pri eksplozijah.

Tabela 6-3: Posledice - učinki eksplozijskega nadtlaka na zgradbe

Nadtlak (bar)	Posledice - učinki na zgradbe
0,003	Ekvivalentno hrupu 143 dB; poškodba stekla zaradi valovanja
0,021	"Varna razdalja", pri kateri s 95 % gotovostjo ne pride do težjih posledic ;10 % okenskih stekel počenih.

Nadtlak (bar)	Posledice - učinki na zgradbe
0,028	Omejena škoda na na nosilni konstrukciji objektov
0,048	Manjša poškodbe na nosilni konstrukciji objektov
0,069	Delno uničenje hiš (neprimerne za bivanje)
0,138	Delna porušitev sten in streh hiš
0,159	Spodnja meja hujših poškodb nosilne konstrukcije
0,207	Poškodovane/iz temeljev izravnane jeklene konstrukcije; pretrganje skladiščnih rezervoarjev
0,345 – 0,483	Zlom lesenih tramov; skoraj popolna porušitev hiš
0,689	Verjetna popolna porušitev stavb; težki delovni stroji premaknjeni in težje poškodovani.

Vrednosti so privzete iz Loss Prevention in the Process Industries, 'Hazard Identification, Assessment and Control', Frank P Lees, Volume 2, 2nd Edition, 1996 [1].

Kot je razvidno iz Tabele 5-2 in Tabele 5-3 se nadtlaki za poškodbe stavb in ljudi bistveno razlikujejo – za poškodbe ljudi so potrebni pomembno višji nadtlaki. Ker so učinki na človekovo zdravje verjetnejši zaradi letečih predmetov, rušenja stavb itd. kot neposredno, se v okviru ocenjevanja posledic ponavadi ugotavljajo razdalje za škode, ki se lahko pojavijo na stavbah. Referenčne vrednosti pri modeliranju so tako:

- 0,207 bar poškodovane/iz temeljev izravnane jeklene konstrukcije; pretrganje skladiščnih rezervoarjev,
- 0,138 bar delna porušitev sten in streh hiš,
- 0,021 bar "varna razdalja", pri kateri s 95 % gotovostjo ne pride do težjih posledic ;10 % okenskih stekel počenih.

Vremenski pogoji

Vremenski pogoji v času nesreče lahko imajo pomemben vpliv na posledice. Izbrani vremenski pogoji pri modeliranju pa odločilno vplivajo na rezultate modeliranja. To velja za modeliranje prenosa snovi po zraku – redčenje, disperzijo izpuščenih snovi, manj pa za ocenjevanje toplotnih obremenitev. Posebej pa velja za izpust plinov ali tekočin, ki hlapijo. Tipično, razredčevanje v zraku bo intenzivnejše v vetrovnem vremenu. Tudi stabilnost atmosfere ima pomemben vpliv na učinkovitost redčenja in prenos snovi.

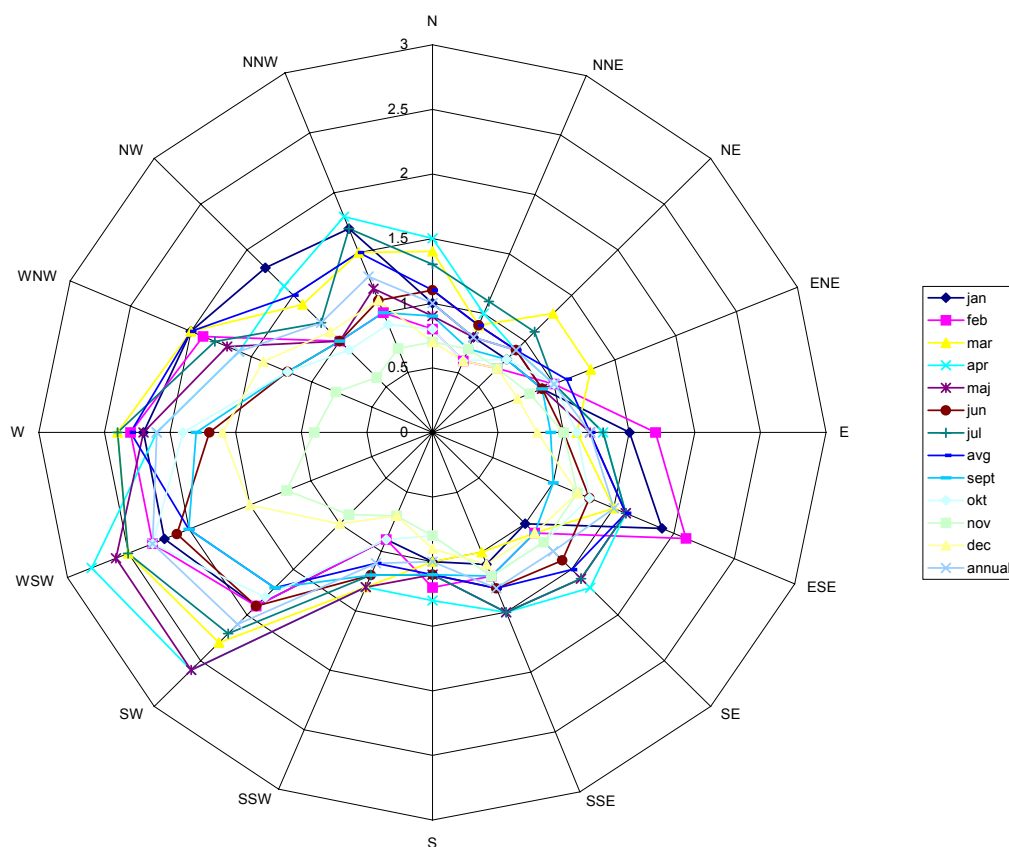
6.1.7 Stabilnost atmosfere in hitrost vetra

Za vsako lokacijo, za katero se izvaja modeliranje posledic, je treba izbrati pogoje, ki ustrezno ponazarjajo zabeležene vremenske razmere na tej lokaciji. Standardni stabilnostni razredi so navedeni v Tabeli 5-4. Za Butan Plin so bili izbrani razredi B, D in F. Ti predstavljajo več vremenskih pogojev na lokaciji Butana v Ljubljani.

Tabela 6-4: Stabilnostni razredi atmosfere

P-G Stabilnostni razred	Opis	Tipično pojavljanje
A	Zelo nestabilno	Dnevni čas
B	Srednje nestabilno	Dnevni čas
C	Zmerno nestabilno	Dnevni čas
D	Nevtralno	Dnevni ali nočni čas
E	Stabilno	Nočni čas
F	Zelo stabilno	Nočni čas

Podatki o hitrosti vetra kažejo, da so vrednosti tipično pod 3 m/s (85% časa) Pri tej hitrosti so smeri različne, ni opaziti dominantnih smeri. Pri hitrostih nad 3 m/s je prevladujoča smer zahod-jugozahod do jugozahod. Ta smer se pojavlja približno 40% časa. Slika 5-1 kaže smeri in hitrosti pod 3m/s po mesecih in letno povprečje.



Slika 6-1: Smeri vetra in hitrosti pod 3m/s za lokacijo Butan Plina

Glede na navedeno so bile pri modeliranju upoštewane naslednje vremenske razmere:

- B1 Stabilnostni razred B, hitrost vetra 1 m/s
- D5 Stabilnostni razred D, hitrost vetra 5 m/s
- F2 Stabilnostni razred F, hitrost vetra 2 m/s

Te obsegajo tako najslabša možna kot normalna stanja za obravnavano lokacijo.

6.1.8 Temperatura

Temperaturi okoliškega zraka in tal pomembno vplivata na modeliranje posledic. V danem primeru pomembno vplivata na izhlapevanje razlitega UNP. Tipično so temperature v Ljubljani med -10°C pozimi in 30°C poleti. Modelno najslabša vrednost bo temperatura specifična za izpuščeno snov in ni nujno, da bo to ekstremna temperatura okolja.

V okviru priprav na modeliranje posledic je bila opravljena modelna analiza ugotavljanja najslabše temperature okolja za posledice izpusta UNP. Ugotovljeno je bilo, da je to temperatura okoli 25°C .

6.1.9 Vlažnost zraka

Vlažnost neugodno vpliva na težo posledic pri toplotnih obremenitvah, medtem ko je za disperzijo plinov ugodna, ravno tako za vplive eksplozije. V splošnem pa je vpliv vlažnosti na posledice majhen. Pri modeliranju za Butan Plin je bila izbrana vrednost 70%.

6.1.10 Hrapavost terena

Za transport in disperzijo izpuščenega plina sta pomembni struktura in morfologija okoliškega terena. Ta se izraža s faktorjem hrapavosti površine. Tipično, višje vrednosti pomenijo boljše možnosti za disperzijo.

Izdelovalec programa PHAST, Norveško podjetje DNV, priporoča naslednje vrednosti faktorja hrapavosti površine pri uporabi PHASTa.

Tabela 6-5: Tipične vrednosti faktorja hrapavosti površine

Vrsta/tip površine	Faktor	Dolžina hrapavosti
Vodna površina - morje	0,06	0,013 m
Raven teren, malo dreves	0,06	0,013 m
Odprta, kmetijska krajina	0,09	0,117 m
Odprto podeželje	0,11	0,263 m
Gozd, podeželje ali industrijska lokacija	0,17	0,951 m
Urbano področje	0,33	2,976 m

Lokacija Butan Plina je industrijsko področje, okolica pa je mešanica urbanega in odprtega kmetijskega prostora. Glede na to je bil izbran faktor 0,17 ki je priporočen za takšno krajino.

Ocena pogostnosti (analiza frekvenc)

Analiza frekvenc se uporablja za določitev pogostnosti pojavljanja dogodkov, v našem primeru večje nesreče. V okviru te študije je bila uporabljena metoda "analiza drevesa odpovedi/napak", ki opisuje najverjetnejše načine za pojavljanje večjih nesreč.

Drevo odpovedi je deduktivna metoda, pri kateri se osredotočimo na nesrečo in njene vzroke. Analiza se prične z glavnim nezgodnim dogodkom in nadaljuje do ugotovitve osnovnih vzrokov za njegovo pojavljanje. Vzroki sicer obsegajo osnovne dogodke, ki so lahko odpoved kosa opreme, človeška napaka ali odpoved komponent v sistemu, in takoimenovane posledične ali odvisne odpovedi. Analiza drevesa napak/odpovedi se ne uporablja, da bi se analizirale vse možne odpovedi sistema, ampak se nanaša na posamezno odpoved, v primeru Butan Plina je glavni dogodek nekontroliran vžig UNP ali BLEVE.

7. OCENJEVANJE NEVARNOSTI VEČJIH NESREČ

V tem poglavju podajamo lastnosti UNP in z njimi povezane nevarnosti ter scenarije možnih večjih nesreč s posledicami na lokaciji.

Lastnosti utekočinjenega naftnega plina (UNP)

UNP je splošno ime za komercialno mešanico propana in butana. Komercialni propan sestavljajo ogljikovodiki s tremi ogljikovimi atomi, predvsem propan (C_3H_8). Komercialni butan sestavljajo ogljikovodiki s štirimi ogljikovimi atomi, predvsem n- in izo- butan (C_4H_{10}). UNP, ki ga skladiščijo in distribuirajo v Butan Plinu, tipično sestavlja mešanica 65% ut. butana in 35% ut. propana.

