

Predstavitev tveganja

Slika4: Tabela predstavitev mer tveganja:

Mera tveganja	Oblika zapisa Indeksi
Ekvivalentna socialne indeks stroškov	Številčni indeks
Stopnja smrtnosti FAR	Število smrtnih žrtev na milijon delovnih ur
Individualni indeks nevarnosti	Ocena maksimalnega individualnega tveganja za FAR
Povprečna stopnja smrtnosti	Povprečno število smrtnih žrtev na enoto časa
Indeks smrtnosti	Vrednost, ki meri posledice nezgod
	Individualno tveganje
Kontura individualnega tveganja	Krivulja, ki povezuje točke z enakim tveganjem na lokalnem zemljevidu
Profil individualnega tveganja	Graf individualnega tveganja kot funkcije razdalje od vira v določeni smeri
Maksimalno individualnega tveganja	Številka vrednost, ki se nanaša na osebo z največjim individualnim tveganjem
Povprečno individualnega tveganja	Povprečje individualnih tveganj na osebo pri celotni izpostavljeni populaciji
Povprečno individualnega tveganja celotne populacije	Povprečje individualnih tveganj na osebo pri celotni populaciji ne glede na to ali je izpostavljena tveganju.
	Družbeno tveganje
Krivulja družbenega tveganja (F-N krivulja)	Graf kumulativne verjetnosti ali pogostnosti dogodkov, ki povzročajo N ali več smrtnih žrtev, poškodb ali izpostavljenosti v primerjavi z N, število smrtnih žrtev, poškodb, ali izpostavljenosti.
Povprečje družbenega tveganja	Drugo ime za povprečna stopnja smrtnosti
Agregatno tveganje	Termin za družbeno tveganje za osebe v stavbah oziroma objektih ki jih določa API 750 *

*Določilo American Petroleum Institut

Indeksi tveganja

- Indeks tveganja je posamezna vrednost ali tabela števil
- Indeks je v odvisni povezavi (korelaciji) z velikostjo tveganja
- Indekse z merskimi enotami – fizikalne količine
- Indekse brez enot – razmerje med različnimi tveganji

Slabosti indeksov:

1. ni absolutnega kriterija za sprejemanje ali zavračanje tveganja
2. indeksom manjka sklepanje in ne povezujejo istih informacij tako kot individualne ali družbene mere tveganja.

Delež smrtnih nezgod:

- Tveganje za zaposlene merimo z **deležem smrtnih nezgod** (Fatal Accident Rate) – **FAR**.
- To je število smrtnih nezgod na 100 milijonov delovnih ur (kar približno pomeni 1000 delovnih dob).

Primer (Velika Britanija)

- za zaposlene v kemijski industriji je indeks FAR = 4
- Ostale nezgode 20 delavcev
- Bolezni 370 delavcev
- Posledice kajenja 40 delavcev
- običajno delovno tveganja (padci, zdrsi, itd) FAR = 2
- tveganje zaradi kemičnih vplivov (ogelj, izpust strupov ali razlitje korozivnih snovi) FAR = 2
- Pet tipičnih kemijskih nevarnosti FAR = 0.4 za vsako.

Primerjava FAR in stopnje nevarnosti

- FAR = 0.4
- Vsak nezgodni dogodek → smrtna žrtev 0.4 s.ž. v 108 del.urah = 1 s.ž. v 2.5×10^8 delovnih urah
Izmensko delo: 30 000 let = 3×10^{-5} nezgodnih dogodkov na leto.
Delo v eni izmeni: 120 000 let = 8×10^{-6} nezgodnih dogodkov na leto.
- 10 nezgodnih dogodkov → 1 smrtna žrtev. Verjetnost nezgode v enem letu je: 3×10^{-4}

Slika 2: Delež smrtnih nezgod v Veliki Britaniji

Dejavnost	Smrtnih poškodb / 100 milijonov ur dela
Tekstilna in obutvena ind.	0,15
Proizvodnja vozil	1,3
Kemična industrija	3,5
Povprečje industrije v Vel. Brit	4
Jeklarstvo	8
Poljedelstvo	10
Ribištvo	35
Premogovništvo	40
Kretničarji v žel. prom.	45
Gradbeništvo	67
Posadke letal	250
Poklicni boks	7000
Jockey-i	50000
Domača dela in gospodinjstvo	3
Vožnja z avtobusom	3
Vožnja z vlakom	5
Vožnja z osebnim avtom	57
Vožnja s kolesom	96
Vožnja z letalom	240
Vožnja z mopedom	260
Vožnja s scooterjem	310
Vožnja z motornim kolesom	660
Vožnja s kanujem	1000
Gorsko plezanje	4000

Slika 3: Delež smrtnih nezgod v različnih poklicih v Veliki Britaniji

- Kaj je nevarnejše, vožnja z avtomobilom ali letalom?
- Če gledamo čas ko smo na vožnji v letalu ali v avtomobilu, bi bila vožnja z letalom nevarnejša.
- Če gledamo po prevoženem kilometru, letalo napravi približno 10-krat več km v eni uri.
- Pri uporabi podatkov je potrebna previdnost in smiselne primerjave.
- Primerjali smo pogostnost dogodkov, ker je bila posledica povsod enaka.
- Ne moremo primerjati pogostnosti dogodkov z različnimi posledicami!

