

# BEZPEČNOSŤ V CHEMICKOM PRIEMYSLE ZAMERANÁ NA MSP

---

INNOCHEM Projekt, 7. 4. 2017, Bratislava

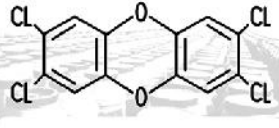


*Zuzana Labovská*  
FCHPT STU



*[zuzana.labovska@stuba.sk](mailto:zuzana.labovska@stuba.sk)*

S T U . .  
- . . . .  
F C H P T  
. . . . .

SLOVENSKÁ TECHNICKÁ UNIVERZITA V BRATISLAVE  
Fakulta Chemickej a Potravinárskej Technológie  
SLOVAK UNIVERSITY OF TECHNOLOGY IN BRATISLAVA  
Faculty of Chemical and Food Technology



**SEVESO 1976**

### Závažné priemyselné havárie

*... je lepšie starať sa o bezpečnosť výroby predtým, ako sa nešťastie stane, nie až po tom...*

82/501/EHS - Smernica Seveso  
 Smernica Seveso II Zákon 261/2002 Z.z.  
 Smernica Seveso III ...  
Zákon č. 128/2015 Z. z.  
Vyhláška č. 198/2015 Z. z

**Hlavný cieľ legislatívy:**

- zabránenie vzniku závažných priemyselných havárií a obmedziť ich dôsledky na ľudí ako aj na životné prostredie
  - ⇒ identifikácia rizika
  - ⇒ kvantifikácia rizika
  - ⇒ určenie následkov
  - ⇒ návrh protiopatrení
  - ⇒ prevencia

-chemický priemysel či chceme, alebo nechceme – používanie množstva nebezpečných látok

-v prípade vzniku havárie v chemickom podniku – vážne dopady na životy a zdravie obyvateľstva a poškodenie životného prostredia, nehovoriac o materiálnych škodách

-na základe závažných priemyselných havárií v podnikoch chemického priemyslu koncom sedemdesiatych a v priebehu osemdesiatych rokov - vznikol tlak na prevenciu závažných priemyselných havárií

(Seveso - Únik dioxínov, evakuácia približne 150 000 ľudí, vysoko kontaminované životné prostredia - uzavretie oblasti

- nasledovali legislatívne opatrenia s jasným cieľom...

## Identifikácia rizika

identifikácia  
nebezpečných látok



-poznaj svojho nepriateľa

-identifikácia nebezpečenstva za inou identifikáciou nebezpečných látok v procese