UNP je pri normalni temperaturi plin, ki se utekočini pri zmernem pritisku in nizki temperaturi. Propan ima nižje vrelišče kot butan, zato se uplinja pri dokaj nizkih temperaturah. UNP je brezbarven, brez vonja in zelo lahko vnetljiv. Za lažje zaznavanje uhajanj se dodajajo odoranti (etil-merkaptan s pragom vonja 0,1ppb). Meje eksplozivnosti do navedene v Tabeli 6-1.

Tabela 7-1: Spodnja in zgornja eksplozijska meja za UNP in njegovi sestavini

Snov	Spodnja - SEM (ppm)	Zgornja - ZEM (ppm)
Butan	15.000 (1,5%)	90.000 (9%)
Propan	21.000 (2,1%)	95.000 (9,5%)
UNP; 65% butana : 35% propana	17.020 (1,7%)	92.010 (9,2%)

Spodnja eksplozijska meja za UNP je 1,7%, zgornja pa 9,2%. Spodnja meja pomeni, da lahko imajo tudi majhni izpusti resne posledice. Hlapi - plinska faza, če je kje nabrana, se lahko vname ali eksplodira v kontaktu z ognjem/virom vžiga.

Hlapi UNP so težji od zraka. Po izpustu se bodo nabirali pri tleh ali v depresijah/kanalih in jih bo težko izpihati.

UNP ni strupen, povzroča pa zadušitve, ker izpodriva zrak. Simptomi so oteženo dihanje, slabost, vrtoglavica in izguba zavesti. Izpostavljenost koncentracijam nad 2% lahko vpliva na centralni živčni sistem (CNS), podobno kot anestetiki ali nekatere strupene snovi. Neposreden kontakt z utekočinjenim plinom povzroča omrzline na koži.

Izpusti UNP

UNP dovažajo v Butan Plin z železniškimi cisternami. Cisterne priklopijo na pretakališču na eno od treh prečrpovalnih postaj. Prečrpavanje poteka preko kompresorja – plinska faza je priključena na vrh cisterne, tekoča pa izteka spodaj. Ventili so prikazani na Sliki 6-1. Črpalka na strani tekočine vzdržuje tlak v sistemu.

Neposredna povezava cisterne s prečrpovalnim sistemom na plinski in tekoči strani je izvedena s pomočjo gibkih cevi, sicer je sistem fiksen. Preostali cevovod je v večjem delu podzemen. Protilomni ventili na sosednjih prečrpovalnih točkah preprečujejo izlive na teh mestih.

Protilomni ventil na cisterni je med praznjenjem cisterne blokiran v odprtem položaju, kar pomeni, da lahko celotna vsebina cisterne izteče v primeru poškodbe/pretrganja gibke cevi. Jeklina vrv, ki je pripeta na ventil s posebno zanko, omogoča ročno de-blokado ventila. Jeklina vrv je dolga 15 m; njen konec drži operater, ki s potezanjem lahko opravi deblokado v primeru izliva. Praznjenje cistern vedno opravljata/nadzirata dva operaterja.

Pri večjih izpustih se predpostavlja, da bo ventil na cisterni ostal blokiran, kljub majhni možnosti, da bi bila oba operaterja neuspešna pri njegovem de-blokiranju. Kakorkoli, v teh primerih se računa s popolnim praznjenjem cisterne in možnostjo gorečega curka, ali goreče luže, ali eksplozije oblaka hlapov. Ta scenarij se obravnava kot najtežji pričakovani dogodek. Njegovo modeliranje je opisano v poglavju 6.3.

Obdelana je bila tudi možnost verižne nesreče znotraj Butan Plina pri večjem izlivu UNP iz železniške cisterne. Ta nesreča obsega analizo možnosti, da požar zajame sosednjo cisterno, kar bi vodilo v BLEVE. Toplotni učinki BLEVE so bili modelirani in so podani v podpoglavju 6.3.4.

Bolj verjeten scenarij izrednega dogodka je 1-minutni izliv UNP, to je situacija, ko operater(ja) uspeša de-blokirati ventil na cisterni v roku ene minute. Ta scenarij je obdelan v poglavju 6.4.

Poškodbe cevovoda so možne ob različnih delovnih operacijah, kot je polnjenje avto cistern. Za takšne primere so na skladiščnih rezervoarjih in avto cisternah nameščeni protilomni ventili, ki ob povečanem pretoku zaprejo pretok UNP in omejijo izliv na količino plina, prisotnega v cevi. Ocenjeno je bilo, da količine tako izlitega UNP ne presegajo tistih, ki so bile izračunane pri verjetnem eno-minutnem scenariju, zato ti dogodki niso bili podrobno analizirani. Privzeti so bili rezultati verjetnega scenarija.

Popoln izpust iz snopa pokončnih vsebnikov predstavlja izredni dogodek s potencialno najtežjimi možnimi posledicami. Rezultati obdelave tega scenarija so bili posredovani občinski pristojni službi (oddelku) za potrebe izdelave načrta zaščite in reševanja. Verjetnost za pojav takšnega dogodka je bila ocenjena kot skrajno majhna, glede na ukrepe in nadzor, navedene v poglavju 4.2.

Izpust celotne vsebine železniške cisterne

Modeliranje je bilo opravljeno za izpust iz največje cisterne, to jem³ ali kg (gostota 550kg/m³), kar se tolmači kot najtežji pričakovani izredni dogodek izpusta UNP na lokaciji.

Iztekanje se lahko pojavi na različnih višinah in poteka v različnih smereh glede na cisterno. Da bi ugotovili, katera višina in smer prinašata najbolj neugodne posledice, je bilo opravljeno naslednje predhodno modeliranje:

1. vodoravno iztekanje 1m nad tlemi,
2. vodoravno iztekanje pri tleh (iz gibke cevi),
3. navzdol usmerjeno iztekanje 1 m nad tlemi z delnim odbijanjem od tal,
4. navzdol usmerjeno iztekanje pri tleh z delnim odbijanjem od tal.

V nadaljevanju je obravnavano le najbolj neugodno iztekanje – vodoravno, 1 m nad tlemi.

Scenarij predvideva pretrganje gibke cevi z nastankom odprtine premera 80mm. Hitrost iztekanja je približno 30kg/s. Ob izpustu takoj izhlapi 29% UNP, preostalih 71% pa pade na tla v obliki tekočine. Ta naknadno v celoti izhlapi.

Nevarnosti takega izpusta so:

- goreči curek na koncu poškodovane/pretrgane gibke cevi,
- goreča luža),
- eksplozija plina (oblaka hlapov),
- BLEVE.

Vsi izpusti so bili modelno analizirani, rezultati so prikazani v nadaljevanju in povzeti v Tabeli 6-8.

7.1.1 Rezultati za goreči curek

Rezultati so zbrani v Tabeli 6-2 in grafično prikazani na Sliki 6-2.

Tabela 7-2: Maksimalne razdalje do referenčnih vrednosti toplotne obremenitve (m)

Referenčna toplotna obremenitev	Vremenski pogoji B1	Vremenski pogoji D5	Vremenski pogoji F2
4,5kW/m ²			
12,5kW/m ²			
37,5kW/m ²			

Slika 7-1: Toplotne obremenitve v odvisnosti od razdalje za goreči curek

Rezultati kažejo, da je verjetno, da bodo zaposleni utrpeli opekline v oddaljenosti dom od cisterne. Škode na opremi so možne do oddaljenosti ...m od cisterne.

7.1.2 Goreča luža

Razlit UNP bi tvoril lužo premera največ 42m. Če bi se vžgal, bi lahko pričakovali referenčne toplotne obremenitve na razdaljah, kot so navedene v Tabeli 6-3. Grafični prikaz je na Sliki 6-3.

Tabela 7-3: Maksimalne razdalje od sredine goreče luže do referenčnih vrednosti toplotne obremenitve (m)

Referenčne toplotne obremenitve	Vremenski pogoji B1	Vremenski pogoji D5	Vremenski pogoji F2
4,5kW/m ²			
12,5kW/m ²			
37,5kW/m ²			

Slika 7-2: Toplotne obremenitve v odvisnosti od razdalje za gorečo lužo

Rezultati kažejo, da je verjetno, da bodo zaposleni utrpeli opekline v oddaljenosti do od cisterne. Škode na opremi so možne do oddaljenostim od cisterne.

7.1.3 Eksplozija oblaka hlapov

Razliti UNP bo hlapel, pri čemer se bo združeval s hlapi, ki nastajajo takoj ob izpustu. Oblak se bo redčil v zraku. V območju eksplozivnih koncentracij je pričakovati eksplozijo, če se pojavi vir vžiga. Pri modeliranju je predpostavljeno, da se bo vir vžiga pojavil do koncentracije 50% SEM. To pomeni, da je pričakovati eksplozijo oblaka par v oddaljenostim od cisterne, kot je prikazano v Tabeli 6-4. Stranski pogled koncentracijskih območij v oblaku je razviden iz Slike 6-4.

Tabela 7-4: Maksimalne razdalje do koncentracij SEM in 50% SEM

	Vreme B1	Vreme D5	Vreme F2
SEM			
50% SEM			

Slika 7-3: Stranski pogled na koncentracije UNP v oblaku hlapov

Razdalje do referenčnih vrednosti za tlačne obremenitve so zbrane v Tabeli 6-5. Pomen je naslednji: na primer, za vremenske pogoje B1, se pričakuje nadtlak 0,021 bar na razdaljim od mesta izpusta. Ta razdalja obsegam (območje vnetljivosti in oddaljenost vira vžiga) +m (oddaljenost referenčnega nadtlaka od mesta eksplozije).

Tabela 7-5: Maksimalne razdalje do referenčnih vrednosti za tlačne obremenitve za eksplozijo hlapov (m)

Nadtlak	Vreme B1	Vreme D5	Vreme F2
0,021 bar			
0,138 bar			
0,207 bar			

Rezultati kažejo, da je pričakovati poškodbe pri zaposlenih in škodo na postrojenjih oziroma objektih do razdaljem od mesta izpusta. Resnejše škode na objektih so možne dom od izpusta.

7.1.4 BLEVE

Če cisterno z UNP zajame ogenj, se lahko tekočina pregreje in UNP zavre. Če pritisk v cisterni preseže mejo trdnosti za cisterno, se bo ta razletela in bo prišlo do BLEVE. Toplotne obremenitve pri tem dogodku so prikazane v Tabeli 7-6.

Tabela 7-6: Maksimalne razdalje do referenčnih toplotnih obremenitev za BLEVE (m)

Toplotna obremenitev	Vreme B1	Vreme D5	Vreme F2
4,5kW/m ²			
12,5kW/m ²			
37,5kW/m ²			

Rezultati kažejo, da so možne poškodbe ljudi – opekline v oddaljenostim. Škode na opremi so možne v oddaljenosti dom.

1-minutni izpust UNP

Zgoraj predstavljeni rezultati veljajo za najtežjo pričakovano nesrečo. Ker poteka praznjenje cisterne ob dveh prisotnih usposobljenih operaterjih je verjetno, da bo eden od operaterjev uspel deblokirati ventil na cisterni najkasneje v eni minuti. Spodaj so predstavljeni rezultati modeliranja tega scenarija, ki velja za najtežjo verjetno nesrečo. Rezultati so zbrani v Tabeli 7-7.

