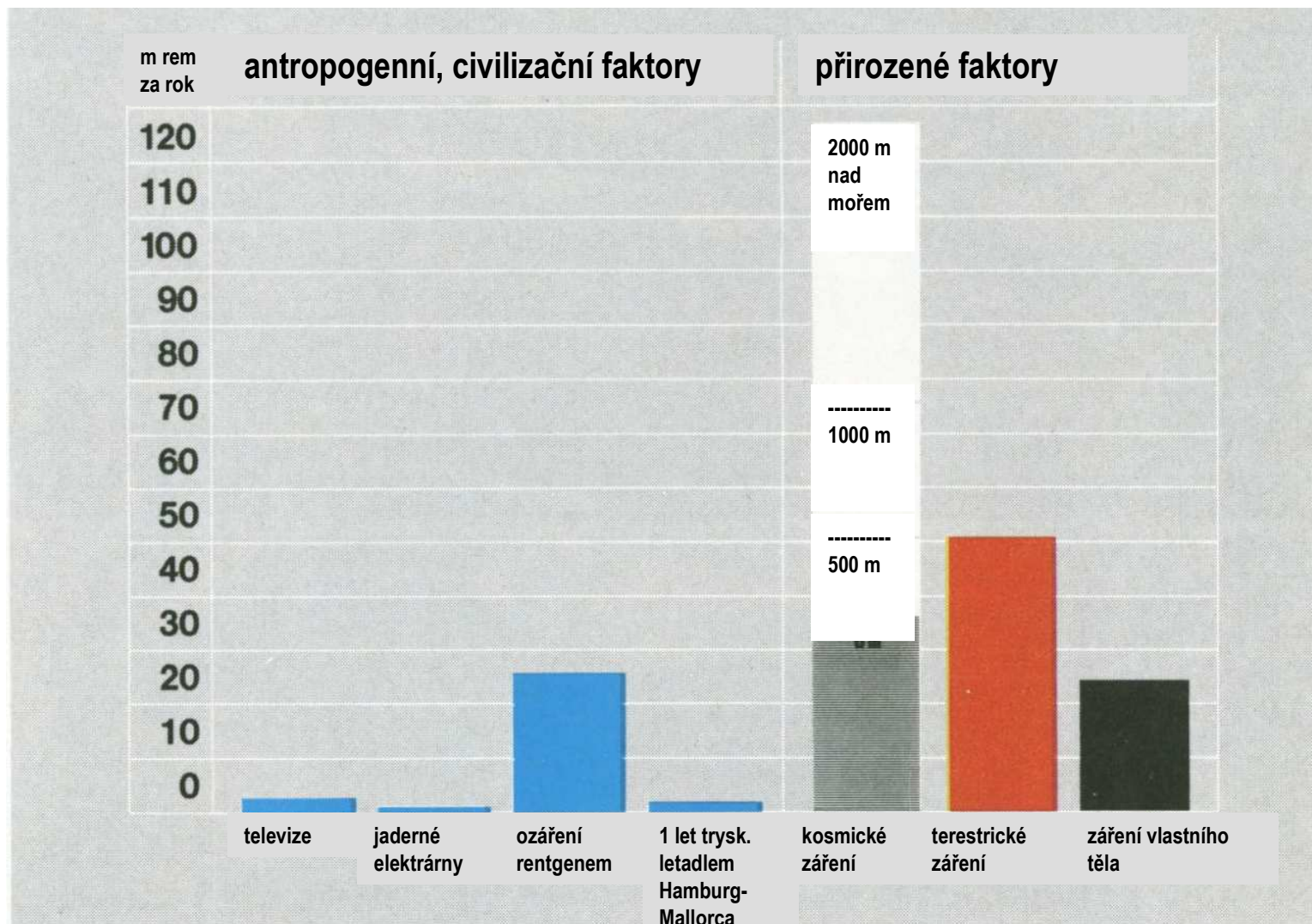
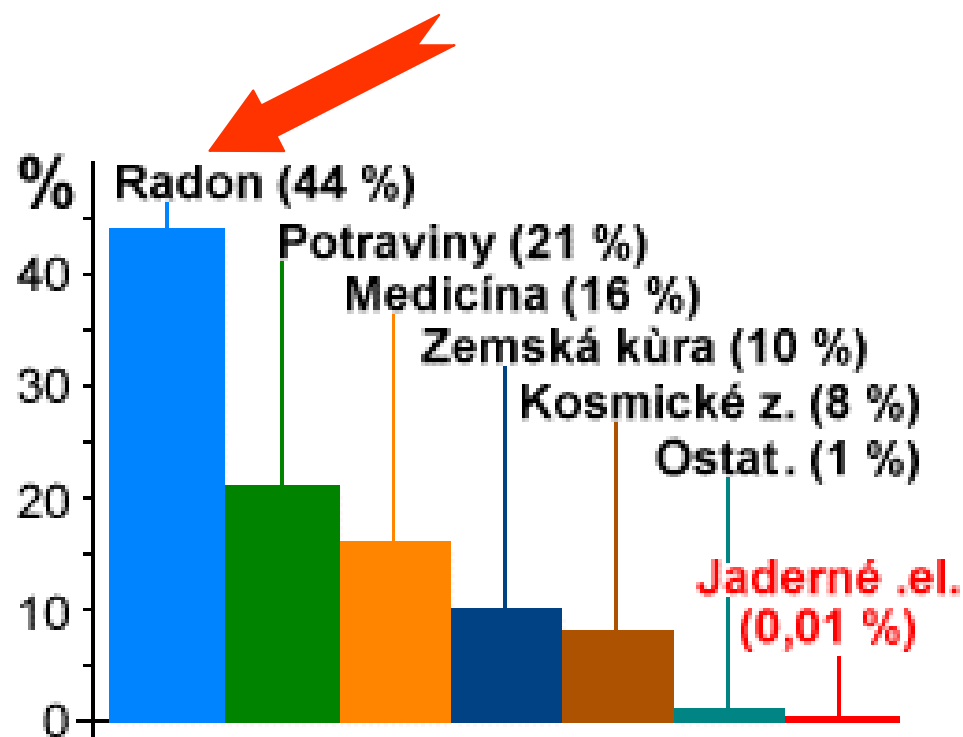