## Identifikácia rizika

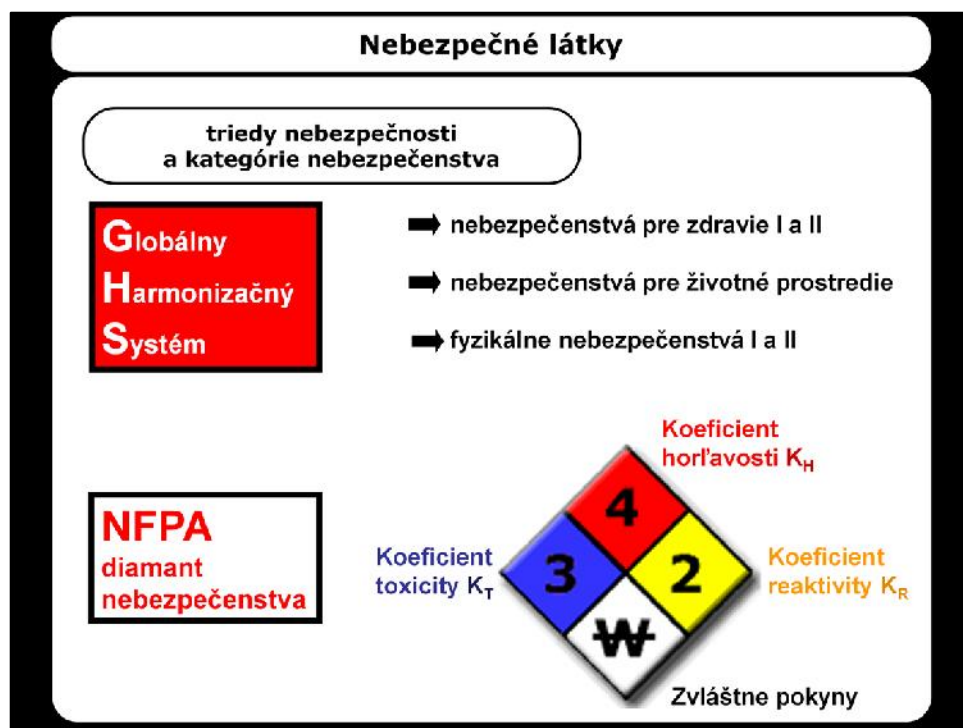
identifikácia  
nebezpečných látok

➔ látky a zmesi, ktoré sa vyznačujú  
minimálne jednou nebezpečnou  
vlastnosťou:



- toxicita
  - jedovatosť
  - omamnosť
  - karcinogenita
  - mutagenita
  - teratogenita
  - dráždivosť
  - senzibilizácia
- výbušnosť
- horľavosť
- ekotoxicita

text snímka



nutné poznať označovanie nebezpečných látok

**GHS** - jednotný systém klasifikácie a označovania chemických látok v rámci Spojených národov (UN) pre zabezpečenie ochrany ľudského zdravia a životného prostredia pri zaobchádzaní, doprave a používaní chemických látok a ich zmesí

**NFPA** - technická norma *Národnej americkej protipožiarnej organizácie*. Ustanovila "**diamant nebezpečenstva**" používaný pohotovostným personálom na rýchle a ľahké identifikovanie rizík okolitých nebezpečných materiálov.

## Nebezpečné látky

nebezpečné  
vlastnosti

- ➔ toxické látky ( $LC_{50}$ ,  $LD_{50}$ , IDLH, NPEL)
- ➔ horľavé látky (teplota vzplanutia, vznietenie, samovznietenia)
- ➔ výbušné látky (dolná a horná medza výbušnosti)

**Karta  
bezpečnostných  
údajov**

cesty vniknutia do  
organizmu



- ➔ vdýchnutie
- ➔ požitie
- ➔ kontakt s pokožkou

-získanie podrobných informácií o charaktere nebezpečnosti, závažnosti toxicity resp. horľavosti a výbušnosti

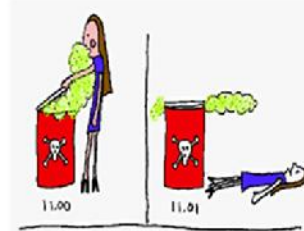
-vedomosti o ohrození človeka pri vniknutí do organizmu

## Nebezpečné látky

účinnok na  
organizmus

- ✦ *nebezpečnosť látky*
- ✦ *spôsob vniknutia do organizmu*
- ✦ *dávka*
- ✦ *koncentrácia*
- ✦ *dĺžka expozície*
- ✦ *zdravotný stav jedinca*
- ✦ *pohlavie*
- ✦ *vek*
- ✦ ...