Tabela 7-7: Rezultati za 1-minutni izpust

Vreme	B1	D5	F2
Maksimalne razdalje do referenčnih vrednosti za toplotne obremenitve za goreči curek (m)			
4,5kW/m ²		-	-

Vreme	B1	D5	F2
12,5kW/m ²		-	-
37,5kW/m ²		-	-
Maksimalne razdalje do referenčnih vrednosti za toplotne obremenitve za gorečo lužo UNP (m)			
4,5kW/m ²	-	-	
12,5kW/m ²	-		-
37,5kW/m ²	-		-
Maksimalne razdalje do referenčnih vrednosti za toplotne obremenitve za eksplozijo hlapov (m)			
0,021 bar			
0,138 bar			
0,207 bar			

Kot je razvidno so rezultati za goreči curek isti kot pri popolnem izlitju iz cisterne, vendar je treba upoštevati, da tokrat izlitje traja le 1 minuto. V tem času ni verjetno, da bi nastala večja škoda v okolici dogodka, saj bi plamen ugasnil, ko bi iztekanje prenehalo.

Rezultati za druga dva dogodka kažejo bistveno manjše razdalje v primerjavi z izpustom celotne vsebine cisterne.

Občutljivost rezultatov glede na modelne predpostavke

Analize so obravnavale tako imenovane scenarije najtežjih primerov nesreč. Nekatero od vgrajenih pesimističnih predpostavk so:

- prepostavljeni so bili najslabši vremenski in okoljski pogoji. Nekatero vremenske značilnosti so slabe za razredčevanje, nekatero pa nimajo posebnega vpliva na širjenje/odvajanje toplote, ipd..
- Rezultati predstavljajo najtežje posledice v smeri vetra – kar se tiče posledic toplotnega obremenjevanja pri gorenju in eksploziji. Zato je upoštevanje smeri vetra pri načrtovanju zaščite in reševanja pomembno.
- V oceni je predpostavljeno, da se ohrani maksimalen pritisk v cisterni ves čas izliva. Čeprav je realno, da bo pritisk padal, to ni bilo upoštevano v analizah, zato so rezultati – razdalje nekoliko večje, kot bi realno bile. Količina izliva določa trajanje izredne situacije.
- Predpostavljeni smer in hitrost izpusta pri gorečem curku sta najbolj neugodni.
- Predpostavljena verjetnost prisotnosti vira vžiga pri vseh scenarijih je 1.

Priporočila za izdelavo načrtov zaščite in reševanja

V Tabeli 6-8 so zbrani rezultati toplotnih in tlačnih obremenitev za izpust celotne vsebine železniške cisterne. Rezultati so zaokroženi na 10. Navedene razdalje se priporočajo kot podlaga pri izdelavi načrtov zaščite in reševanja.

Tabela 7-8: Povzetek rezultatov modeliranja za potrebe izdelave načrtov

zaščite in reševanja – toplotne obremenitve in nadtlak za celoten izpust iz železniške cisterne

Referenčne vrednosti	B1 Vreme
Razdalje v primeru BLEVE (m)	
4,5 kW/m²	
12,5 kW/m²	
37,5 kW/m²	
Razdalje v primeru eksplozije hlapov (m)	
0,021 bar	
0,138 bar	
0,207 bar	

Analiza frekvenc

Za oceno pogostnosti pojavljanja izrednih dogodkov je bila uporabljena metoda "drevo odpovedi". Obravnavani dogodki so bili:

- nekontroliran izpust UNP iz železniške cisterne. Po izpustu operater ne uspe deblokirati ventila, zaradi česar se izlije celotna vsebina cisterne.
- Vžig ali eksplozija razlitega UNP.
- Nekontroliran požar/BLEVE, ker odpove protipožarni poplavni sistem. Goreči curek ali goreča luža UNP zajame sosednjo cisterno, kar privede do BLEVE.

Vsi omenjeni dogodki so obdelani in vključeni v drevesa napak/odpovedi ter prikazani na Slikah 1 in 2 v Dodatku 4. Slika 1 ponazarja obstoječi sistem, kjer se pretakanje vrši s pomočjo gibke cevi, Slika 2 pa velja za modificiran sistem, ko bo namesto gibke cevi nameščena fiksna roka za pretakanje.

Uporabljeni podatki za analizo so tudi navedeni v Dodatku 4. Rezultati analize frekvenc so predstavljeni v Tabeli 6-9.

Tabela 6-9: Povzetek analize frekvenc

Scenarij (Opomba 1)	Obstoječi sistem (Opomba 2)	Novi sistem (Opomba 2)
Nekontroliran izpust iz cisterne (Vrata LPGPERYR)	1,09 x 10 ⁻⁵ na leto (1 krat v 91.743 letih)	1,89 x 10 ⁻⁷ na leto (1 krat v 5,3 milijon letih)
Vžig ali eksplozija UNP (Vrata FIRE)	1,09 x 10 ⁻⁵ na leto (1 krat v 91.743 letih)	1,89 x 10 ⁻⁷ na leto (1 krat v 5,3 milijon letih)
Nekontroliran požar/BLEVE (Vrata BLEVE)	1,18 x 10 ⁻⁷ na leto (1 krat v 8,5 milijon letih)	2,05 x 10 ⁻⁹ na leto (1 krat v 487 milijon letih)

Opombe:

1. Pri analizah je upoštevano, da bo vir vžiga prisoten, zato sta frekvenci za izpust UNP iz cisterne in vžig ali eksplozijo enaki. Takšna predpostavka je realna za izpuste, ko se bo oblak razširil izven lokacije Butana; zunaj je veliko virov vžiga, ki jih ni možno kontrolirati, zato je verjetnost vžiga velika. Za samo lokacijo Butana pa je ta predpostavka pesimistična (goreči curek, goreča luža, BLEVE). Izračunane frekvence za eksplozijo so glede na predpostavke realne, medtem ko je frekvenca za nekontroliran požar ali BLEVE precenjena.
2. Vrednosti bi lahko bile nižje, če bi se protipožarni poplavni sistem samodejno aktiviral. Ta možnost ni bila posebej analizirana.

Rezultati analize so indikativni, ker ne obsegajo vseh možnih odповіdi in tudi ne varnostnih ukrepov, ki jih izvajajo v Butan Plinu. Gre predvsem za demonstracijo, kako lahko nekateri dodatni ukrepi – fiksna roka za pretakanje – pomembno prispevajo k izboljšanju varnosti sistema in zmanjšanju tveganj. Ne gre torej za dokončno oceno tolerabilnosti tveganja ali za izpolnitev principa ALARP - As Low As Reasonably Practicable.

8. ZAKLJUČKI

Pet scenarijev večjih nesreč je bilo izbranih za nadaljnjo obravnavo v postopku pregleda nevarnosti za pojav večjih nesreč. Pri vseh petih gre za izpust UNP in možnost vžiga ali eksplozije: goreči curek, goreča luža, eksplozija oblaka hlapov.

Izmed teh petih je bil identificiran scenarij, ki predstavlja najtežjo pričakovano nesrečo. Scenarij obravnava izlitje celotne vsebine UNP iz železniške cisterne – zaradi poškodbe/pretrganja gibke cevi.

Ugotovljen in ocenjen je bil tudi najbolj verjeten scenarij. Ta obravnava enominuten izpust iz cisterne, saj se pričakuje, da bodo operaterji uspešno deblokirali odprt ventil na cisterni v času ene minute.

Potencialno najtežji dogodek obravnava popoln izpust UNP iz poškodovanega pokončnega rezervoarja. Rezultati modeliranja tega dogodka so bili posredovani mestnim pristojnim službam za pripravo načrta zaščite in reševanja.

Modeliranje posledic najtežje pričakovane nesreče je pokazalo, da je pričakovati težje posledice znotraj in zunaj lokacije Butan Plina in da je potrebno izdelati ustrezna načrta zaščite in reševanja v organizaciji in zunaj organizacije. Opravljena je bila tudi analiza pogostnosti pojavljanja najtežjega pričakovanega dogodka. Za primerjavo je bila analizirana modifikacija sistema z vgradnjo fiksne roke za pretakanje.

Z vidika možnih posledic izrednih dogodkov ter pogostnosti njihovega pojavljanja se priporoča, da se izvedejo vsi ukrepi, da se tveganje zmanjša (ALARP). Ti ukrepi za primer najtežje pričakovane nesreče so:

- namestitev alternativnega mehanizma, ki bo učinkovito zmanjšal pogostnost poškodbe/pretrganja gibke cevi, na primer fiksne roke za pretakanje, ter zmanjšal količino izpusta,
- namestitev ustreznega mehanizma za ročno sproženje pršilnega (hladilnega) – protipožarnega sistema na pretakališču v primeru izpusta UNP. Ta ukrep bo zmanjšal možnost pojava BLEVE.

V splošnem je potrebno presoditi uvedbo tudi drugih sistemov/načinov za zmanjšanje celotnega tveganja na lokaciji.

9. VIRI

- 1 Lees, Frank, 1996. Loss Prevention in the Process Industries, 'Hazard Identification, Assessment and Control', Volume 2, 2nd Edition.
- 2 United Nations Environment Programme, 1992. Hazard Identification and Evaluation in a Local Community, Technical Report No. 12, UNEP IE/PAC).

DODATEK 1

ZAPISNIK POSTOPKA UGOTAVLJANJA NEVARNOSTI VEČJE NESREČE

Prečrpavanje železniške cisterne								
Dogodek	Vrsta nevarnosti in posledice	Varnostni ukrepi	Pogostnost	Utemeljitev	Posledice	Utemeljitev	Tveganje	Opombe/dodatni ukrepi
	<p>Splošne nevarnosti:</p> <p>Izpust vnetljive snovi (UNP) in možnost:</p> <ul style="list-style-type: none"> vžiga razlitega UNP – goreča luža, eksplozije hlapov, gorečega curka, <p>ob prisotnem viru vžiga.</p> <p>Možnost omrzlin operaterja.</p>	<p>Splošni ukrepi:</p> <p>Ročno upravljanje</p> <p>Predpisani postopki</p> <p>Izučeni operaterji</p> <p>Prepoved kajenja na lokaciji</p> <p>Klasifikacija nevarnega območja</p> <p>Oprema in napeljava v S-izvedbi</p> <p>Posebno dovoljevanje za vroča dela</p> <p>Protipožarni sistem (voda) na prečrpališču</p> <p>Načrt zaščite in reševanja</p> <p>Poklicni gasilci na lokaciji</p> <p>Postopki rednega vzdrževanja</p>						
Poškodba cevi		<p>Specifični ukrepi</p> <p>Cevi se pregledujejo in testirajo vsakih 6 mesecev</p> <p>Protikomni ventili na cisterni</p>	L	<p>Cevi se pregledujejo in testirajo vsakih 6 mesecev</p> <p>Ni virov vžiga v bližini</p>	C	<p>Do eksplozije lahko pride izven lokacije.</p> <p>Požar/eksplozija na lokaciji.</p>	1	<p>Predvidevajo se zaporni ventili.</p> <p>Ti bodo omejili izpuste v primeru</p>

Prečrpavanje železniške cisterne								
Dogodek	Vrsta nevarnosti in posledice	Varnostni ukrepi	Pogostnost	Utemeljitev	Posledice	Utemeljitev	Tveganje	Opombe/dodatni ukrepi
								izrednega dogodka. Pregledati protipožarni sistem na ravni podjetja in uvesti avtomatično sproženje v sili.
Odrta sosednja prečrpovalna zanka		Protilomni ventili	L	Pomota operaterja redka. Dogodek se zazna takoj.	S	Protilomni ventil zmanjša količino izlitega UNP	2	Razmisliti o zamenjavi protilomnega ventila z zapornim.

