

# Rizika, způsob oceňování rizik a vztah k jaderné bezpečnosti

---

Jan Prehradný

# Lidské činnosti

---

- Doprovázeny riziky
  - Mnohá rizika přijímána dobrovolně
    - sporty, motorismus
  - Mnohá podstoupena pro zachování existence
    - průmyslová činnost, znečištění životního prostředí a zhoršení životních podmínek
-

Činnost	Riziko úmrtí na osobu a rok
<u>Dobrovolná rizika</u>	
Kouření /20 cigaret denně/	$500 \times 10^{-5}$
Pití /jedna láhev vína denně/	$7,5 \times 10^{-5}$
Fotbal	$4 \times 10^{-5}$
Automobilové závody	$120 \times 10^{-5}$
Horolezectví	$14 \times 10^{-5}$
Řízení automobilu	$17 \times 10^{-5}$
Jízda na motocyklu	$2\,000 \times 10^{-5}$
Používání antikoncepčních pilulek	$2 \times 10^{-5}$
<u>Nedobrovolná rizika</u>	
Přejetí automobilem /USA/	$500 \times 10^{-7}$
Přejetí automobilem /Velká Británie/	$600 \times 10^{-7}$
Povodně /USA/	$22 \times 10^{-7}$
Zemětřesení /Kalifornie/	$17 \times 10^{-7}$
Tornáda /střední západ USA/	$22 \times 10^{-7}$
Bouře /USA/	$8 \times 10^{-7}$
Blesk /Velká Británie/	$1 \times 10^{-7}$
Zřícení letadla /USA/	$1 \times 10^{-7}$
Zřícení letadla /Velká Británie/	$0,2 \times 10^{-7}$
Výbuch tlakových nádob /USA/	$0,5 \times 10^{-7}$
Úniky z jaderných elektráren - na hranici pozemku elektrárny /USA/	$1 \times 10^{-7}$
- ve vzdálenosti 1 km /Velká Británie/	$1 \times 10^{-7}$
Protržení hrází /Holandsko/	$1 \times 10^{-7}$
Kousnutí jedovatými zvířaty /Velká Británie/	$2 \times 10^{-7}$
Přeprava benzínu a chemikálií /USA/	$0,5 \times 10^{-7}$
Přeprava benzínu a chemikálií /Velká Británie/	$0,2 \times 10^{-7}$
Leukemie	$800 \times 10^{-7}$
Chřipka	$2\,000 \times 10^{-7}$
Meteorit	$6 \times 10^{-11}$
Kosmické záření z explozí supernov	$10^{-8}$ až $10^{-11}$

# Připustnost úrovně rizika

---

## □ 3 metody

- Porovnání rizika nově zaváděné technologie s existujícími riziky zavedených technologií
  - Srovnání rizik a užitek z technologií ve stejných jednotkách (penězích)
  - Rozbor efektivnosti nákladů na snížení rizik
-

# Porovnání nových a starých ...

---

- Měřítkem může být četnost smrtelných nehod ve skupině 1000 osob za produktivní dobu jejich života

Britský chemický průmysl	4
Oděvní a obuvnický průmysl	0,15
Vozidla	1,3
Dřevo, nábytek apod.	3
Kovovýroba, stavba lodí	8
Zemědělství	10
Těžba uhlí	12
Železniční posunovači	45
Stavební montéři	67
V domácnosti /muži 16 - 65/	1
Cestování vlakem	5
Cestování autem	57

# Srovnání rizik a užitku ...

---

- ❑ Umožňuje volit mezi určitým počtem alternativních řešení
  - ❑ Neumožňuje stanovit, jak je možné u dané technologie bezpečnost zvýšit
-