➔ *akútny účinok*



➔ *chronický účinok*



vyhodnotenie účinku na organizmus

## Metódy identifikácie rizika

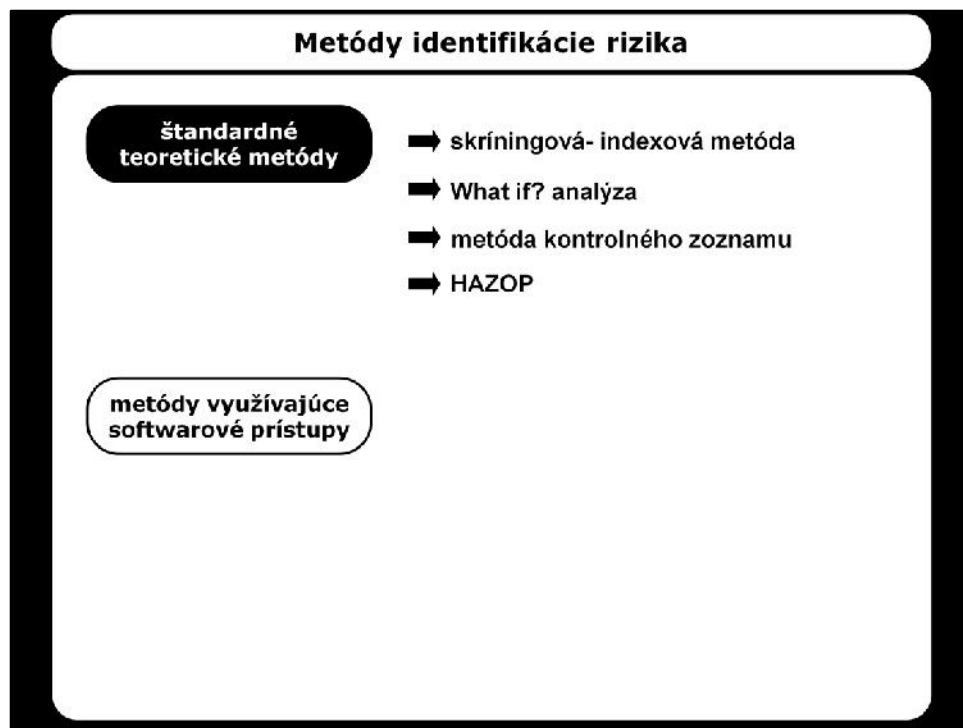
štandardné  
teoretické metódy

metódy využívajúce  
softwarové prístupy



po identifikácii nebezpečných látok - identifikácia rizika





- medzi štandardné teoretické metódy patria... -

-sú rôznej komplexnosti a časovej náročnosti. Najsystematickejšia, ale preto aj časovo najnáročnejšia je metóda HAZOP (Hazard and Operability Study)