Pretakanje v skladiščni rezervoar								
Dogodek	Vrsta nevarnosti in posledice	Varnostni ukrepi	Pogostnost	Utemeljitev	Posledice	Utemeljitev	Tveganje	Opombe/dodatni ukrepi
	Splošne nevarnosti: Izpust vnetljive snovi (UNP) in možnost vžiga/eksplozije.	Splošni ukrepi: Ročno upravljanje Predpisani postopki Izučeni operaterji Prepoved kajenja na lokaciji Klasifikacija nevarnega območja Oprema in napeljava v S-izvedbi Posebno dovoljevanje za vroča dela Načrt zaščite in reševanja Poklicni gasilci na lokaciji Postopki rednega vzdrževanja						
Poškodba tesnila na črpalki		Posebni ukrepi Redno vzdrževanje črpalk	I	Tesnilo ne drži – izraba, poškodba	M	Izlite količine so majhne.	2	
Poškodba cevovoda		Periodični pregledi (tlačni testi in preverjanje puščanj). Protikomni ventil na rezervoarju.	L	Cevovod je le občasno v rabi. Cevovod je vkopan in le na nekaj mestih izpostavljen zunanjim	C	Možnost eksplozije hlapov. Možnost razvoja do BLEVE sosednjega rezervoarja.	1	Preveri ti možnost zunanje poškodbe cevovoda.

Pretakanje v skladiščni rezervoar								
Dogodek	Vrsta nevarnosti in posledice	Varnostni ukrepi	Pogostnost	Utemeljitev	Posledice	Utemeljitev	Tveganje	Opombe/dodatni ukrepi
				poškodbam.		Vžig znotraj rezervoarja je malo verjeten zaradi pomanjkanja zraka v notranjosti cevovoda. Brizgajoč plamen je bolj verjeten.		
Prenapolnjen rezervoar zaradi nepravilnega položaja ventila	Motnje pri uporabi sistema	Varnostni ventil na rezervoarju						

Skladiščenje v rezervoarjih								
Dogodek	Vrsta nevarnosti in posledice	Varnostni ukrepi	Pogostnost	Utemeljitev	Posledice	Utemeljitev	Tveganje	Opombe/dodatni ukrepi
	Splošne nevarnosti: Izpust vnetljive snovi (UNP) in možnost vžiga/eksplozije.	Splošni ukrepi: Ročno upravljanje Predpisani postopki Izučeni operaterji Prepoved kajenja na lokaciji Klasifikacija nevarnega območja Oprema in napeljava v S-izvedbi Posebno dovoljevanje za vroča dela Postopki rednega vzdrževanja						
Poškodba rezervoarja ali povezovalnega sklopa		Posebni ukrepi Ventili na rezervoarjih.	R	Pregled notranjosti rezervoarjev se izvaja na 5 let – inšpektor za pregled tlačnih posod Tlačni preizkusi se izvajajo na 7 let. Debelina sten rezervoarjev se izvaja na 2 leti. Vizualni pregledi zunanosti se izvajajo	C	Eksplorzija hlapov izven lokacije. Požar/eksplozija na lokaciji.	2	

Skladiščenje v rezervoarjih								
Dogodek	Vrsta nevarnosti in posledice	Varnostni ukrepi	Pogostnost	Utemeljitev	Posledice	Utemeljitev	Tveganje	Opombe/dodatni ukrepi
				na 6 mesecev Rezervoarji, v katere se ne vstopa, se tlačno preizkušajo vsakih 5 let.				
Požar ob skladiščnem rezervoarju	BLEVE	Varnostni ventil na rezervoarju Ročni zagon protipožarnega sistema.	R	Varnostni ventili se pregledujejo enkrat letno. Trije ventili so na ležečih in štirje na pokončnih rezervoarjih. Mesečni pregledi protipožarne instalacije na rezervoarjih.	C	Eksplozija na lokaciji in možnost žrtev/poškodovanih izven lokacije.	2	

Polnjenje rezervoarjev/cevovoda po vzdrževalnih delih ali pregledih								
Dogodek	Vrsta nevarnosti in posledice	Varnostni ukrepi	Pogostnost	Utemeljitev	Posledice	Utemeljitev	Tveganje	Opombe/dodatni ukrepi
Polnjenje rezervoarja/cevovoda	Mešanica zrak/UNP v rezervoarju ali cevovodu in možnost eksplozije	Prepihanje sistema z dušikom Ročno upravljanje Predpisani postopki Izučeno osebje Prepoved kajenja na lokaciji Klasifikacija nevarnega območja Oprema in napeljava v S-izvedbi Posebno dovoljevanje za vroča dela Poklicni gasilci na lokaciji Postopki rednega vzdrževanja	R	Cevovode vedno preprihajo z dušikom pred ponovnim polnjenjem Rezervoarji se preprihajo s plinom pred priključitvijo na sistem polnjenja Ni virov vžiga	C	Možnost eksplozije	2	Preveriti ustreznost preprihovanja rezervoarjev s plinom

Pretakanje med rezervoarji								
Dogodek	Vrsta nevarnosti in posledice	Varnostni ukrepi	Pogostnost	Utemeljitev	Posledice	Utemeljitev	Tveganje	Opombe/dodatni ukrepi
	Splošne nevarnosti: Izpust vnetljive snovi (UNP) in možnost vžiga/eksplozije	Splošni ukrepi: Ročno upravljanje Predpisani postopki Izučeni operaterji Prepoved kajenja na lokaciji Klasifikacija nevarnega območja Oprema in napeljava v S-izvedbi Posebno dovoljevanje za vroča dela Postopki rednega vzdrževanja						
Poškodba cevovoda		Posebni ukrepi Periodično testiranje integritete cevovoda (tlačni preizkusi in testi puščanja). Regulacijski ventili na rezervoarjih.	L	Cevovodi niso v stalni uporabi Cevovod je vkopan in le na nekaj mestih izpostavljen zunanjim poškodbam.	C	Eksplozija hlapov izven lokacije. Požar/eksplozija na lokaciji, možnost zajema sosednjega rezervoarja in BLEVE Vžig znotraj rezervoarja malo verjeten zaradi pomanjkanja zraka; možen vžig ob iztekanju – goreči curek.	1	Preveriti zaščito pred zunanjo poškodbo cevovoda

Pretakanje med rezervoarji								
Dogodek	Vrsta nevarnosti in posledice	Varnostni ukrepi	Pogostnost	Utemeljitev	Posledice	Utemeljitev	Tveganje	Opombe/dodatni ukrepi
Možna prenaponitev rezervoarjev zaradi napačne pozicije ventila	Obratovalne motnje	Razbremenitev z ventili						

Polnjenje jeklenk								
Dogodek	Vrsta nevarnosti in posledice	Varnostni ukrepi	Pogostnost	Utemeljitev	Posledice	Utemeljitev	Tveganje	Opombe/dodatni ukrepi
	Splošne nevarnosti: Izpust vnetljive snovi (UNP) in možnost vžiga/eksplozije.	Splošni ukrepi: Ročno upravljanje Predpisani postopki Izučeni operaterji Prepoved kajenja na lokaciji Klasifikacija nevarnega območja Oprema in napeljava v S-izvedbi Posebno dovoljenje za vroča dela Zaposleni so priučeni gasilci – znajo uporabljati gasilsko opremo						
Poškodba cevi	Izpust vnetljive snovi in možnost požara/eksplozije	Posebni ukrepi Cevi redno menjajo Gasilni aparati v delavnici	I	Cev za polnjenje še ni bila poškodovana v življenjski dobi obrata (25 obratovalnih let)	M	Izpuščene količine so majhne glede na majhen premer cevi	2	Razmisliti o uvedbi protipožarne vode - sistema v polnilno postajo
Poškodba jeklenke zaradi povečanega tlaka ali udarca	Izpust vnetljive snovi in možnost požara/eksplozije	Nove jeklenke so testirane na padec s strani proizvajalca Vse jeklenke se tlačno preizkušajo in tehtajo	R	Ventili so mehansko zaščiteni	S	Možnost vpliva izven lokacije je majhna	3	

Polnjenje jeklenk								
Dogodek	Vrsta nevarnosti in posledice	Varnostni ukrepi	Pogostnost	Utemeljitev	Posledice	Utemeljitev	Tveganje	Opombe/dodatni ukrepi
		vsakih 10 let na lokaciji						

Skladiščenje jeklenk								
Dogodek	Vrsta nevarnosti in posledice	Varnostni ukrepi	Pogostnost	Utemeljitev	Posledice	Utemeljitev	Tveganje	Opombe/dodatni ukrepi
	Splošne nevarnosti: Izpust vnetljive snovi (UNP) in možnost vžiga/eksplozije.	Splošni ukrepi: Ročno upravljanje Predpisani postopki Izučeni operaterji Prepoved kajenja na lokaciji Klasifikacija nevarnega območja Oprema in napeljava v S-izvedbi Posebno dovoljevanje za vroča dela Zaposleni so priučeni gasilci – znajo uporabljati gasilsko opremo						
Poškodba jeklenk pri padcih in prevrnitvah ali zaradi udarca viličarja	Izpust vnetljive snovi in možnost požara/eksplozije.	Posebni ukrepi Usposobljeni vozniki viličarjev Ventili so mehansko zaščiteni Jeklenke se zlagajo največ dve v višino Gasilni aparati v bližini	I	Poškodba jeklenke ni bila zabeležena v življenjski dobi obrata – 25 let	M	Velikost jeklenk je majhna. Lahko pa v primeru poškodbe in izpusta iz več jeklenk pride do požara in eksplozij ter nastanka projektilov	2	

Polnjenje avto cistern								
Dogodek	Vrsta nevarnosti in posledice	Varnostni ukrepi	Pogostnost	Utemeljitev	Posledice	Utemeljitev	Tveganje	Opombe/dodatni ukrepi
	Izpust vnetljivega plina in možnost požara/eksplozije.	Ročno upravljanje Predpisani postopki Izučeni operaterji Prepoved kajenja na lokaciji Klasifikacija nevarnega območja Oprema in napeljava v S-izvedbi Posebno dovoljenje za vroča dela Operaterji so profesionalni gasilci Protipožarna voda na prečrpališču Načrt zaščite in reševanja						
Poškodba gibke cevi		Posebni ukrepi Preverjanje integritete cevi Regulacijski ventili na avto cisternah Regulacijski ventili na rezervoarjih	L	Gibke cevi se testirajo vsakih 6 mesecev Avto cisterna nima prižganega motorja med polnjenjem	C	Eksplozija hlapov izven lokacije Požar/eksplozija na lokaciji	1	
Cisterna odpelje med polnjenjem		Operater vedno nadzira polnjenje. Voznik cisterne je prisoten	H	Dogodek se je že zgodil na lokaciji. Postopek polnjenja	C	Eksplozija hlapov izven lokacije. Požar/eksplozija na lokaciji	1	Obnoviti navodila za polnjenje avto cistern tako, da

Polnjenje avto cistern								
Dogodek	Vrsta nevarnosti in posledice	Varnostni ukrepi	Pogostnost	Utemeljitev	Posledice	Utemeljitev	Tveganje	Opombe/dodatni ukrepi
		(kadar ne ureja odpreme dokumentacije) Protilomni ventil na cisterni Protilomni ventil na polnilni postaji		določa stalno prisotnost operaterja med polnjenjem, voznik cisterne pa mora biti zraven kolikor je le mogoče.		lokaciji.		so jasno določene individualne odgovornosti
Prenapolnitev cisterne	Ni izpusta zaradi zaprte zanke pri polnjenju							

Merilno-regulacijska postaja zemeljskega plina								
Dogodek	Vrsta nevarnosti in posledice	Varnostni ukrepi	Pogostnost	Utemeljitev	Posledice	Utemeljitev	Tveganje	Opombe/dodatni ukrepi
Merno-regulacijska postaja naravnega plina	Požar v okviru Butana (UNP) se lahko razširi in zajame merno-regulacijsko postajo – eskalacija dogodka do eksplozije		R	Ključ merilno-regulacijske postaje pri varnostniku	S	Zaporni ventil v merilno-regulacijski postaji je lahko dostopen. Lastnik plinovoda nudi 24-urno tehnično pomoč.	2	Dogovoriti se je treba z lastnikom glede zapiranja ventila na plinovodu. Gre za dovoljenje za zapiranje ventila na lokaciji Butan Plina
	Puščanje plina iz merno-regulacijske postaje, razširjanje po lokaciji in eskalacija do požara in eksplozije			Varnostna službe dnevno registrira pretoke v merilno-regulacijski postaji. Če ugotovi puščanje takoj obvesti lastnika.		Zaporni ventil v merilno-regulacijski postaji je lahko dostopen. Lastnik plinovoda nudi 24-urno tehnično pomoč.		