Individualni indeks nevarnosti

- Individualni indeks nevarnosti - IHI (Individual Hazard Index) je FAR za posamezno nevarnost pomnožen s časom izpostavljenosti, ki je definirana kot dejanski čas izpostavljenosti tej nevarnosti.
- $IHI = FAR \times \text{čas izpostavljenosti}$
- IHI ocenjuje maksimalno tveganje.
- To pomeni da je to maksimalna vrednost indeksa FAR za osebo, ki je izpostavljena škodljivim učinkom v območju delovanja teh snovi ko se giblje v tem območju (npr. na zaščiteni poti ali zunaj stanovanjskega območja).

Povprečna mera smrtnosti

- Povprečna mera smrtnosti ROD - (Average Rate of Death) je definirani kot srednja vrednost (povprečna vrednost) števila smrtnih nezgod, ki jih lahko pričakujemo na enoto časa ob vseh mogočih nezgodnih dogodkih (incidentih).
- Število je znano tudi kot število smrtnih nezgod.
- Povprečna mera smrtnosti je posamezno število, ki je srednja vrednost mere družbenega tveganja. ROD meri družbeno tveganje in ni ustrezna za mero posameznika na posameznem delu.

$$ROD = \sum_{i=1}^n f_i N_i$$

f_i – frekvenca dogodka z izidom i-te vrste,
 N_i – število smrtnih žrtev pri izidu i-te vrste in
 n – število izidov.

Ekvivalent indeks družbenega stroška - ESC (Equivalent Social Cost Indeks)

- Modifikacija povprečne mere smrtnosti, ki upošteva družbeno nenaklonjenost dogodkom z dolgotrajnimi posledicami.
- Število smrtnih žrtev je potencirano s potenco p , ki pomeni faktor nenaklonjenosti tveganju

$$ESC = \sum_{i=1}^n f_i (N_i)^p$$

- Ekvivalent indeks družbenega stroška - ESC (Equivalent Social Cost Indeks) je modifikacija povprečne mere smrtnosti, ki upošteva družbeno nenaklonjenost dogodkom z dolgotrajnimi posledicami.
- To pomeni, da je obtežen ali ponderirana ROD.
- Število smrtnih žrtev je potencirano s potenco p , ki pomeni faktor nenaklonjenosti tveganju in je z nekim predpisom države določen.
- (primer: jedrske elektrarne imajo $p = 1.2$, Nizozemska vlada je za kemično industrijo prepisala $p = 2$)

Primer računanja

Ugotovljena je ena smrtna žrtev na 10 let.

$ROD = 0.1$ smrti/leto

Če je to kemijska industrija, je $p=2$

$ESC = 0.1$

V primeru, ko gre samo za eno smrtno žrtev na neko obdobje, se indeksa ne razlikujeta.

Ugotovljeno je 100 smrtnih žrtev enkrat v 1000 letih

$ROD = 0.1$ smrti/leto

Če je to kemijska industrija, je $p=2$

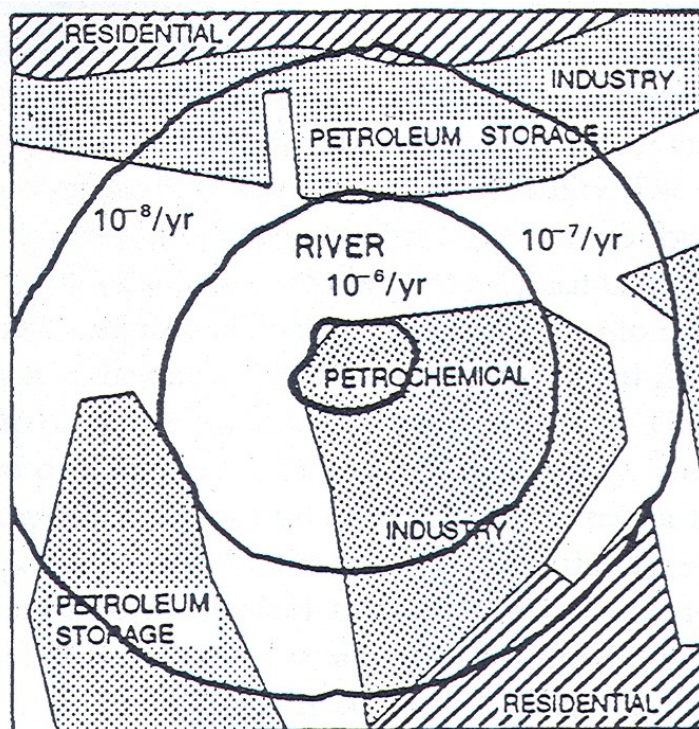
$ESC = 10$

V primeru, ko gre samo za več smrtnih žrtev na neko obdobje, se indeksa razlikujeta. Indeks ESC raste hitreje kot indeks ROD