## Metódy identifikácie rizika

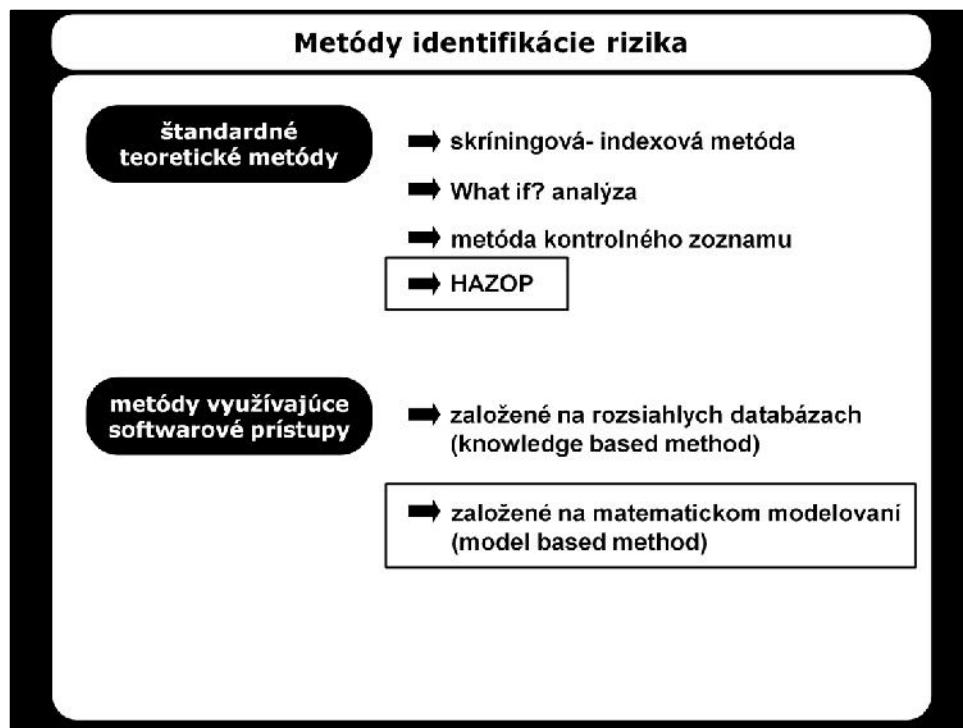
### štandardné teoretické metódy

- ➔ skríningová- indexová metóda
- ➔ What if? analýza
- ➔ metóda kontrolného zoznamu
- ➔ HAZOP

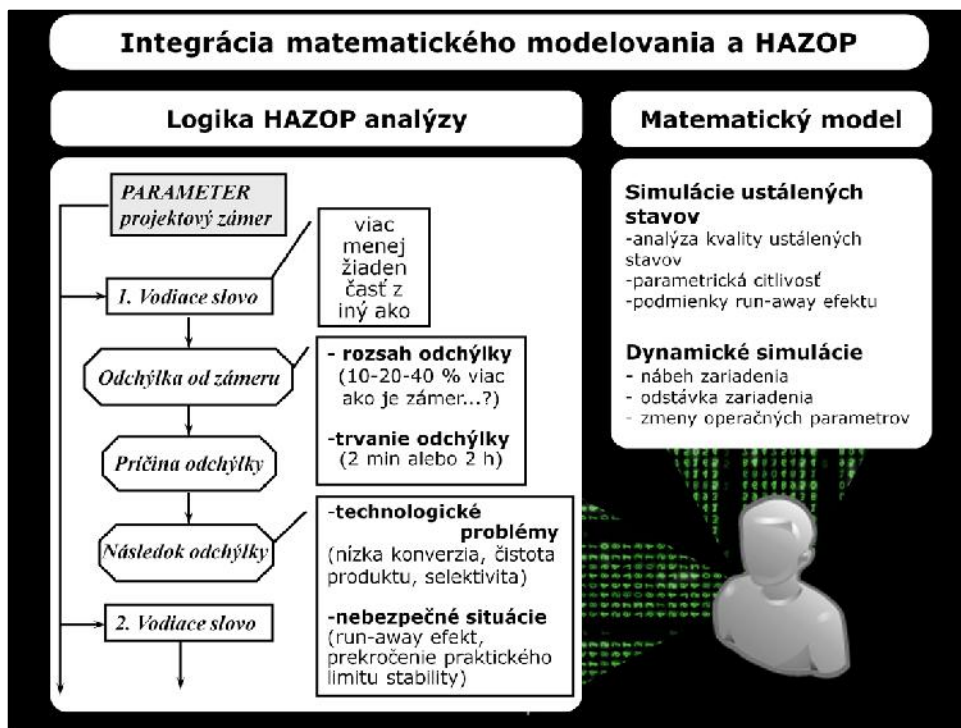
### metódy využívajúce softwarové prístupy

- ➔ založené na rozsiahlych databázach (knowledge based method)
- ➔ založené na matematickom modelovaní (model based method)

d ďalšie metódy na identifikáciu rizika využívajú softwarové prístupy



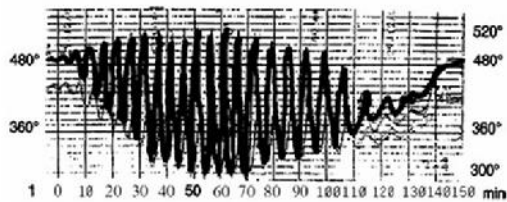
v súčasnej dobe sa veľa pracuje na integrácii matematického modelovania so štandardnou teoretickou metódou ...