DODATEK 4

PODATKI IN DREVESI NAPAK/ODPOVEDI ZA IZPUST TER VŽIG UNP

0. UVOD

Drevesi napak/odpovedi prikazujeta frekvence (pojav/leto) za:

- nekontroliran izpust UNP iz železniške cisterne,
- vžig ali eksplozijo UNP,
- nekontrolirano gorenje/BLEVE, kadar začetni požar ni pogašen s poplavnim sistemom.

Frekvence so podane na Slikah 1 in 2. Vsak od navedenih dogodkov je predstavljen z vrati v drevesu.

Slika 1 velja za obstoječi sistem, kjer gibka cev povezuje cisterno s cevovodom. Slika 2 velja za načrtovani novi sistem povezave cisterne s cevovodom s posebno fiksno roko, ki bo nadomestila gibko cev.

Rezultati analize so zbrani v poglavju 2, uporabljeni podatki pa so v poglavju 3.

1. REZULTATI

Rezultati analize frekvenc so predstavljeni v Tabeli 2-1.

Tabela 9-1: Povzetek analize frekvenc

Scenarij (Opomba 1)	Obstoječi sistem (Opomba 2)	Novi sistem (Opomba 2)
Nekontroliran izpust iz cisterne (Vrata LPGPERYR)	1,09 x 10 ⁻⁵ na leto (1 krat v 91.743 letih)	1,89 x 10 ⁻⁷ na leto (1 krat v 5,3 milijon letih)
Vžig ali eksplozija UNP (Vrata FIRE)	1,09 x 10 ⁻⁵ na leto (1 krat v 91.743 letih)	1,89 x 10 ⁻⁷ na leto (1 krat v 5,3 milijon letih)
Nekontroliran požar/BLEVE (Vrata BLEVE)	1,18 x 10 ⁻⁷ na leto (1 krat v 8,5 milijon letih)	2,05 x 10 ⁻⁹ na leto (1 krat v 487 milijon letih)

Opombe:

1. Pri analizah je upoštevano, da bo vir vžiga prisoten, zato sta frekvenci za izpust UNP iz cisterne in vžig ali eksplozijo enaki. Takšna predpostavka je realna za izpuste, ko se bo oblak razširil izven lokacije Butana; zunaj je veliko virov vžiga, ki jih ni možno kontrolirati, zato je verjetnost vžiga velika. Za samo lokacijo Butana pa je ta predpostavka pesimistična (goreči curek, goreča luža, BLEVE). Izračunane frekvence za eksplozijo so glede na predpostavke realne, medtem ko je frekvenca za nekontroliran požar ali BLEVE precenjena.
2. Vrednosti bi lahko bile nižje, če bi se protipožarni poplavni sistem samodejno aktiviral. Ta možnost ni bila posebej analizirana.

2. PODATKI ZA ANALIZO DREVESA NAPAK/ODPOVEDI

Osnovni vzroki za pojav izpustov, eksplozijo UNP, nekontrolirano gorenje ali BLEVE, so opisani v nadaljevanju. Podatki za obstoječi sistem so v poglavju 3.1, za predvideno modifikacijo s povezovalno fiksno roko pa v poglavju 3.2.

Podatki so iz javnih podatkovnih baz in od Butan Plina, kolikor so bili na razpolago. Če podatkov ni bilo na voljo, je bila upoštevana dobra inženirska praksa in strokovna presoja za oceno pogostnosti/verjetnosti odpovedi. Viri podatkov so povsod citirani.

2.1 Obstoječi sistem

Gibka cev Poškodba/pretrganje cevi med pretakanjem UNP.

Izpust se zazna takoj, ker je pretakanje ves čas nadzorovano. Cevi se pregledujejo na 6 mesecev in po potrebi takoj zamenjajo. Predvideva se, da bo na začetku pretakanja vedno nameščena cev brez poškodb.

Vir 1, Tabela 3.2.5 navaja, da je povprečna raven poškodovanosti oziroma frekvenca odpovedi cevi $5,7 \times 10^{-7}$ na uro oziroma $4,99 \times 10^{-3}$ odpovedi letno (ob 8.760 urah/leto). Cisterna vsebuje največ 90 m^3 UNP, hitrost pretakanja je $30 \text{ m}^3/\text{h}$. Glede na to traja praznjenje cisterne 3 ure, to je $3,42 \times 10^{-4}$ leta. Ker se predpostavlja, da bo posamezna cev priključena od začetka praznjenja, je časovni interval v katerem lahko cev odpove – ekspozicija – čas praznjenja cisterne.

V analizi se torej upošteva $4,99 \times 10^{-3}$ odpovedi na leto, ter ekspozicijski čas $3,42 \times 10^{-4}$ let za posamezno cev.

Protipožarni

sistem Odpoved sistema pri sproženju.

V slučaju požara na pretakališču operater ročno sproži protipožarni poplavljalni sistem. Možno je, da sistem odpove zaradi blokade v ceveh ali odpovedi sprožilnega mehanizma.

Vir 1, Tabela 4.2.3.2 navaja za povprečno odpoved vodnih pršilcev $9,66 \times 10^{-6}$ na uro ali $8,46 \times 10^{-2}$ na leto (ob 8.760 urah letno). Sistem se testira tedensko ($1,92 \times 10^{-2}$ letno), kar pomeni, da v tem obdobju odpoved ne bo zaznana, dokler ne bo sistem sprožen, oziroma, dokler se ga ne bo skušalo sprožiti.

Odpoved protipožarnega sistema je tako $8,46 \times 10^{-2}$ letno pri intervalu izpostavljenosti $1,92 \times 10^{-2}$ let.

Vžig Vžig izpuščenega UNP.

Modeliranje je pokazalo, da se vžig lahko pričakuje na oddaljenosti do ... m od lokacije izpusta (območje vnetljivosti). Gre za območje, ki je večje od lokacije Butan Plina in kjer viri vžiga niso pod nadzorom, na primer avtomobili, cigaretni ogorki mimoidočih, ipd.

Skladno s tem je predpostavljena verjetnost 1 za prisotnost vira vžiga. Pri tem je treba upoštevati, da je ta predpostavka pesimistična za območje lokacije Butan Plina, kjer so viri vžiga kontrolirani.

Napaka

operaterja 1 Operater ne sprosti protilomnega ventila na cisterni.

Pri praznjenju cisterne je ventil zagoden v odprtem položaju. V slučaju izliva je treba ventil deblokirati s posebno žico, ki jo operater ročno potegne. Napaka operaterja, da ne bi uspel deblokirati ventila, je ocenjena kot možna, vendar je njena verjetnost majhna.

Ta verjetnost je ocenjena na 1×10^{-2} .

Napaka

operaterja 2 Operater ne sproži protipožarnega sistema.

Vžig razlitega UNP se bo takoj zaznal, saj pretakanje nadzirata dva operaterja. Eden od operaterjev ročno sproži protipožarni sistem. Čeprav je malo verjetno, da operater ne bi sprožil sistema, se pričakuje takšna odpoved, zaradi oddaljenosti mesta sproženja od pretakališča in ne povsem preprostega načina sproženja.

Verjetnost te odpovedi je ocenjena na 1×10^{-2} .

Praznjenje Število praznjenj železniških cistern letno.

Butan Plin navaja povprečno 550 praznjenj letno.

Ventili Odpoved protilomnih ventilov pri sproženju.

V primeru izliva mora operater ročno deblokirati protilomni ventil na cisterni. Če deblokiranje ne uspe, bodisi zaradi napake na ventilu, ali mehanizma deblokiranja (ročni poteg žice), bo celotna vsebina cisterne iztekla.

Vir 2, Tabela 3.5.1.1 navaja, da je povprečna odpoved ventila pri aktiviranju – ostaja v zagodenem položaju – $1,61 \times 10^{-3}$. Predpostavlja se, da je ta vrednost ustrezna tudi za obravnavani ventil na železniški cisterni.

2.2 Modificiran sistem (vgradnja fiksne roke za pretakanje)

Roka Odpoved fiksne roke za pretakanje med pretakanjem UNP.

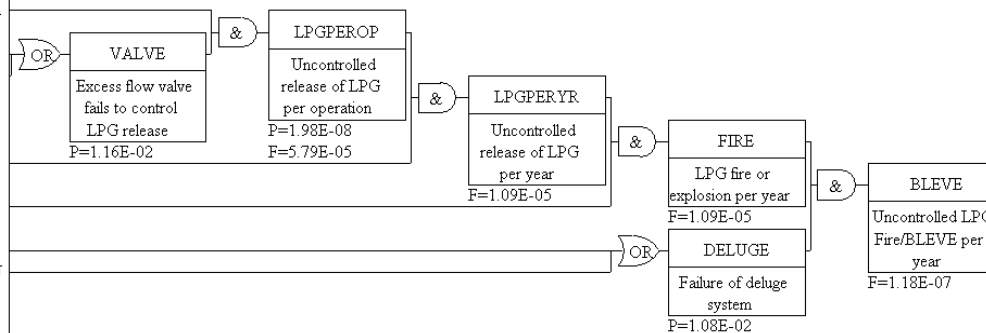
Fiksna roka za pretakanje bo nadomestila gibko cev. Izpusti bodo zaznani takoj, saj pretakanje vedno nadzirata dva operaterja. Predvideva se, da se bodo napake na opremi odkrile in odpravile pred začetkom naslednjega pretakanja.

Frekvenca odpovedi roke bo nižja kot je sedanja za gibko cev. Vir 1, Tabela 3.2.5 navaja nižjo vrednost za odpoved cevi $9,9 \times 10^{-9}$ na uro ali $8,67 \times 10^{-5}$ odpovedi na leto (ob 8.760 urah letno). Cisterna vsebuje največ 90 m^3 UNP. Ob že navedeni hitrosti praznjenja $30 \text{ m}^3/\text{h}$ in izpostavljenosti 3 ure ($3,42 \times 10^{-4}$ letno), so upoštevani podatki naslednji: $8,67 \times 10^{-5}$ odpovedi na leto in izpostavljenost $3,42 \times 10^{-4}$ letno.

3. VIRI

1. Guidelines for Process Equipment Reliability Data, Centre for Chemical Process Safety (CCPS) of the AIChE, 1989.
2. Lees, Frank, 1996. Loss Prevention in the Process Industries, 'Hazard Identification, Assessment and Control', Volume 2, 2nd Edition.