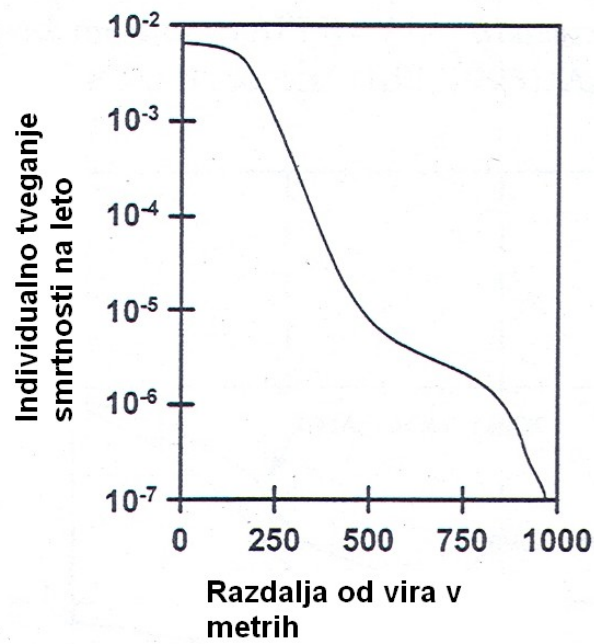
Indeks ekonomskih izgub

- Indeks ekonomskih izgub je mera za ekonomske izgube ob smrtnih žrtvah.
- Ocena ekonomske izgube pomnožena z deležem smrtnih nezgod.

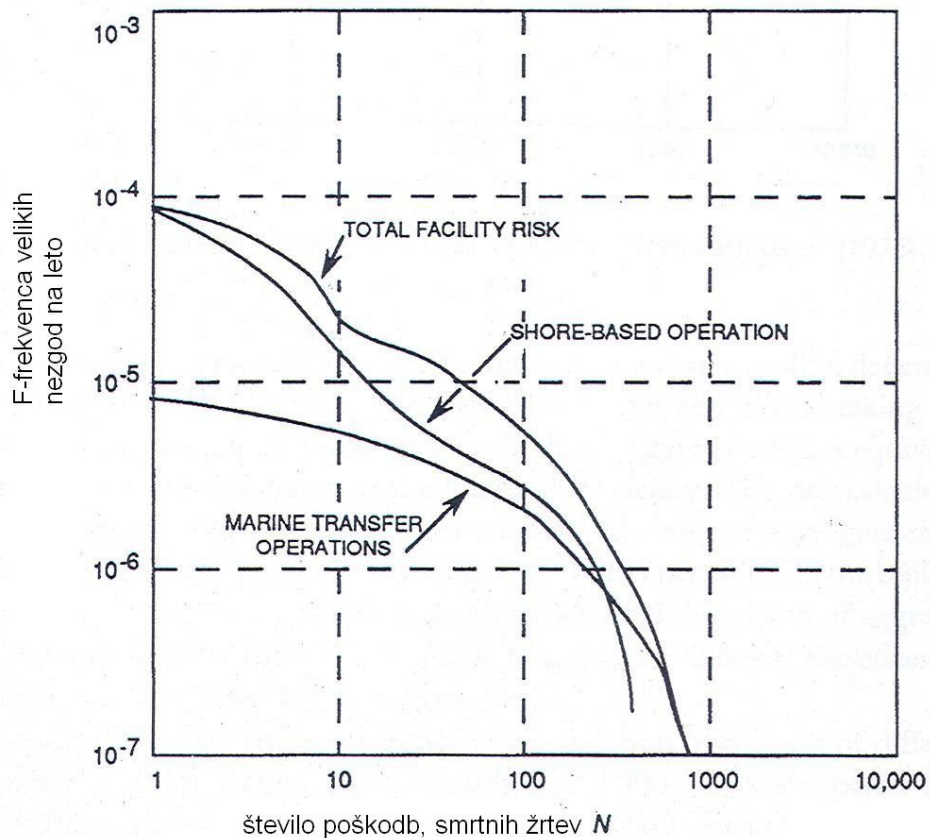
Individualno tveganje



Primer risanja kontur individualnega tveganja



Example profile of individual risk



Example curve of social risk for operations on land, maritime transport, and total risk