... kedy sa logika HAZOP analýzy použije pri matematickom modelovaní následkov odchýlok s rôznym trvaním a rozsahom

### Havária priemyselného rúrového reaktora na výrobu amoniaku Nemecko 1989

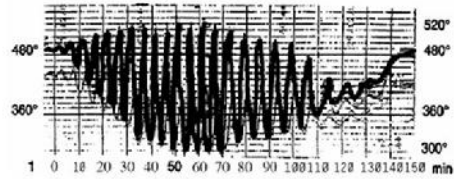
- pokles tlaku v reaktore – spôsobený znížením množstva čerstvého nástreku do reaktora
- oscilácie teploty s periódou 6 minút, rozsah 200 °C, trvanie 2 hod
- teplotné oscilácie zničili katalyzátor



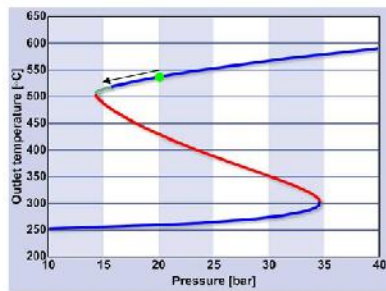
Naess, L., Mjåavatten, A. and Li, J., Using dynamic process simulation from conception to normal operation of process plants, *Computers Chem. Engng.*, 16, (1992) S119

In 1989, an accident on an industrial fixed-bed ammonia synthesis reactor took place in Germany. After a sudden decrease in reactor pressure caused by a temporary reduction in fresh feed to the synthesis loop, the reactor, which was operated without feedback control, became unstable thus, that the recorded temperatures in the reactor started oscillating with a period of about 6 min and a range of about 200°C ( $\pm 100^\circ\text{C}$ ). The oscillation lasted for about 2 hours, until the pressure in the synthesis loop was restored. Such large and rapid oscillations are damaging for the catalyst. After the incident it was observed that this kind of oscillations tended to occur more frequently and for smaller disturbances

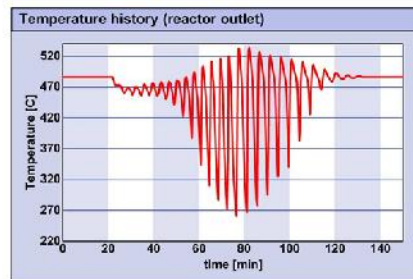
## Havária priemyselného rúrového reaktora na výrobu amoniaku Nemecko 1989



### Analýza ustálených stavov



### Dynamické simulácie



integrácia matematického modelovania so štandardnou teoretickou metódou umožňuje predvídanie a identifikovanie nebezpečenstva aj bez konkrétnej skúsenosti z minulosti

## Metódy kvantifikácie rizika

STROM PORÚCH

STROM UDALOSTÍ

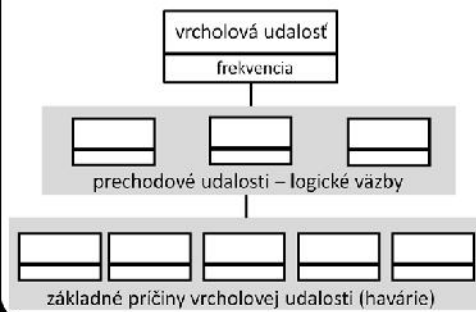


Po metódach identifikácie rizika kvalitatívnymi metódami nastupujú metódy na jeho kvantifikovanie

## Metódy kvantifikácie rizika

### STROM PORÚCH

- ➔ rozšírená metóda na systémovú a logickú bezpečnostnú analýzu
- ➔ identifikácia všetkých základných PRÍČIN, ktoré môžu spôsobiť vrcholovú udalosť (haváriu)
- ➔ výpočet frekvencie vzniku havárie - na základe frekvencie / pravdepodobnosti vzniku základných príčin