## Přirozené a antropogenní riziko radioaktivního ozáření



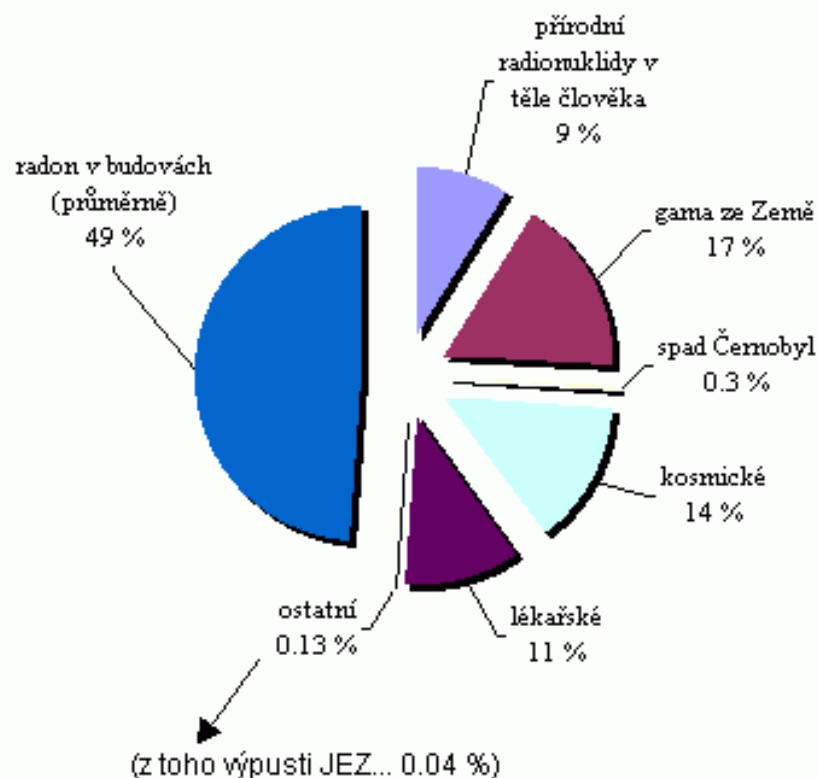
**Roční průměrná dávka ozáření celého těla v Německu**