Postopek izračuna individualnega tveganja

Shema za izračun individualnega tveganja

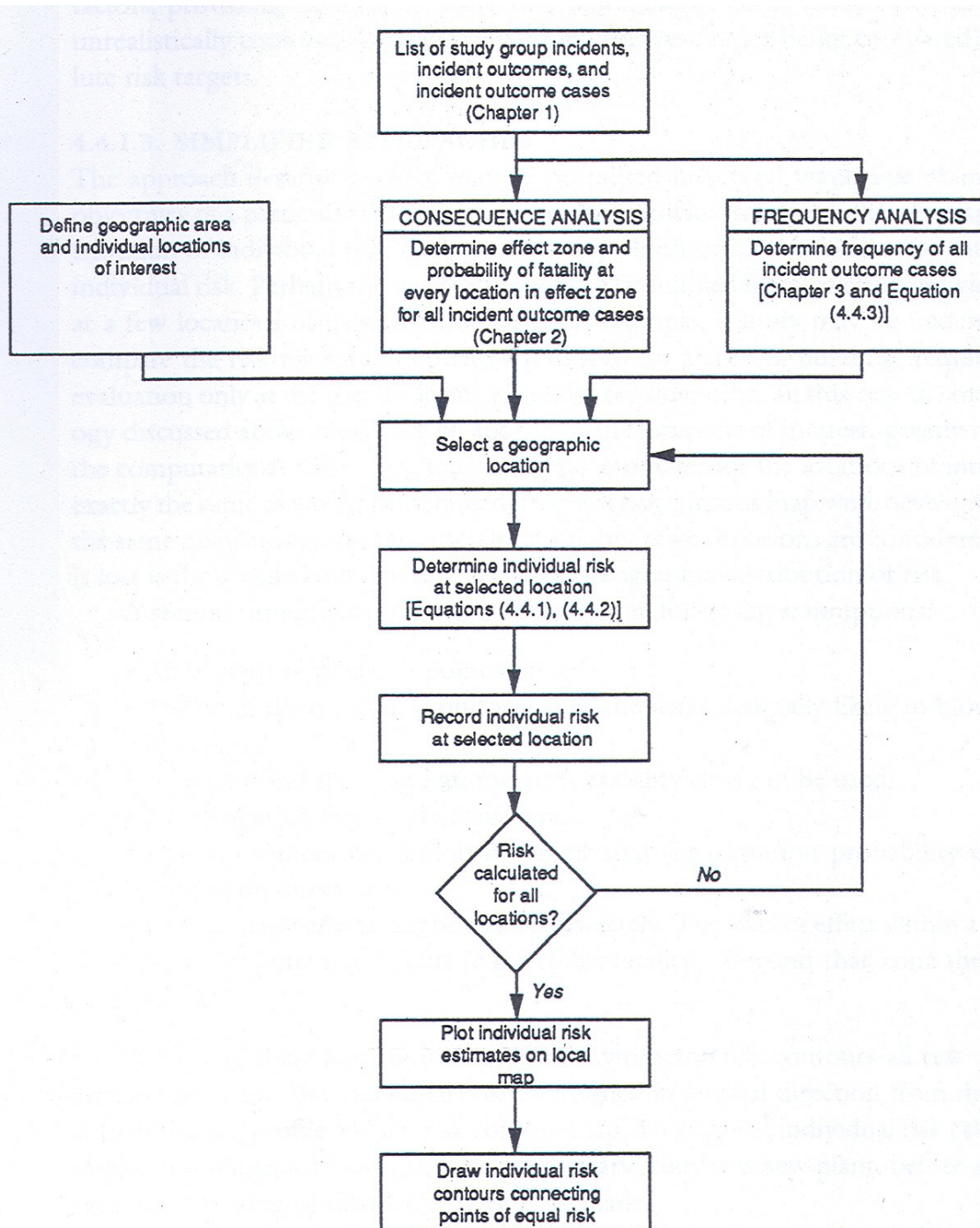


FIGURE 4.7. General procedure for calculation of individual risk contours.

Poenostavljanje:

- Vir vseh nevarnosti je v eni točki.
- Veter piha z enakomerno hitrostjo samo v eni smeri.
- Uporabljamo eno samo hitrost vetra
- Nobeni blažilnih faktorjev ne uporabljamo.
- Viri vžigov so enakomerno porazdeljeni (verjetnost vžiga je enaka v vse smeri)
- Posledice učinkov so obravnavane diskretno (ne zvezno). Zunaj cone delovanja ni nobenih učinkov