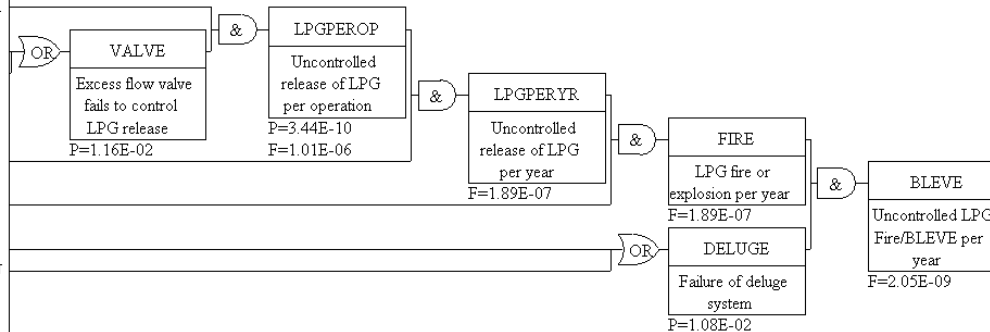
EVENT NAME	DATA REF	DESCRIPTION	FAILURE RATE	Trep/ Ttest	PROB	R/U
HOSEFAIL	CCPS	Failure of hose during unloading	4.99E-03	3.42E-04	1.71E-06	R
OPSFALL1 VLVFAIL	Estimate CCPS	Operator fails to activate excess flow valve Excess flow valve fails to shut when activated			1.00E-02 1.61E-03	- -
RAILCARS	Butan	Number of railcar unloading operations per year	5.50E+02			-
IGNITION	Estimate	Ignition Source			1.00E+00	-
OPSFALL2 H2O-FAIL	Estimate CCPS	Operator fails to activate deluge system Deluge systems fails to operate when activated	8.46E-02	1.92E-02	1.00E-02 8.12E-04	- U



Logan Fault and Event Tree Analysis Version 5.30
 Date (dd-mm-yy) :01-11-01 Time: 11.37.45
 Fault Tree File :S:\Projects\360006-01\23 Health & Safety\016 Risk Assessment\Fault Trees\LPG Release 1
 Cutset Order :6
 Proof Tests :Simultaneous

Slika 1: Drevo napak/odpovedi za nekontroliran požar/ BLEVE za sistem pretakanja z gibko cevjo. Enota za frekvence je leto.¹

EVENT NAME	DATA REF	DESCRIPTION	FAILURE RATE	Trep/ Ttest	PROB	R/U
HOSEFAIL	CCPS	Failure of unloading arm during unloading	8.67E-05	3.42E-04	2.97E-08	R
OPSFAIL1 VLVFAIL	Estimate CCPS	Operator fails to activate excess flow valve Excess flow valve fails to shut when activated			1.00E-02 1.61E-03	- -
RAILCARS	Butan	Number of railcar unloading operations per year	5.50E+02			-
IGNITION	Estimate	Ignition Source			1.00E+00	-
OPSFAIL2 H2O-FAIL	Estimate CCPS	Operator fails to activate deluge system Deluge systems fails to operate when activated	8.46E-02	1.92E-02	1.00E-02 8.12E-04	- U



Logan Fault and Event Tree Analysis Version 5.30
 Date (dd-mm-yy) :01-11-01 Time: 11.37.54
 Fault Tree File :S:\Projects\360006-01\23 Health & Safety\016 Risk Assessment\Fault Trees\LPG Release 2
 Cutset Order :6
 Proof Tests :Simultaneous

Slika 2: Drevo napak/odpovedi za nekontroliran požar/ BLEVE za sistem pretakanja s fiksno pretakalno roko. Enota za frekvence je leto.¹



Phare

Projekt: Pripravljenost na nesreče z nevarnimi snovmi v Sloveniji

Pod-izvajalec:

Project Management Group

Pogodba št.: SL-0081.0011.01

Projekt št.: PM.00.11.01/HZ

**Naloga 2 b) – Butan Plin -
Praznjenje železniške cisterne,
študija HAZOP**

(360006-23-RP-107)

27. november 2002

Regional Environment Accession Project

Nethconsult - BKH Consulting Engineers

Podizvajalci: • AEA Technology • URS/Dames & Moore • EPCE • Project Management Group • REC Hungary • Institut Jozef Stefan

Office Bratislava:
REGUS Centre – Námestie 1. Mája 11, 811 06, Bratislava, Slovak Republic
Telephone: + 421 7 59 39 61 34 Telefax: + 421 7 59 39 63 16
E-mail: reap@regus.sk

Office Delft:
P.O.Box 5094, 2600 GB Delft, The Netherlands
Telephone: + 31 15 26 25 299 Telefax + 31 15 26 19 326
E-mail: sbu@bkh.nl

Povzetek projekta

Naslov projekta	Pripravljenost na nesreče z nevarnimi snovmi v Sloveniji
Številka pogodbe	SL-0081.0011.01
Uporabnik	Ministrstvo za obrambo RS Ministrstvo za okolje, prostor in energijo RS
Naročnik	Generalni direktorat evropske komisije za okolje, jedrsko varnost in civilno zaščito. Generalni direktorat evropske komisije za širitev
Cilj projekta	Pomoč pri uvedbi direktive Seveso II v Sloveniji
Rezultati projekta	<ol style="list-style-type: none">1. Smernice in metode za ugotavljanje nevarnosti za večje nesreče in ocenjevanje tveganj2. Smernice za izdelavo načrtov zaščite in reševanja3. Vzorčna študija za izbrano slovensko organizacijo in službo za zaščito, reševanje in civilno zaščito na občinski ravni4. Delavnica o pripravi načrtov zaščite in reševanja v organizaciji in zunaj organizacije
Glavne dejavnosti	<ol style="list-style-type: none">1. Priporočiti metode za določanje nevarnosti v organizacijah, ki jih zajema SEVESO II direktiva2. Izdelati smernice za pripravo načrtov zaščite in reševanja3. Ugotoviti primerno organizacijo za pripravo vzorčne študije4. Za izbrano organizacijo izdelati oceno tveganja in načrt zaščite in reševanja ob večjih nesrečah5. Izvesti delavnico na temo izdelave načrtov zaščite in reševanja
Pričetek projekta	16.2.2001
Zaključek projekta	7.1.2002, oddaja potrjenega zaključnega poročila

VSEBINA

0.	PREGLEDNICA KRAJŠAV	4
1.	POVZETEK	5
2.	UVOD	6
3.	PODROBNOSTI HAZOP ŠTUDIJE	7
	3.1 Oblika HAZOP študije	7
	3.2 HAZOP sklopi in pregledane procesne sheme	7
	3.3 HAZOP vodilne besede	8
	3.4 HAZOP delavnica	9
	3.5 HAZOP ekipa	9
4.	REZULTATI HAZOP ŠTUDIJE	10

0. PREGLEDNICA KRAJŠAV

HAZOP – Hazard and Operability Study; Študija delovanja sistema in virov nevarnosti.

1. POVZETEK

Organizacija Butan Plin d.d. je bilo izbrano za sodelovanje v projektu Planning for Emergencies Involving Dangerous Substances for Slovenia (Pripravljenost na nesreče z nevarnimi snovmi v Sloveniji). Organizacija je zaradi velikih količin lahko vnetljivih snovi na lokaciji (UNP, utekočinjeni naftni plin), v smislu direktive Seveso II razvrščena v tako imenovano "zgornjo" skupino.

Na lokaciji podjetja smo opravili študijo delovanja sistema in virov nevarnosti (HAZOP). V tem poročilu so predstavljeni rezultati študije HAZOP.

V okviru projekta in pri izdelavi poročil so sodelovali:

Vodja projekta:

Eileen Lee,
Project Management Ltd

Ocenjevanje tveganj/načrtovanje ukrepov ob nesreči:

Pat Swords,
Project Management Ltd
Karen Harrington,
Project Management Ltd
Doc.dr.Branko Kontić,
Institut Jožef Stefan
Dr.Marko Gerbec,
Institut Jožef Stefan

Predstavnici uporabnikov:

Jasmina Karba,
Ministrstvo za okolje in prostor
Andreja Ferlin-Lubi,
Ministrstvo za obrambo

Predstavniki MOL:

Julij Jeraj,
Oddelek za zaščito, reševanje in
civilno obrambo

Predstavniki Butan Plina, d.d.:

Janez Oblak, Tehnični direktor
Norman Osrečki, varnostni inženir

2. UVOD

Dne 9. decembra 1996 je direktiva št. 96/82/EC o obvladovanju nevarnosti večjih nesreč z nevarnimi snovmi (imenovana tudi Direktiva Seveso II) nadomestila prejšnjo direktivo št. 82/501/EC. Direktiva Seveso II ima dva namena:

Preprečevanje večjih nesreč z nevarnimi snovmi.

Obvladovanje in zmanjševanje posledic večjih nesreč za ljudi in okolje.

To poročilo je bilo pripravljeno v okviru projekta pomoči EU Sloveniji pri uvajanju direktive Seveso II. Poročilo podaja smernice za ugotavljanje nevarnosti in oceno tveganja v smislu skladnosti z Direktivo Seveso II. To je eno od poročil, ki so bila pripravljena v okviru omenjenega projekta. Vsa poročila so navedena v tabeli 2-1:

Tabela 2-1: Seznam poročil

Poročilo št.	Naloga	Naslov poročila
Naloga 1 – Pripravljenost na zaščito in reševanje		
360006-23-RP-101	1 a)	Smernice za ugotavljanje nevarnosti in ocenjevanje tveganja
360006-23-RP-102	1 b)	Možne nesreče pri organizacijah, ki jih zajema direktiva SEVESO II
360006-23-RP-103	1 c)	Modeliranje scenarijev nesreč in njihovih posledic
360006-23-RP-104	1 d)	Smernice za izdelavo načrtov zaščite in reševanja v gospodarskih družbah, zavodih in drugih organizacijah
360006-23-RP-105	1 e)	Smernice za izdelavo načrtov zaščite in reševanja zunaj organizacije
Naloga 2 - Vzorčna študija za izbrano slovensko organizacijo in službo za zaščito, reševanje in civilno zaščito na občinski ravni		
360006-23-RP-106	2 a)	Butan Plin - Ugotavljanje nevarnosti in ocena tveganja
360006-23-RP-107	2 b)	Butan Plin - Praznjenje železniške cisterne, študija HAZOP
360006-23-RP-108	2 c)	Butan Plin - Načrt zaščite in reševanja
360006-23-RP-109	2 d)	Občinski načrt zaščite in reševanja ob nesreči v podjetju Butan Plin
Naloga 3 – Usposabljanje		
Materiali za delavnico	3 b)	Delavnica o pripravi načrtov zaščite in reševanja

3. PODROBNOSTI HAZOP ŠTUDIJE

To poročilo podaja rezultate študije delovanja sistema in virov nevarnosti (HAZOP) za tehnološko fazo praznjenja in polnjenja posod z UNP v organizaciji Butan Plin d.d., Ljubljana. Študijo HAZOP smo izvedli z namenom demonstrirati metodo osebju podjetja Butan Plin, kot del projekta Pripravljenost na nesreče z nevarnimi snovmi v Sloveniji, ki ga je podprla EU.

3.1 Oblika HAZOP študije

HAZOP študija je obsegla pregled sheme procesne merilno-regulacijske opreme na celotni lokaciji (P&ID). Študijo smo izvedli ob uporabi programske opreme PHA-Pro 3.