## Přirozené a antropogenní riziko radioaktivního ozáření



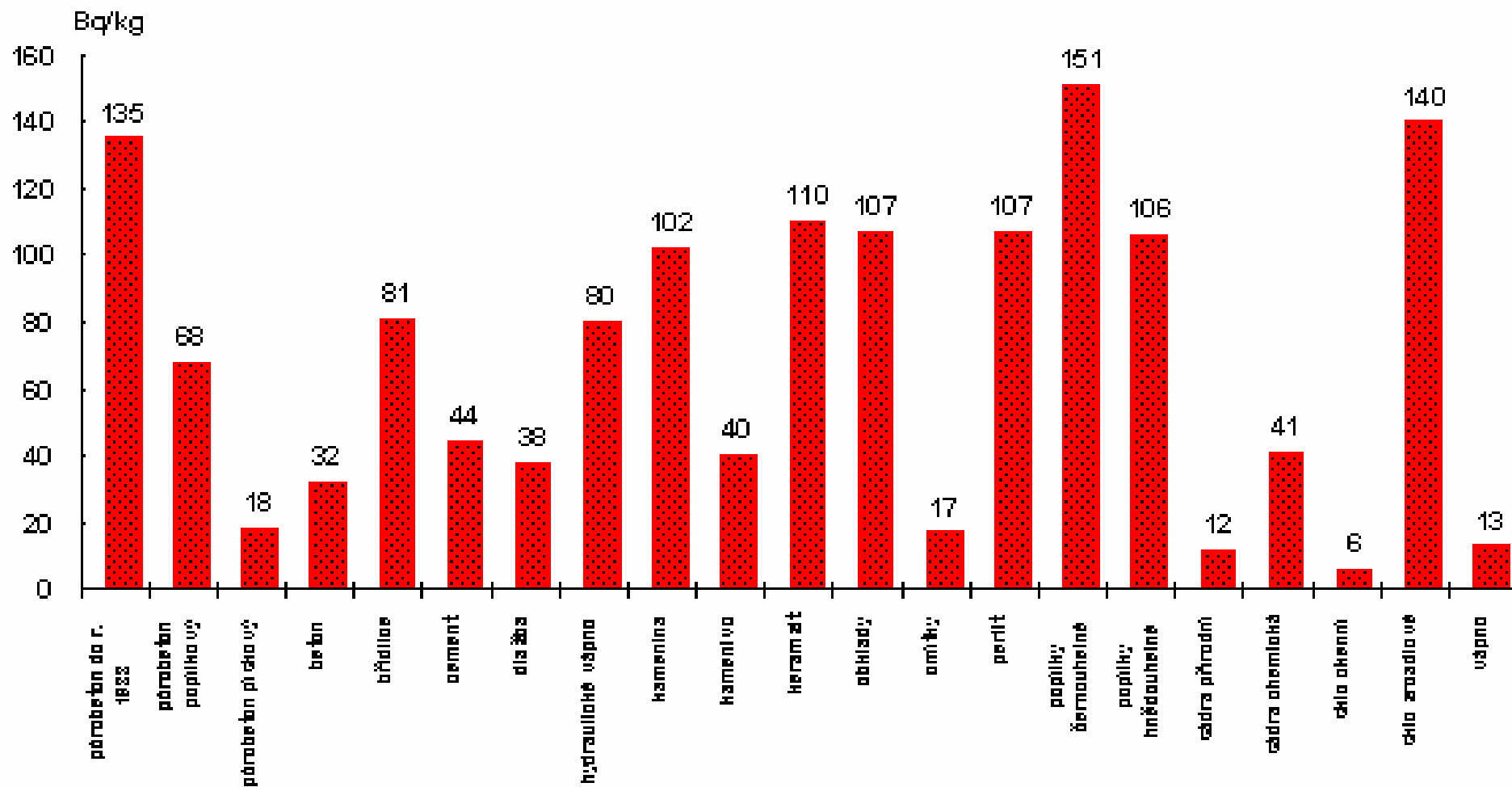
Podíl jednotlivých faktorů na celkovém ozáření  
- údaje pro ČR (?)