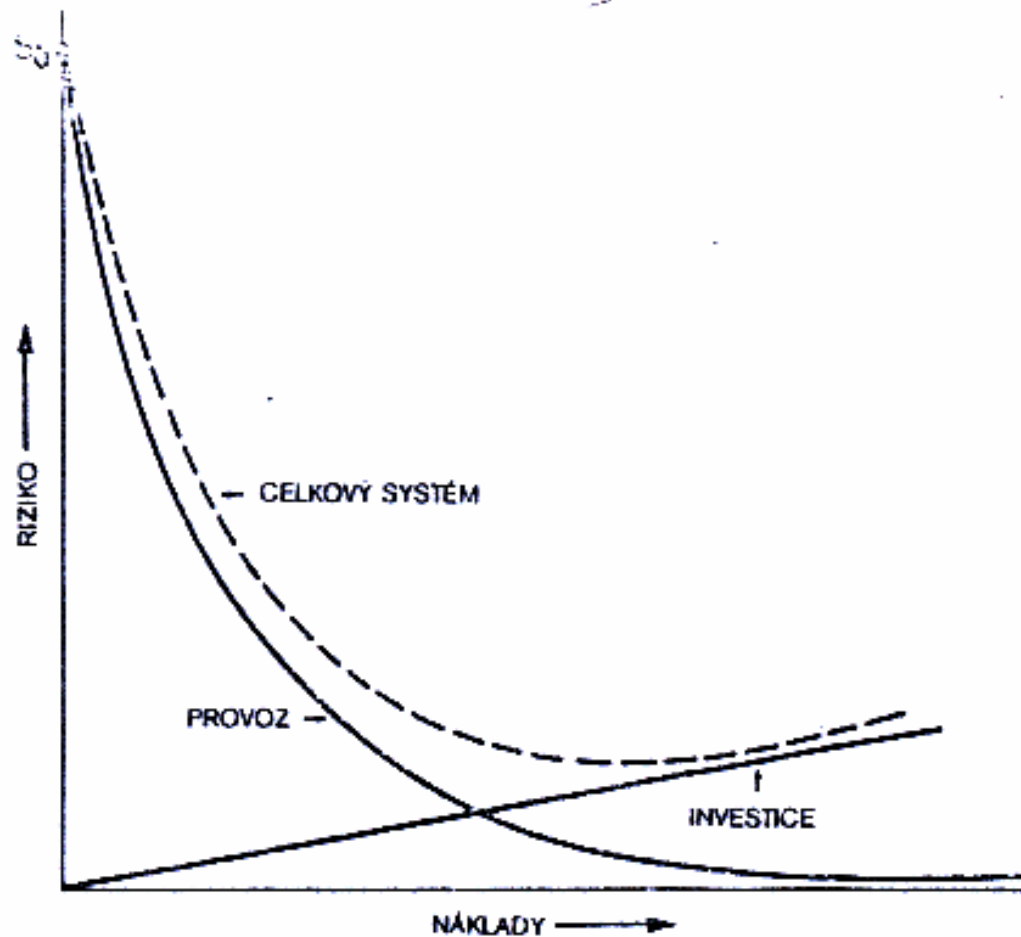
# Rozbor efektivnosti nákladů ...

---

- Výdaje na bezpečnost – exponenciální pokles
    - Vysoké riziko je možné podstatně snížit s poměrně malými náklady
    - Čím je riziko nižší, tím více stoupají náklady na jeho snížení
  
  - Sebevětšími náklady nelze dosáhnout nulového rizika a absolutní bezpečnosti
-

# Rozbor efektivnosti nákladů ...

---





# Vývoj bezpečnostní filosofie JE

---

# Počátky jaderné energetiky

---

- JE – velmi složitý komplexní systém
  - Převládá mínění, že stanovení pravděpodobnosti vzniku havárie přesahuje možnosti znalostí
  - Úsilí se soustředí na výpočet maximálního ohrožení obyvatelstva
    - Velké hypotetické havárie reaktoru
-

# Počátky jaderné energetiky

---

- Brzy bylo zřejmé, že důsledky takových havárií jsou velmi závažné
  - Chybí podklady pro určení pravděpodobnosti, že k takové havárii nedojde
  - 70. léta
    - Výpočty důsledků hypotetických havárií
    - Stanovení pravděpodobností výskytu
-

# Základní přístupy k bezpečnosti

---

- ☐ Historický
  - ☐ Deterministický
  - ☐ Prediktivní
  - ☐ Pravděpodobnostní
  - ☐ Absolutní
-

# Historický

---

## ☐ Havárie a nehody

- Evidence
- Analýzy
- Kategorizace

## ☐ Umožňuje předvídat

- budoucí průměrný výskyt nehod
  - možný průběh nehod
-

# Deterministický

---

- Vychází z předem stanovených hodnot parametrů při havarijní analýze
    - Maximální přípustná teplota povrchu palivových tyčí nesmí překročit 1200°C
  
  - Je dána předem definovaná posloupnost událostí
-

# Prediktivní

---

- ❑ Neexistuje-li precedenční případ, je nutné vymyslet model havárií
  - ❑ Na základě modelu je možné vypočítat rozsah a důsledky událostí, k nimž by mohlo dojít (dosud nedošlo)
-