3.2 HAZOP sklopi in pregledane procesne sheme

Najprej smo pregledali shemo procesne merilno-regulacijske opreme na lokaciji, z namenom prepoznati posamezne sklope procesne opreme. Za posamezne sklope (posamezne linije ali tehnološke sisteme) smo nato izvedli študijo HAZOP z uporabo HAZOP vodilnih besed. Obravnavani tehnološki sklopi so podani v tabeli 3-1.

Tabela 3-1: Seznam obravnavanih tehnoloških sklopov obrata za pretovarjanje in polnjenje rezervoarjev z UNP.

Sistem	
Sklop št.	Opis
1.	Gibljiva povezava plinske faze z železniškim vagonom
2.	Transport tekoče faze iz železniškega vagona v horizontalni ali vertikalni rezervoar
3.	Horizontalni rezervoar in izstopni cevovod

3.3 HAZOP vodilne besede

V študiji HAZOP smo uporabili naslednje vodilne besede:

Vodilna beseda	Možna stanja
pretok	ni pretoka pretok v napačni smeri prevelik pretok prenizek pretok
tlak	prevelik tlak prenizek tlak/vakuum
temperatura	previsoka temperatura prenizka temperatura
viskoznost	previsoka viskoznost prenizka viskoznost
nivo	visok nivo nizek nivo
pH	nad 7 pod 7
mešanje	izpad mešanja pospešeno mešanje
sestava	sprememba/kontaminacija mešanje/reakcija koncentracija vdor kisika
oprema	varnostni ventili blokade in alarmi merilno regulacijske opreme ventil v napačnem položaju redundantnost (pomnogoterjenost opreme) vzorčevanje korozija razlitje/izpust izpad podpornih sistemov (el. napajanje, para, voda) vzdrževanje/čiščenje statične razelektritve nadomestna oprema varnost šolanje/izobraževanje požar/eksplozija varovanje okolja

3.4 HAZOP delavnica

HAZOP delavnica je potekala v Butan Plinu, Ljubljana, dne 26.6.2001.

3.5 HAZOP ekipa

Seznam članov ekipe, ki je izvedla HAZOP študijo je podan v tabeli 3-2.

Tabela 3-2: Seznam članov ekipe, ki je izvedla HAZOP študijo.

Ime	Vloga
Janez Oblak	Tehnični direktor, Butan Plin
Norman Osrečki	Varnostni inženir, Butan Plin
Jasmina Karba	Ministrstvo za okolje in prostor, Republika Slovenija
Branko Kontić	Izvedenec, Institut "Jožef Stefan"
Marko Gerbec	Izvedenec, Institut "Jožef Stefan"
Pat Swords	Izvedenec, Project Management Group
Karen Harrington	Izvedenec, vodja HAZOP pregleda in zapisnikar, Project Management Group

4. REZULTATI HAZOP ŠTUDIJE

Med izvajanjem študije smo upoštevali vse navedene ključne besede, v poročilu pa smo zapisali le problematične ugotovitve, oziroma tiste, ki imajo lahko vsaj določene minimalne posledice. Ostale ključne besede smo v poročilu izpustili.

Podrobno HAZOP poročilo za tehnološko fazo praznjenja železniških vagonov, skladiščenja in prečrpavanja UNP podajamo v Prilogi 1. Poročilo vsebuje stolpec z imenom "Varnostni ukrepi", kjer predlagamo nove varnostne ukrepe glede ugotovljenih nevarnosti. Nekateri ukrepi že veljajo. Varnostni ukrepi, ki se še ne izvajajo, so prikazani kot "Ukrepi in priporočila".

Odgovornosti za izvajanje zapisanih ukrepov in priporočil so podane v stolpcu "Odgovornost". Povzetek ukrepov podajamo v Prilogi 2.

Odgovorni za izvajanje ukrepov in priporočil naj bi poskrbeli za njihovo realizacijo in nato poročali varnostnemu inženirju.

Shema procesne merilno regulacijske opreme (P&ID) na lokaciji, ki smo jo uporabljali med izvajanjem HAZOP študije, je podana v Prilogi 3. Na omenjenem načrtu smo poudarili obravnavane sklope in jih označili s številkami.

PRILOGA 1

PODROBNO HAZOP POROČILO ZA TEHNOLOŠKO FAZO RAZTOVARJANJA ŽELEZNIŠKIH VAGONOV IN POLNJENJA REZERVOARJEV V ORGANIZACIJI BUTAN PLIN D.D.

IZPIS IZ PROGRAMA PHA-PRO 3 (11 STRANI)

PRILOGA 2

UKREPI IN PRIPOROČILA ZA TEHNOLOŠKO FAZO RAZTOVARJANJA ŽELEZNIŠKIH VAGONOV IN POLNJENJA REZERVARJEV V ORGANIZACIJI BUTAN PLIN D.D.

IZPIS IZ PROGRAMA PHA-PRO 3 (1 STRAN)

Operacija	Odstopanje	Vzrok	Posledica	Sedanji varnostni ukrepi	Ukrepi	Odgovornost
1. Prečrpavanje plinske faze iz železniške cisterne po cevovodu za plin	1. Ni/prenizek pretok	1. Zaprt ventil za polnjenje	1. Ni pretoka v skladiščni rezervoar	1. Predpisan postopek za delo, ročno vodena operacija	1. Premisliti o namestitvi samozapornih priključkov v obratu	Butan
				2. Usposabljanje operaterjev	5. Premisliti o postopku aktiviranja protilomnega ventila na železniški cisterni pred prečrpavanjem v rezervoar	Butan
				3. Opazovalno okno na cevovodu za tekočo fazo		
				4. Dihalni aparat je na razpolago		
				5. Ventili za plinsko fazo so locirani blizu		
		2. Poškodovana gibljiva cev ali cevovod	1. Izpust vnetljive snovi na tla, možen vžig/eksplozija ali poškodba operaterja	1. Gibljive cevi pregledujejo vsakih 6 mesecev, ter redno zamenjujejo		
				2. Ventili so locirani blizu		
				3. Predpisan postopek dela, enako kot za vzrok 1		
		3. Odprt ventil na vzporedni cevi za polnjenje	1. Izpust vnetljive snovi na tla, možen vžig/eksplozija ali poškodba operaterja	1. Protilomni ventil pri vzporedni polnilni cevi		
				2. Ročna operacija, enako kot za vzrok 1		
		4. Odpoved kompresorja	1. Kot za vzrok 1	1. Vzdrževanje kompresorjev		
				2. Kot za vzrok 1		
		5. Železniška cisterna je prazna	1. Zelo malo verjetno			

Operacija	Odstopanje	Vzrok	Posledica	Sedanji varnostni ukrepi	Ukrepi	Odgovornost
		6. Zamašen cevovod	1. Kot za vzrok 1	1. V UNP ni trdnih snovi, zelo malo verjetno		
	2. Pretok v obratni smeri	1. Odprta vzporedna cev za polnjenje, enako kot za operacijo 1	1. Izpust vnetljive snovi na tla, možen vžig/eksplozija ali poškodba operaterja	1. Predpisan postopek za delo, ročno vodena operacija in usposabljanje operaterjev. Vedno priključena samo ena gibljiva cev		
				2. Ventili so blizu (medseboj), vizuelni in slišni nadzor		
		2. Povišan tlak v žel. cisterni	1. Sistem se lahko prazni skozi kompresor			
	3. Večji pretok	1. Istočasno delujeta dva kompresorja	1. Hitrejše praznenje vsebine žel. cisterne	1. Zaradi ustreznega načrtovanja opreme ni povečanega tlaka		
	4. Večji tlak	1. Med obratovanjem kompresor-ja/jev je zaprt ventil do žel. cisterne	1. Možen previsok tlak	1. Varnostni ventil pri kompresorju		
				2. Nazivni pritisk na varnostnem ventilu žel. cisterne je večji kot za varnostni ventil pri kompresorju		
				3. Ročna operacija, predpisan postopek dela		
		2. Povišana temperatura okolice	1. Cevovod je pod zemljo, pregrevanje ni verjetno	1. Operaterji preverjajo pritisk v posodah. V primeru da pritisk naraste nad 12 barov, se uporablja hlajenje z vodo		
			2. Kot za vzrok 1	2. Kot za vzrok 1		

Operacija	Odstopanje	Vzrok	Posledica	Sedanji varnostni ukrepi	Ukrepi	Odgovornost
		3. Zamašen cevovod, kot za operacijo 1, zelo malo verjetno				
	5. Nizek tlak	1. Podtlak (sesanje) se uporablja za končno praznjenje cisterne	1. Možen podtlak v cisterni	1. Kompresor lahko sesa največ do tlačne razlike 2 bara (plin), operater ga nadzira, tudi ob daljšem sesanju zaradi varne konstrukcije ne bo ustvaril vakuuma		
	6. Povišana temperatura	1. Visoka temperatura okolice ali požar	1. Možen previsok tlak	1. Varnostni izpust na žel. cisterni upošteva povišano temperaturo okolice in požar		
	7. Nizka temperatura	1. Nizka temperatura okolice	1. Obratovanje ni ogroženo, možno zmrzovanje v hladilnem sistemu z vodo. V primeru požara ni vode.	1. Protipožarni sistemi so v pripravljenosti, cevi so suhe (prazne)		
	16. Kontaminacija	1. Voda v plinu	1. Nizke temperature lahko povzročijo zmrzovanje v ventilih	1. Dodajajo lahko propilen glikol za preprečevanje zmrzovanja		
	19. Vdor kisika	1. Zrak v gibljivi cevi pred začetkom prečrpavanja	1. Vdor kisika, možen požar/eksplozija	1. Manjša količina zraka se razredči z večjo količino plina		
				2. Ni virov vžiga - na lokaciji je prepovedano kajenje; oprema je eksplozijsko varna (Ex)		
	25. Korozija	1. Kontaminacija plina (voda, kovinski prah in umazanija)	1. Korozija cevovodov	1. Periodično preverjanje debeline sten cevovodov		

Operacija	Odstopanje	Vzrok	Posledica	Sedanji varnostni ukrepi	Ukrepi	Odgovornost
				2. Preizkusi (na tlak in puščanje) podzemnih cevovodov vsakih 5 let		
	26. Izpust vsebine	1. Poškodovana gibljiva cev/cevovod ali pomotoma odprt ventil, enako kot da ni pretoka				
	27. Izpad podpornih sistemov	1. Izpad vodovoda	1. Izpad hladilne in gasilne vode	1. Lokacija je priključena na vodovod mesta, izpad ni verjeten		
		2. Izpad el. energije	1. Zaustavitev kompresorjev in pretakanja	1. Razmisliti o rezervnem dizelskem napajanju za potrebe hlajenja z vodo	4. Razmisliti o rezervnem dizelskem napajanju za potrebe hlajenja z vodo	Butan
			2. Izpad črpalk za vodno hlajenje vertikalnih rezervoarjev			
	29. Statične razelektritve	1. Praznenje električnih nabojev	1. Možen požar/eksplozija	1. Cevovod je ozemljen in ozemljitev preverjena vsako leto		
	31. Varnost pri delu	1. Delo s plinom je potencialno nevarno	1. Možna nesreča, če zaposleni niso usposobljeni za svoje delo	1. Vsako leto se izvajajo medicinski pregledi delavcev ki delajo pri pretovarjanju plina, z namenom preverjanja zmožnosti/primernosti za delo		
				2. Usposabljanje in delovni postopki		
	32. Usposabljanje	1. Tvegana dejavnost, operaterji morajo biti usposobljeni	1. Možna nesreča/poškodba, če zaposleni niso ustrezno usposobljeni	1. Operaterji imajo zunanja ponovitevna usposabljanja in preverjanja o raztovarjanju tlačnih posod vsakih 5 let		