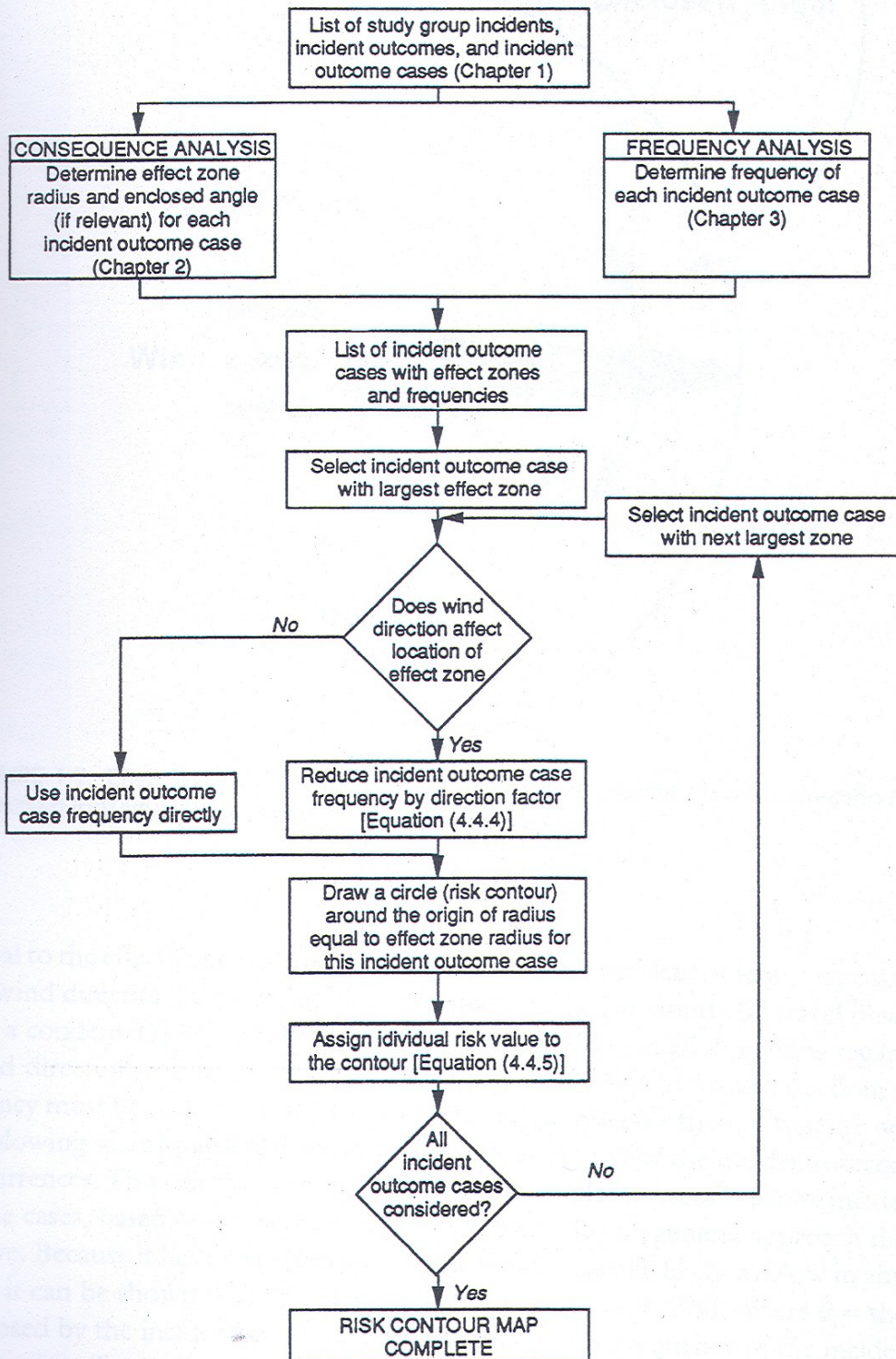


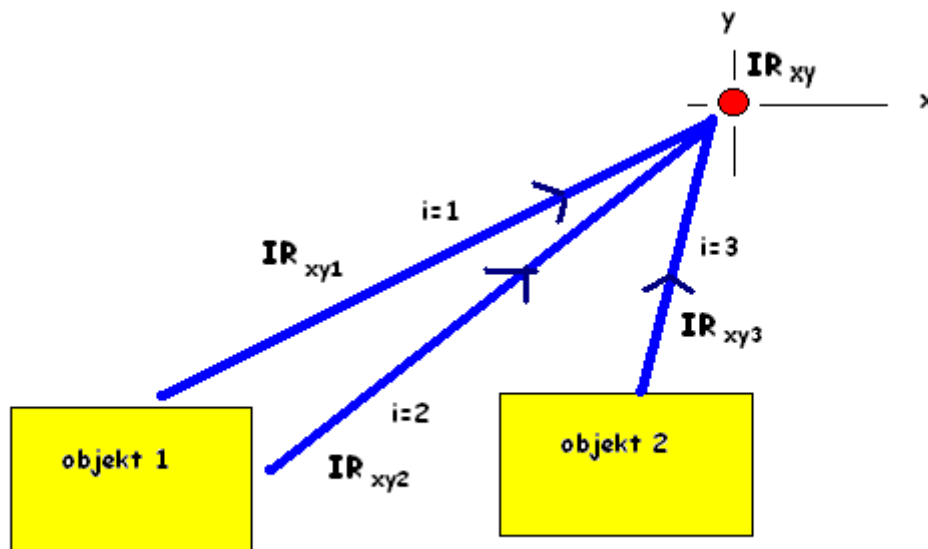
FIGURE 4.8. A simplified procedure for individual risk contours.