### Rozdělení dávek obyvatelstvu

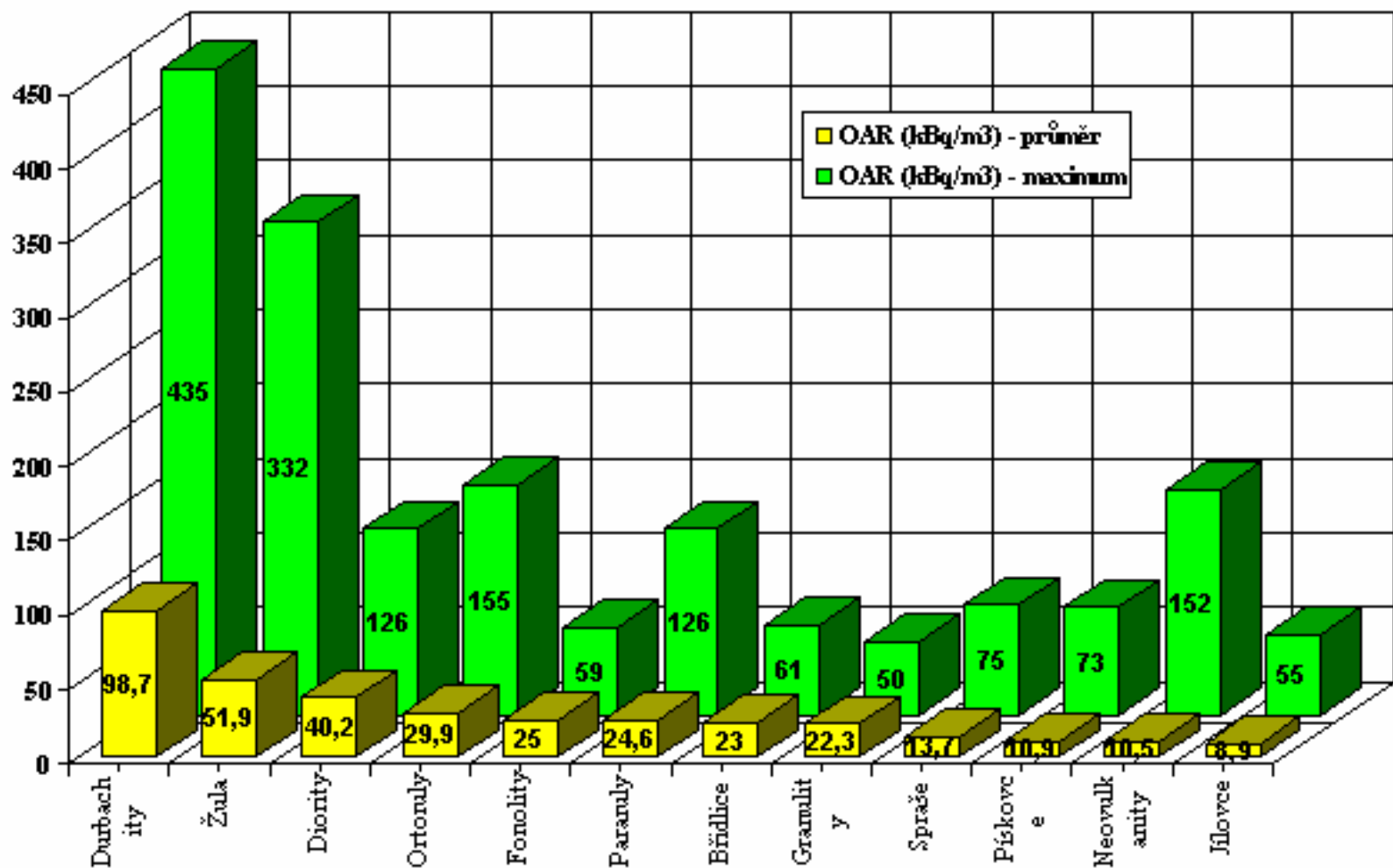


Údaje pro ČR (zdroj: Státní ústav radiační ochrany)