Operacija	Odstopanje	Vzrok	Posledica	Sedanji varnostni ukrepi	Ukrepi	Odgovornost
				2. Interna usposabljanja operaterjev se izvajajo vsaki 2 leti, kar vsebuje splošne varnostne ukrepe, delo z nevarnimi snovmi in gašenje požarov		
				3. Novo zaposleni morajo praviti usposabljanje pred začetkom dela s plinom		
	33. Požar/ eksplozija	1. Obdelano v študiji o tveganjih za večje nesreče na lokaciji				
	34. Vplivi na okolje	1. Izpusti butana med natovarjanjem/ raztovarjanjem plina	1. Izpusti plina v atmosfero nimajo večjih vplivov na okolje			
		2. Delo na lokaciji povzroča hrup	1. Možne motnje na okolico zaradi hrupa	1. Industrijska cona, v bližini ni stanovanjskih objektov. Bližnji industrijski objekti povzročajo hrup.		
		3. Poškodovane jeklenke za UNP, ki niso več uporabne	1. Nastajanje odpadkov	1. Izvršene jeklenke odvažajo trgovcem s starim železom za recikliranje		
2. Prečrpavanje tekoče faze iz železniške cisterne v skladiščni rezervoar (vertikalni ali horizontalni)	1. Ni/prenizek pretok	1. Zaprt ventil za polnjenje	1. Ni pretoka v skladiščni rezervoar	1. Predpisan postopek za delo, ročno vodena operacija		

Operacija	Odstopanje	Vzrok	Posledica	Sedanji varnostni ukrepi	Ukrepi	Odgovornost
			2. Povišan tlak v žel. cisterni, kot za operacijo 1	2. Usposabljanje operaterjev		
				3. Opazovalno okno na cevovodu za tekočo fazo		
		2. Izpad črpalke	1. Ni pretoka v skladiščni rezervoar, kot za operacijo 1	1. Opazovalno okno, osebni nadzor, predpisan postopek za delo		
		3. Zaprt ventil na črpalki	1. Kot za vzrok 1	1. Kot za vzrok 1		
		4. Poškodba cevovoda/gibljljive cevi	1. Izpust vnetljive snovi na tla ali v atmosfero	1. Pregledi cevi vsakih 6 mesecev		
		5. Odpoved kompresorja	1. Enako kot za "ni pretoka" za operacijo 1			
		6. Delno odprt ventil za plinsko fazo	1. Nizek pretok v rezervoar, daljši čas polnjenja. Ni težav.			
		7. Zamašen filter/cedilo	1. Kot za vzrok 1	1. Filter se redno čisti in preverja		
		8. Zamašitev cevovoda ni verjetna				
	2. Pretok v obratni smeri	1. Odprta vzporedna cev za polnjenje	1. Izpust vnetljive snovi, možen vžig/eksplozija	1. Ročno nadzorovan postopek, kot za operacijo 1	2. Razmisliti o namestitvi protipovratnih ventilov v prečrpovalni postaji poleg protilomnih ventilov na žel. cisterni	Butan
				2. Vgrajen protilomni ventil		
				3. Vse linije so blokirane/izolirane za vzdrževanje		

Operacija	Odstopanje	Vzrok	Posledica	Sedanji varnostni ukrepi	Ukrepi	Odgovornost
		2. Žel. cisterna je prazna	1. Plinska faza v cevovodu za tekočo fazo, možna kavitacija črpalke in poškodbe	1. Ročno nadzorovan postopek, operaterji opazujejo okenca glede prisotnosti plinskih mehurjev		
		3. Odprt ventil do napačne posode-rezervoarja	1. Polnjenje napačne posode	1. Ročno voden postopek. Operater odpre ventil pred ustrezno posodo. Usposabljanje operaterjev.		
				2. Vse linije so blokirane/izolirane za vzdrževanje		
	3. Prevelik pretok	1. Istočasno vklopljena oba kompresorja, kot za operacijo 1				
		2. Istočasno vklopljeni obe črpalke	1. Črpalke so ustrezno zalite na sesalni strani			
	4. Prevelik tlak	1. Zaporedno vklopljeni obe črpalke	1. Povišan tlak v sistemu	1. Črpalke se ne da vezati zaporedno, le vzporedno		
		2. Povišana temperatura okolice	1. Povišan tlak v cevovodu	1. Cevovod ima varnostne ventile med vstopno/izstopnimi ventili		
		3. Črpalka deluje ob popolnoma zaprtem izstopnem ventilu	1. Povišan tlak v črpalci	1. Poskrbljeno za ustrezno varovanje (najvišji tlak črpalke je 16 barov)		
	5. Nizek tlak	1. Okvara črpalke, kot za "ni pretoka"	1. Daljši čas prečrpavanja, ni drugih posledic			

Operacija	Odstopanje	Vzrok	Posledica	Sedanja varnostni ukrepi	Ukrepi	Odgovornost
	6. Višja temperatura	1. Tekoča faza ujeta v črpalki	1. Pregrevanje črpalke lahko povzroči pregrevanje tekočine, poškodbe črpalke in izpust medija skozi varnostni ventil	1. Ročno nadzorovana operacija, navodila za delo, usposabljanje operaterjev		
				2. Opazovalno okno		
	7. Nizka temperatura	1. Nizka temperatura okolice, kot za operacijo 1				
	20. Varnostni ventili ne delajo	1. Vzdrževanje varnostnih ventilov	1. Možen previsok tlak, če odpovejo varnostni ventili	1. Varnostni ventili se pregledujejo vsako leto na posodah, na cevovodih pa vsakih 5 let. Varnostni ventili so poceni in se redno zamenjujejo		
	21. Instrumentacija	1. Črpalke so opremljene z manometri				
	23. Redundantnost	1. Odpoved črpalke	1. Odpoved večkratne opreme	1. Za prečrpavanje so na razpolago tri črpalke		
	25. Korozija	1. Korozija, kot za operacijo 1				
	28. Vzdrževanje /čiščenje	1. Osamitev (blokada) cevovodov pred vzdževanjem /čiščenjem	1. Možen izpust vnetljive snovi, poškodba operaterja, požar v primeru vžiga	1. Prepihanje linije z dušikom po osamitvi za vzdrževanje, prav tako pred ponovnim polnjenjem linije z UNP		
	29. Statične razelektritve	1. Iskrenje	1. Možen požar/eksplozija	1. Oprema in cevovodi so ozemljeni		
	31. Varnost pri delu	1. Vzdrževanje črpalke v jami na terenu	1. Nabiranje plina v jami, možne poškodbe operaterjev, vnetljiv in zadušljiv plin	1. Koncentracijo plina preverjajo z ročnimi detektorji		

Operacija	Odstopanje	Vzrok	Posledica	Sednji varnostni ukrepi	Ukrepi	Odgovornost
3. Horizontalni skladišni rezervoar in cevovod do njega	1. Ni/prenizek pretok	1. Rezervoar-posoda je prazna	1. Ni pretoka do črpalke, polnitev jeklenk ni možna	1. Postopek polnjenja je ročen in predpisan. Operaterji lahko ročno ustavijo postopek v obratu za polnjenje.		
			2. Vdor plina v črpalke za tekočo fazo, možne poškodbe črpalke. V preteklosti ni bilo težav s kavitacijo črpalke zaradi praznega cevovoda.			
		2. Zaprt izstopni ventil	1. Izstopni ventil na tlačni strani črpalke popolnoma zaprt, možno pregrevanje črpalke	1. Cevovod mimo črpalke		
		3. Odpoved črpalke	1. Ni pretoka iz črpalke, polnjenje jeklenk ni možno			
		4. Poškodba cevovoda	1. Kot pri operaciji 1	1. Cevovod je speljan pod zemljo, poškodbe niso verjetne		
			2. Izpust vnetljive snovi na tla, možen požar/eksplozija v primeru vžiga			
		5. Zamašitev v cevovodu, zelo malo verjetno				
	6. Ventil ni popolnoma odprt	1. Počasnejše polnjenje, ni problema				

Operacija	Odstopanje	Vzrok	Posledica	Sedanji varnostni ukrepi	Ukrepi	Odgovornost
	2. Pretok v obratni smeri	1. Prenapolnjen rezervoar/posoda	1. Možen vdor tekoče faze v cevovod za plinsko fazo vezan na kompresorje	1. Kompresorji imajo lovilce tekoče faze. Kompresorji bi se v primeru vdora tekoče faze izklopili		
	3. Prevelik pretok	1. Polnilni vrtiljak za jeklenke je odprt, vstop v posodo zaprt med polnjenjem posode	1. Prečrpavanje tekoče faze direktno v stroj za polnjenje jeklenk, mimo vmesnega rezervoarja	1. Ventili na polnilni liniji so zaprti, razen med delovanjem		
				2. Ročno vodena operacija, operaterji bi hitro opazili napako		
	4. Povišan tlak	1. Povišana temperatura okolice ali požar	1. Možen previsok tlak v posodi	1. Varnostni ventil na posodi		
				2. Posoda ima manometer		
	6. Povišana temperatura	1. Visoka temperatura okolice ali požar, kot za povišan tlak	1. Možen previsok tlak v posodi	1. Posoda ima varnostni ventil		
				2. Posode imajo manometer		
				3. Posode lahko hladimo s hladilno ali požarno vodo. Hladilni sistem vklopijo ročno, ko osebje opazi previsok tlak		
	11. Visok nivo	1. Zaprt ventil na steklenem nivokazu, napačno odčitano nivo	1. Možna prenapolnitev posode	1. Ventili na steklenih nivokazih so vedno odprti		
				2. Ročno voden postopek, predpisan postopek preverjanja		

Operacija	Odstopanje	Vzrok	Posledica	Sedanji varnostni ukrepi	Ukrepi	Odgovornost
	20. Varnostni ventili	1. Prevelik tlak v posodi	1. Potrebna razbremenitev	1. Posode imajo tri varnostne ventile, kar omogoča vzdrževanje, ipd.		
	26. Izpust vsebine	1. Katastrofalni izpust celotne vsebine posode	1. Izpust vnetljive/eksplozivne snovi	1. Preverjanje stanja tlačnih posod (rezervoarjev) glede korozije in korozijske zaščite vsakih 5 let, kar izvaja inšpekcija v okviru Ministrstva za gospodarske dejavnosti		
				2. Med pregledi stanja posod preverjajo tudi debelino sten		
				3. Vsakih 6 mesecev se pregleduje izgled zunanjih površin		
	28. Vzdrževanje /čiščenje	1. Nabiranje umazanije na steklinih nivokazih	1. Možno napačno odčitavanje nivoja tekoče faze v posodi in njena prenapolnitev	1. Ventili na steklenih nivokazih omogočajo čiščenje in vzdrževanje	3. Dodati med predpisane postopke vzdrževanja tudi čiščenje nivokazov	Butan
	31. Varnost	1. Vstop osebja v posode med pregledovanjem	1. Možna izpostavljenost osebja z zadušljivim plinom ali možen požar/eksplozija	1. Predpisan je postopek za pričetek in zaključek dela pri začasnih zaustavitvah in vstopanju v posode, ipd.		