Računanje individualnega tveganja

Izračun individualnega tveganja na neki geografski lokaciji blizu objekta, ki je vir tveganja je vsota vseh nevarnosti, ki jih povzroča dejavnost v objektu.

Totalno individualno tveganje v vsaki točki je enako vsoti vseh individualnih tveganj v tej točki.

V objektu 1 se lahko zgodita dogodka 1 in 2 in v objektu 2 dogodek 3, ki povzročijo poškodbo v točki (x,y). Zanima nas individualno tveganje v točki (x,y).



$$IR_{x,y} = \sum_{i=1}^n IR_{x,y,i}$$

Pri tem velja:

$IR_{x,y}$ = totalno individualno tveganje zaradi vseh nevarnosti na lokaciji (x,y)
(verjetnost nezgode na leto)

$IR_{x,y,i}$ = individualno tveganje zaradi i-te nevarnosti na lokaciji (x,y)
(verjetnost nezgode na leto)

n = celotno število mogočih nezgod na lokaciji (x,y).

Vrednosti posameznih individualnih tveganj izračunamo s formulo:

$$IR_{x,y,i} = f_i p_{f,i}$$

kjer velja:

f_i = frekvenca (pogostost) incidentov, ki povzročijo i-to nezgodo;

$p_{f,i}$ = verjetnost, da bo incident vplival na lokacijo (x,y)

Primer:



V enačbi

$$IR_{x,y,i} = f_i p_{f,i}$$

Bomo izračunali frekvenco. Verjetnost, da odpoved I povzroči nezgodni dogodek i (padec bremena)

Verjetnost, da je poškodba delavca kot rezultat incidentnega dogodka i, povzročenega z odpovedjo I.

Računanje količine izpusta pri pretakanju klora

Dogodek 1.

Manjši izpust tekočine (izpust skozi odprtino, ki ustreza 1/2" ali 12.7 mm)

Izpostavljenost traja 10 minut (ocena)

Razlogi za dogodek:

Izpust pri ventilu (7 ventilov s pripadajočimi prirobnicami L1 – L7)

Izpust na gumijasti cevi

Izpust zaradi napake na cevi za povezavo

Dogodek 2.

Manjši izpust pare - plina (izpust skozi odprtino, ki ustreza 1/2" ali 12.7 mm)

Izpostavljenost traja 10 minut (ocena)

Razlogi za dogodek:

Izpust pri ventilu (5 ventilov s pripadajočimi prirobnicami V1 – V5)

Izpust na gumijasti cevi

Izpust zaradi napake na cevi za povezavo

Izpušni skozi varnostni ventil

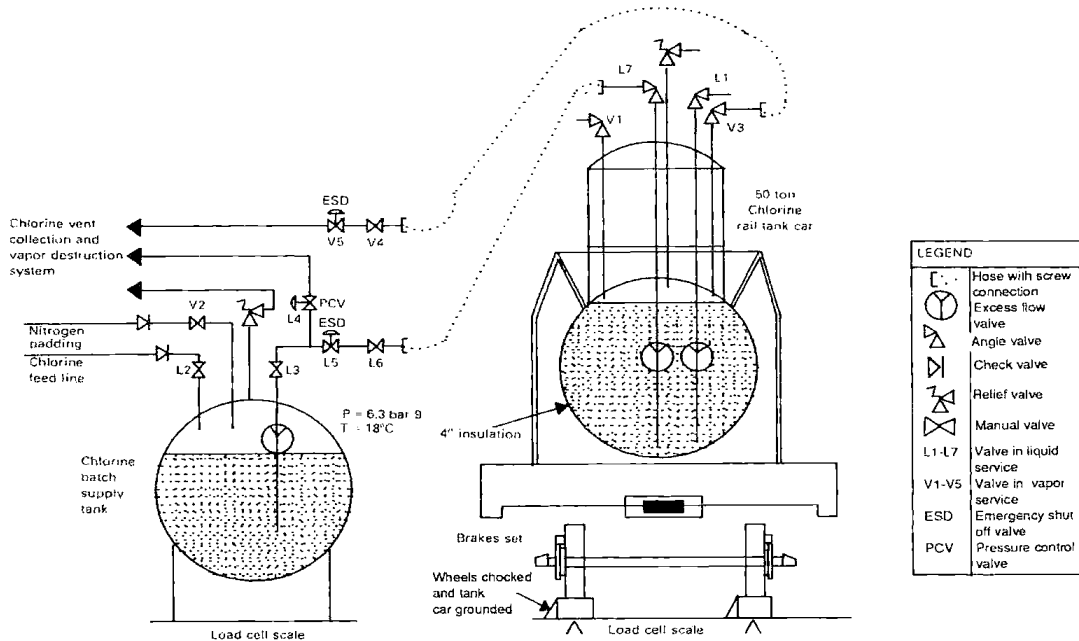
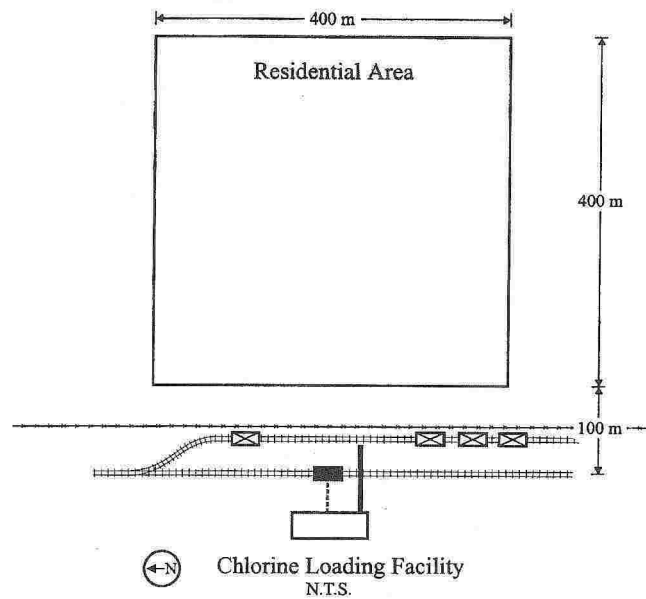