# Pravděpodobnostní

---

- Vychází z historické nebo prediktivní metody
  - Stanovuje spektrum závislostí rizik
-



# Absolutní

---

- ❑ Snaha o dosažení „absolutní“ bezpečnosti
  - ❑ Vyloučení jakéhokoli rizika
  - ❑ Nevědecký a „možná“ nelogický přístup
-

# Jak šel čas ...

---

- Z historického hlediska – první používaná metoda – predikce
  - První predikce – uvolnění 1 až 10% produktů štěpení z AZ
    - Vypracování strategie umísťování reaktorů
  - Změna dosavadního pozitivního postoje k rozvoji jaderné energie
-

# Jak šel čas ...

---

- Výzkumná zpráva USAEC WASH-740
    - 1957
    - Popsány důsledky HYPOTETICKÉ havárie
      - Únik 50% štěpných produktů z AZ do atmosféry
      - Nejnepříznivější povětrnostní podmínky
    - Odhady
      - Ztráty na životech - 3400 osob
      - Zdravotní poškození - 43 000 osob
      - Škody na majetku - 7 miliard dolarů
-

# Jak šel čas ...

---

- Nepříznivý ohlas veřejnosti –  
zavedení deterministického přístupu
    - Formulace dohodnutých limitních hodnot
  
  - V nejaderném průmyslu – predikce  
následků hypotetických havárií –  
zamítány jako nerealistické, neboť k  
nim ještě nedošlo
-

# Jak šel čas ...

---

- Polovina 60.let – nová hlediska na hodnocení bezpečnosti reaktorů
  - Rozvoj pravděpodobnostní metody
    - Potřeba shromažďování dat
      - Provozní charakteristiky
      - Poruchy zařízení a systémů
    - Umožňuje použití dat nejen z havárií, ale i z provozních poruch
-

# Jak šel čas ...

---

- Roste význam historického přístupu
    - Narůstá objem informací o nehodách a haváriích
    - Nevýhody –
      - Soustřeďuje přílišnou pozornost na nehodu, která se stala
      - Jedná se však pouze o 1 realizovanou událost z velkého počtu potenciálních možností
-

# Jak šel čas ...

---

## ☐ Historické příklady

### ■ 11. září 2001

- ☐ Hrozba teroristického útoku
- ☐ Dvojitý kontejnment
- ☐ Požadavek na odolání nárazu velkého dopravního letadla

### ■ Fukushima

- ☐ Důraz na přírodní katastrofy a vypořádání se s následky
    - Katastrofy v ČR ?
-

# Snaha minimalizovat rizika

---

- ☐ Zavedení kontroly nad jaderným oborem
  - ☐ Organizace
    - SÚJB
    - IAEA (MAAE)
    - EURATOM
    - WANO, WENRA, NEA atd.
  - ☐ Legaslativa
    - Atomový zákon (zákon č. 18/1997 Sb.)
      - ☐ + prováděcí předpisy a vyhlášky
      - ☐ + návody
      - ☐ + příručky
-



# Zavedené pojmy

---

## ☐ Jaderná bezpečnost

- stav a schopnost jaderného zařízení a osob obsluhujících jaderné zařízení zabránit nekontrolovatelnému rozvoji štěpné řetězové reakce nebo nedovolenému úniku radioaktivních látek nebo ionizujícího záření do životního prostředí a omezovat následky nehod
  - Jaderná bezpečnost je jednou z nejvíce regulovaných oblastí z pozice státu a sledovaných oblastí z hlediska mezinárodního. Odtajněním převážné většiny činností spojených s využíváním jaderné energie, se jaderná bezpečnost stala i oblastí sledovanou širokou veřejností.
-

# Zavedené pojmy

---

## ☐ Radiační ochrana

- systém technických a organizačních opatření k minimalizaci negativních účinků ionizujícího záření na lidský organismus a životní prostředí
  - ALARA (as low as reasonably achievable)
    - ☐ postupy k dosažení a udržení takové úrovně radiační ochrany, aby riziko ohrožení života, zdraví osob a životního prostředí bylo tak nízké, jak lze rozumně dosáhnout při uvážení hospodářských a společenských hledisek
-