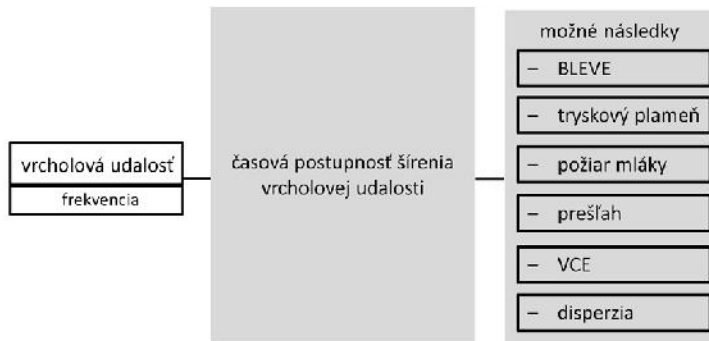
Fault Tree Analysis



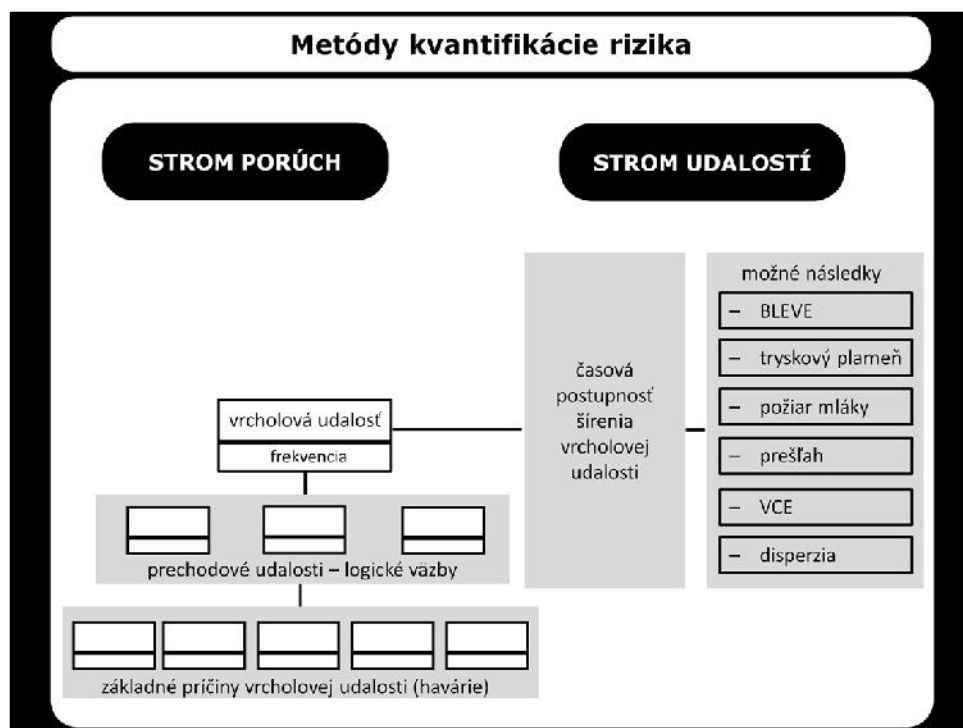
## Metódy kvantifikácie rizika

### STROM UDALOSTÍ

- ➔ identifikuje a kvantifikuje možné NÁSLEDKY vrcholovej udalosti
- ➔ poskytuje systematický popis časovej postupnosti šírenia vrcholovej udalosti



Event Tree Analysis



Kombináciou stromu porúch a stromu udalostí je možné kvantifikovať (t.j. určiť frekvenciu resp. pravdepodobnosť) vzniku konkrétneho následku vrcholovej udalosti. Ďalším krokom je výpočet vzdialenosti nebezpečného dosahu každého následku.

## Výpočet dosahov jednotlivých následkov

### TRYSKOVÝ PLAMENĚ (Jet Flame)



v prípade tryskového plameňa – vzdialenosť nebezpečného tepelného toku na receptor resp. pozorovateľa ...