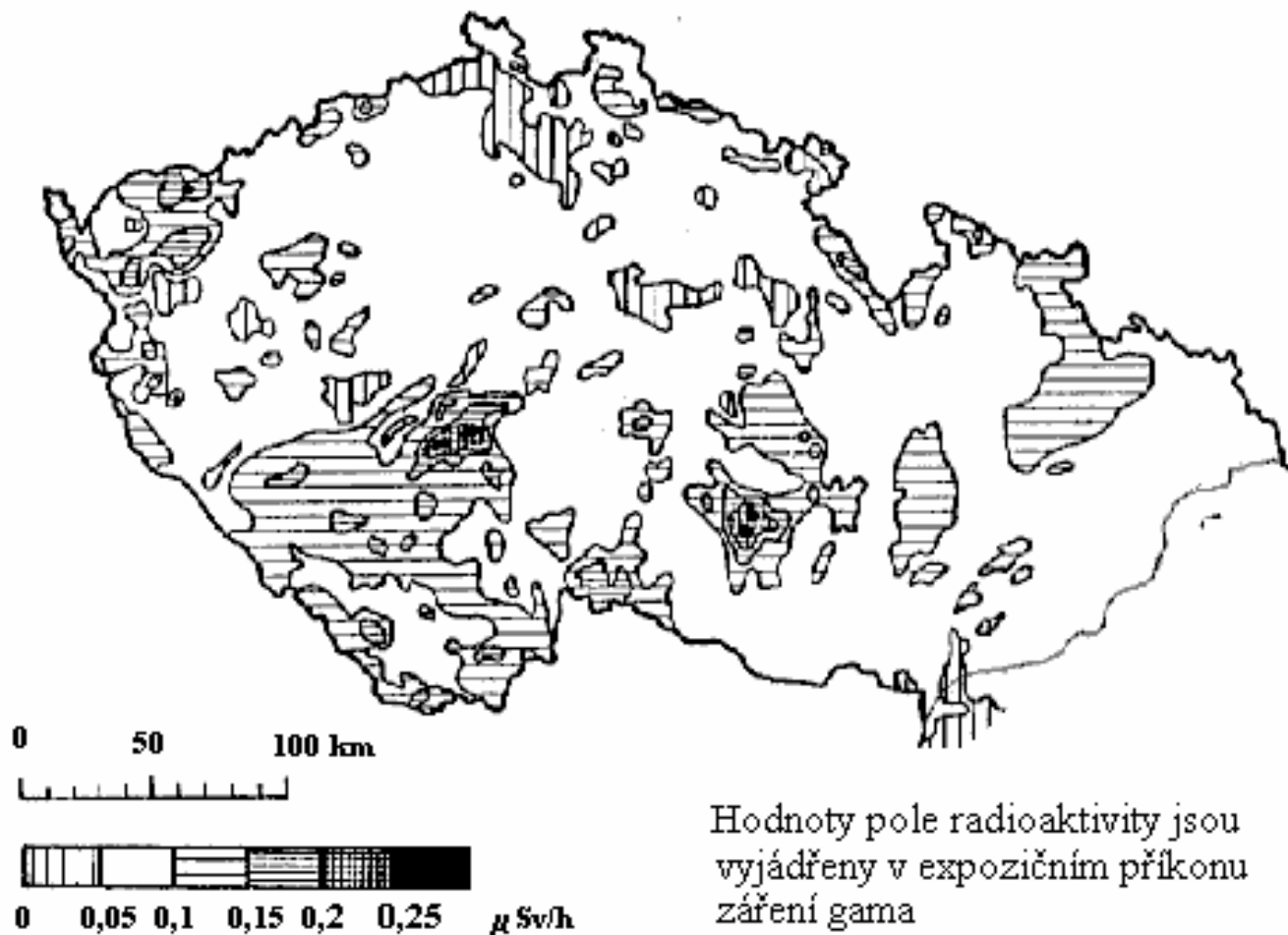
## Radioaktivita stavebních materiálů v ČR