# Zavedené pojmy

---

## ☐ Bezpečnostní systémy

- Bezpečnostní systémy slouží k zajištění bezpečného odstavení jaderného reaktoru, k odvodu tepla z aktivní zóny za projektem předpokládaných podmínek a/nebo k omezení důsledků abnormálního provozu a havarijních podmínek

## ☐ Havarijní připravenost

- Havarijní připravenost je schopnost rozpoznat vznik radiační nehody a při jejím vzniku plnit opatření stanovená havarijními plány
-

# Atomový zákon

---

## □ Zákon č. 18/1997 Sb.

- *„Každý, kdo využívá jadernou energii ... je povinen dodržovat takovou úroveň jaderné bezpečnosti, radiační ochrany, fyzické ochrany a havarijní připravenosti, aby riziko ohrožení života, zdraví osob a životního prostředí bylo tak nízké, jak lze rozumně dosáhnout při uvážení hospodářských a společenských hledisek“.*

## □ Odpovědnost za jaderné zařízení je ze zákona nepřenositelná a nedělitelná.

---

# Vyhlášky k Atomovému zákonu

---

- **Vyhláška č. 144/1997 Sb.,**
    - o fyzické ochraně jaderných materiálů a jaderných zařízení a o jejich zařazování do jednotlivých kategorií
  - **Vyhláška č. 146/1997 Sb.,**
    - stanovující činnosti, které mají bezprostřední vliv na jadernou bezpečnost, a činnosti zvláště důležité z hlediska radiační ochrany, požadavky na kvalifikaci a odbornou přípravu, způsob ověřování zvláštní odborné způsobilosti a udělování oprávnění vybraným pracovníkům a způsob provedení schvalované dokumentace pro povolení k přípravě vybraných pracovníků, ve znění vyhlášky č. 315/2002 Sb.
  - **Vyhláška č. 132/2008 Sb.**
    - nahrazuje vyhlášku č. 214/1997 Sb., o zabezpečování jakosti při činnostech souvisejících s využíváním jaderné energie a činnostech vedoucích k ozáření a o stanovení kritérií pro zařazení a rozdělení vybraných zařízení do bezpečnostních tříd
  - **Vyhláška č. 215/1997 Sb.,**
    - o kritériích na umístování jaderných zařízení a velmi významných zdrojů ionizujícího záření
  - **Vyhláška č. 106/1998 Sb.,**
    - o zajištění jaderné bezpečnosti a radiační ochrany jaderných zařízení při jejich uvádění do provozu a při jejich provozu
  - **Vyhláška č. 195/1999 Sb.,**
    - o požadavcích na jaderná zařízení k zajištění jaderné bezpečnosti, radiační ochrany a havarijní připravenosti
  - **Vyhláška č. 185/2003 Sb.,**
    - o vyřazování jaderného zařízení nebo pracoviště III. nebo IV. kategorie z provozu
  - **Vyhláška č. 317/2002 Sb.,**
    - o typovém schvalování obalových souborů pro přepravu, skladování a ukládání jaderných materiálů a radioaktivních látek, o typovém schvalování zdrojů ionizujícího záření a o přepravě jaderných materiálů a určených radioaktivních látek (o typovém schvalování a přepravě)
  - **Vyhláška č. 309/2005 Sb.,**
    - o zajišťování technické bezpečnosti vybraných zařízení
-

# Působnost SÚJB

---

- Státní dozor nad
    - jadernou bezpečností
    - fyzickou ochranou jaderných zařízení
    - radiační ochranou
    - havarijní připraveností
  - Kontrola v prostorách jaderných zařízení nebo na pracovištích, kde se vyskytují zdroje ionizujícího záření
  - Povoloování umístování a provoz jaderného zařízení a pracovišť s významnými zdroji ionizujícího záření
  - Nastavení pravidel pro nakládání se zdroji ionizujícího záření a radioaktivními odpady
  - Kontrola činností týkajících se přepravy jaderných materiálů a radionuklidových zářičů
  
  - Schvalování dokumentací související se zajištěním zákonem stanované jaderné bezpečnosti a radiační ochrany
  - Schvalování limit a podmínek provozu jaderných zařízení
  - Schvalování způsobu zajištění fyzické ochrany
  - Stanovení podmínek a požadavků radiační ochrany obyvatel a lidí pracujících se zdroji ionizujícího záření (limity ozáření, kontrolovaná pásma)
  - Stanovení zóny havarijního plánování a požadavků havarijní připravenosti držitelů povolení podle atomového zákona
-