Výpočet dosahov jednotlivých následkov

**POŽIAR MLÁKY (Pool Fire)**



...rovnako je to aj v prípade požiaru mláky

## Výpočet dosahov jednotlivých následkov

### BLEVE - boiling liquid expanding vapour explosion



v prípade BLEVE efektu nás zaujíma tlakový efekt a rýchlosť a počet letiacich úlomkov najmä na posúdenie možného domino efektu, ale v prípade, že BLEVE efekt je nasledovaný vznikom ohnivej gule, je nutné počítať aj tepelný tok pôsobiaci na okolie

Výpočet dosahov jednotlivých následkov

**Ohnivá guľa (Fireball)– spoluefekt BLEVE**



stúpajúce ohnivé gule ako následok pozemného bleve efektu

## Výpočet dosahov jednotlivých následkov

### VCE – Vapor Cloud Explosions



oveľa väčšie negatívne následky spôsobené tlakovou vlnou ako v prípade BLEVE efektu, sú pri vzniku VCE, ktorých smrtiaci efekt môže presahovať stovky metrov

Výpočet dosahov jednotlivých následkov

## Disperzia (Dispersion)



smrteľné dopady v obrovských vzdialenostiach od miesta incidentu je možné očakávať v prípade disperzie toxického plynu



## Dopad následkov závažnej havárie na obyvateľstvo



Na správne vyhodnotenie dopadov následkov závažnej havárie na obyvateľstvo - je nutné poznať početnosť obyvateľstva v zasiahnutej oblasti ale aj štruktúru obyvateľstva.

## Kvantifikácia individuálneho rizika

 som priemerný jednotlivec



Aké riziko podstupujem v blízkosti nebezpečenstva ?

-vyhodnotení všetkých informácií o type látky a z toho vyplývajúci charakter poškodenia zdravia jednotlivca,

-výpočtom frekvencie, s akou môže dôjsť k ohrozeniu zdravia v dôsledku každého identifikovanému následku vrcholovej udalosti za danú časovú periódu je možné určiť individuálne riziko (individual risk)

Individuálne riziko značne závisí od vzdialenosti jednotlivca od zdroja nebezpečenstva.

Čím je vzdialenosť väčšia, tým je pravdepodobnosť výskytu nebezpečenstva nižšia

## Kvantifikácia spoločenského rizika



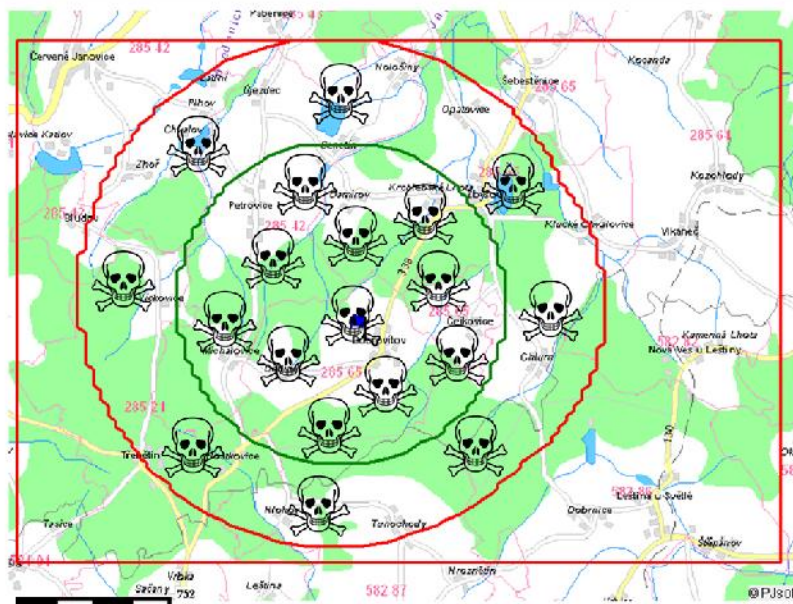
populácia



Aký počet ľudí podstupuje dané riziko v blízkosti nebezpečenstva?