FIGURE 8.2. Diagram of liquid chlorine rail tank car loading installation.

Slika : Pretakanj klora iz cisterne v vagon cisterno

- Ker je v bližini prostora za pretakanje območje s stanovanjskimi objekti, obstaja realna ogroženost tega območja.
- 400 prebivalcev



nezgoda	opis	Hitrost iztekanja (kg/s)
1	Izliv tekočine	3.0
2	Izliv pare	0.29

Pogostnost odpovedi:

Izliv pri ventilu 1×10^{-5}

Izliv iz gumijaste cevi 5×10^{-4}

Udarec na cev 1×10^{-5}

Izliv skozi varnostni ventil ob normalnem delovanju 1×10^{-4}

Pogostnost zaradi smeri in oddaljenost

i

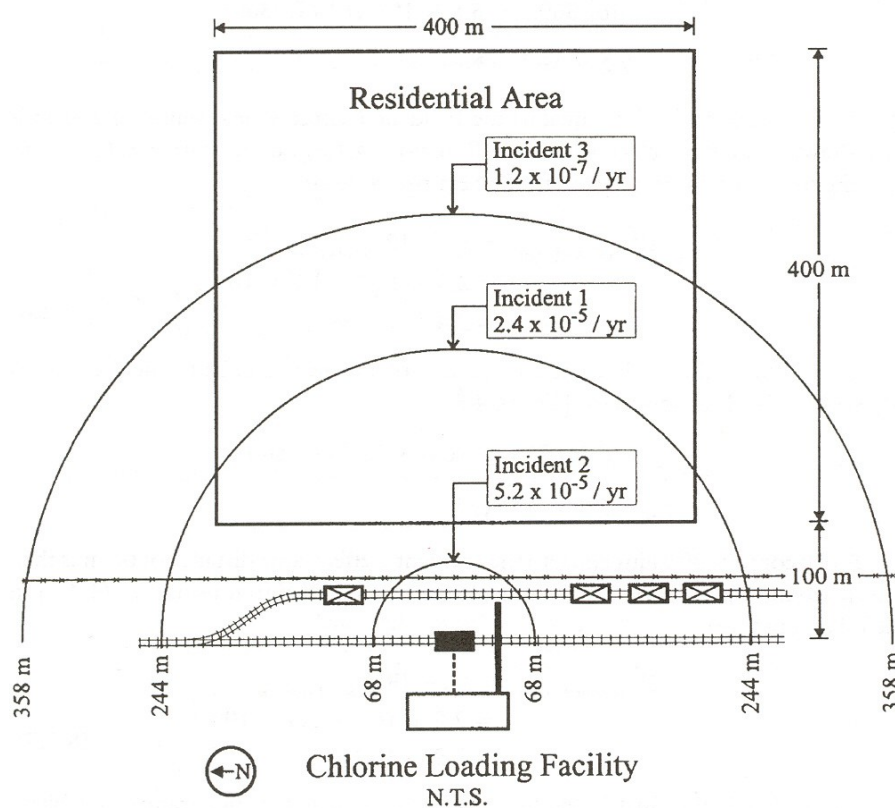


FIGURE 8.6. Individual risk contours around chlorine loading facility.

Izračun ROD:

$$ROD = \sum_{i=1}^6 f_i N_i = 2.1 \times 10^{-3}$$

i	f	N _i
1	73×10 ⁻⁵	6
2	73×10 ⁻⁵	17
3	73×10 ⁻⁵	6
4	38×10 ⁻⁷	21
5	38×10 ⁻⁷	39
6	38×10 ⁻⁷	21

Izračun ESC:

$$ESC = \sum_{i=1}^6 f_i (N_i)^{1.2} = 3.5 \times 10^{-3}$$

$$ESC = \sum_{i=1}^6 f_i (N_i)^2 = 2.7 \times 10^{-2}$$

Povprečje individualnega tveganja

$$IR_{AV} = \frac{ROD}{P_r} = \frac{2.1 \times 10^{-3}}{240} = 8.8 \times 10^{-6}$$

$$IR_{AV} = \frac{2.1 \times 10^{-3}}{400} = 5.2 \times 10^{-6}$$

FAR:

$$FAR = IR_{AV} (1.4 \times 10^4) \text{ nezgod} / 10^8 \text{ ur izpostavljenosti} = (8.8 \times 10^{-6} \frac{1}{\text{leto}}) (1.4 \times 10^4) =$$

$$= 0.10 \text{ nezgod} / 10^8 \text{ ur izpostavljenosti}$$

Tveganje

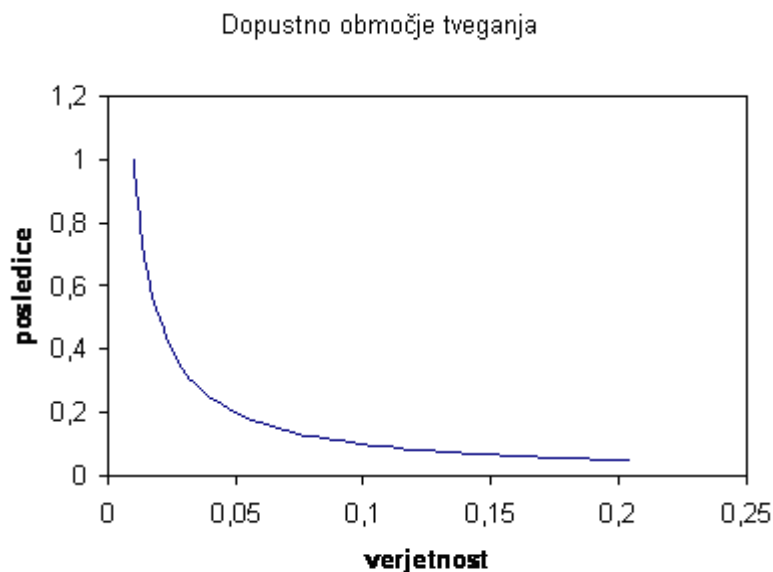
- Kaj je tveganje?
- V splošnem je tveganje definirano kot nepričakovani dogodek s škodljivimi posledicami.
- Njegova velikost je določena z verjetnostjo tega dogodka in težo posledic
- Definiramo: Tveganje = pogostnost X škoda
- Pogosti dogodek z majhno škodo = redki dogodek z veliko škodo

Sprejemljivo tveganje:

- Tveganja v splošnem ni mogoče odpraviti.
- Lahko ga omejimo ali pa se sprijaznimo z določenim nivojem tveganja.
- Temu nivoju tveganja pravimo **sprejemljivo tveganje**.
- Kdaj in kako ljudje sprejemajo tveganje?
- Ljudje sprejemajo tveganje kjer je celo možnost smrtnega izida, če je tveganje dovolj nizko, torej je produkt verjetnosti in teže posledic dovolj nizek.
- Z računanjem določamo nivo sprejemljivega tveganja kot število izračunano iz frekvence nezgodnih dogodkov in stopnje teže posledic.

Dopustno območje tveganja

- Če omejimo vrednost frekvence ali pogostnosti dogodkov in teže posledic, dobimo območje sprejemljivega tveganja.



- Sprejemljivo tveganje lahko definiramo tudi za posledice.
- Sprejemljivo tveganje je takrat, ko je verjetnost ene resne vendar odpravljljive posledice (poškodbe ljudi) na 10.000 prebivalcev na leto ali $100 \cdot 10^{-6}$.
- Če govorimo o smrtnih žrtvah je dopustno tveganje 1 žrtev na milijon prebivalcev.

Primer

- Sprejemljivo tveganje v prometu, kjer je sprejemljivo tveganje povečano na 20-kratno vrednost.
- Od tod dopustna številka 2000 mrtvih na cestah v Belgiji pri desetih milijonih prebivalcev (=200 x 10 na -6). Pri nas je ta številka bila v letu 2002 236 kar pomeni približno 120 x 10 na -6.

Ocena škode:

- Za materialne dobrine je škodo mogoče ovrednotiti po tržni ceni.
- Težje je oceniti zastoj proizvodnje, izpad proizvodnje itd.
- Še težje pa je oceniti škodo zaradi poškodbe ali celo zaradi izgube življenja.
- Pogosto se ta škoda ocenjuje kot izguba delovnih dni. V anglosaški literaturi je pogosto uporabljena tovrstna ocena.

Vrsta poškodbe	Izgubljeni delovni dnevi
smrt	6000
Trajna nezmožnost za delo	6000
Izguba prsta	300
Izguba dveh prstov na eni roki	750