Iný pohľad na vyhodnotenie nebezpečnosti podniku je určenie počtu ľudí, ktoré podstupujú definované riziko len preto, že sa vyskytujú v blízkosti daného podniku – spoločenské/sociálne riziko (social risk)

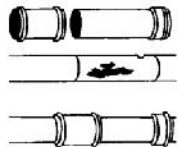
## Kvantifikácia spoločného rizika



zelená – koncentrácia pre 100% úmrtnosť  
červená - koncentrácia pre 50% úmrtnosť

## Príčiny havárie

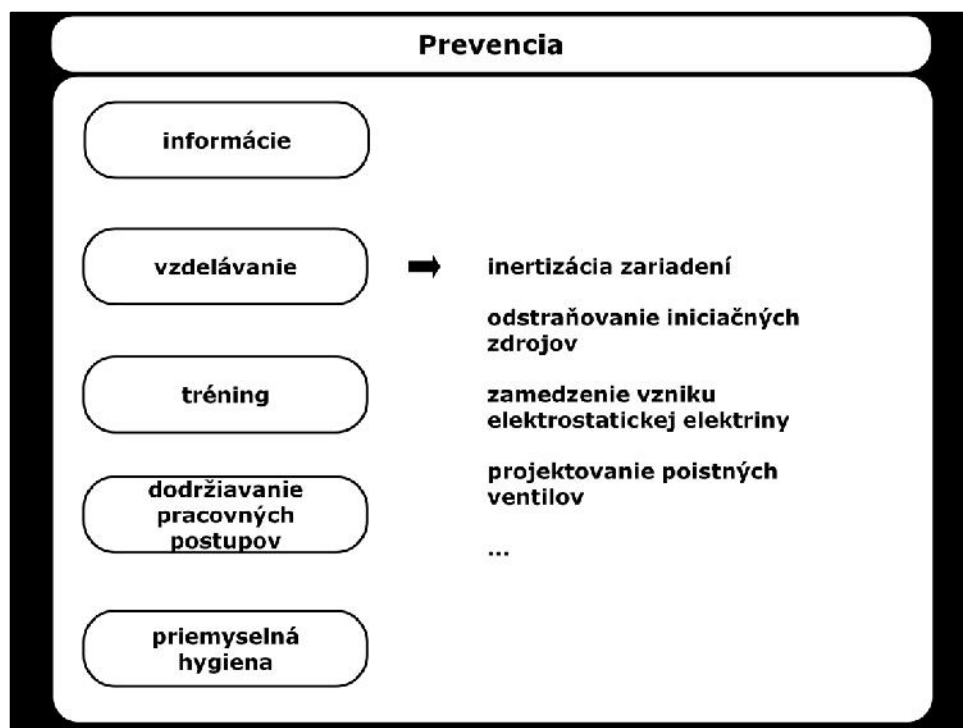
➔ 20 % technické poruchy



➔ 80 % ľudský faktor



Havárie v minulosti ukázali, že až 80% všetkých nehôd spôsobili ľudia svojou nedbanlivosťou, neznalosťou a lajdáckosťou (nedodržiavanie reglementov a pracovných postupov)...



...preto authority v oblasti bezpečnosti odporúčajú v rámci prevencie závažných priemyselných havárií nielen vylepšovať technické a ochranné prvky výroby, ale najmä zvyšovať kvalifikovanosť a vzdelanosť pracovníkov

vzdelaný a šťastný zamestnanec – dobrý zamestnanec



vedomosti a prevencia znižujú riziká vyplývajúce z chemického priemyslu na akceptovateľnú úroveň

# Ďakujem za pozornosť

---

**INNOCHEM Projekt, 7. 4. 2017, Bratislava**



**Zuzana Labovská**  
FCHPT STU

*zuzana.labovska@stuba.sk*

S T U . .  
- . . . .  
F C H P T  
. . . . .

SLOVENSKÁ TECHNICKÁ UNIVERZITA V BRATISLAVE  
Fakulta Chemickej a Potravinárskej Technológie  
SLOVAK UNIVERSITY OF TECHNOLOGY IN BRATISLAVA  
Faculty of Chemical and Food Technology