## Radioaktivita hornin v ČR



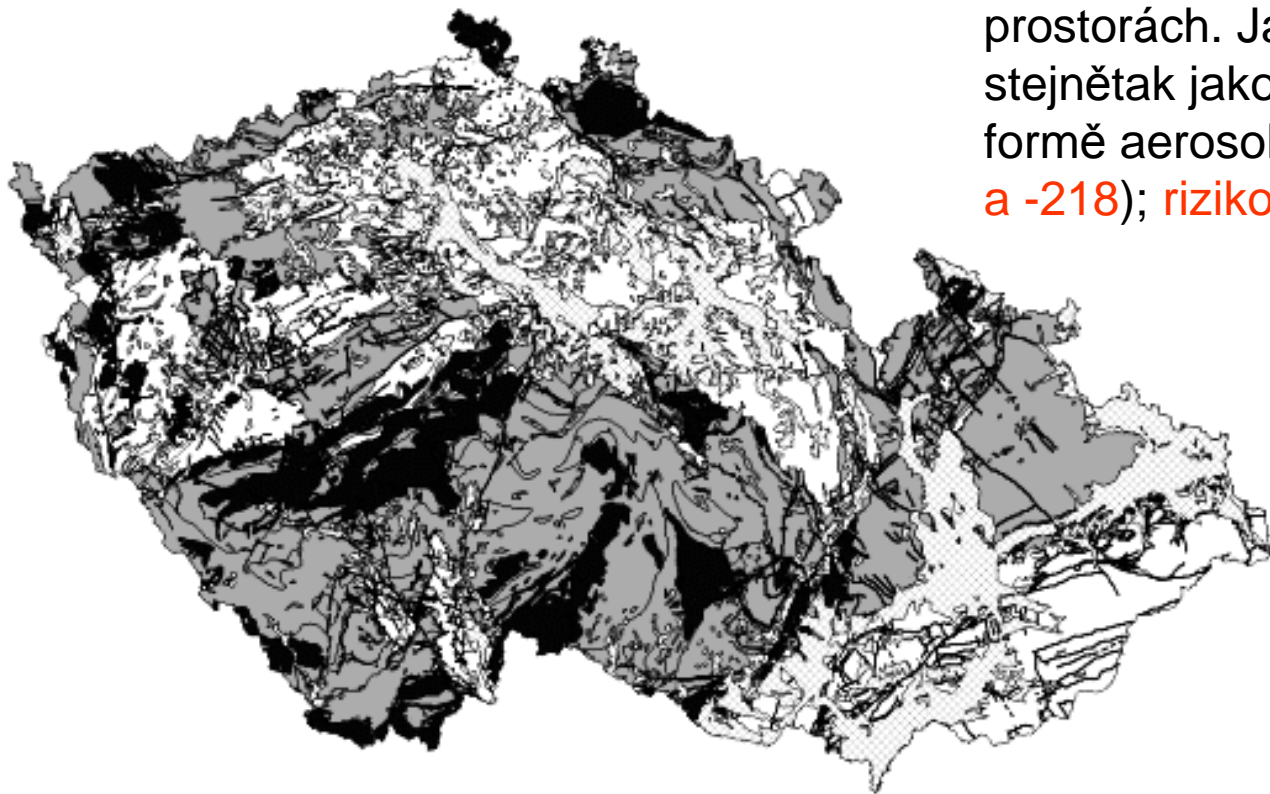
## Radioaktivita hornin v ČR



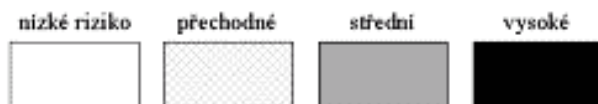
## Výskyt radonu v ČR

**Radon** vzniká jako produkt rozpadu radia, thoria a uranu, jedná se o vzácný plyn (radioaktivní, bezbarvý).

Stoupá z podloží do budov, vyšší koncentrace v špatně větraných prostorách. Jako plyn je vdechován, stejnětak jako **produkty jeho rozpadu** ve formě aerosolů (především **polonium-214 a -218**); **riziko vzniku rakoviny plic!**



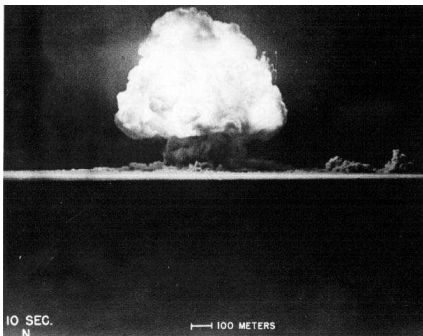
Převažující kategorie radonového rizika z geologického podloží



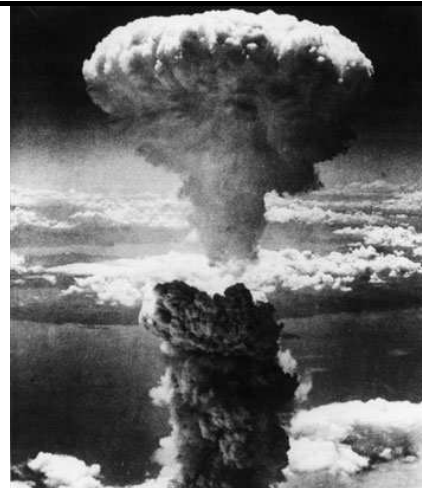


## J. Schlaghamerský: Ochrana životního prostředí – radioaktivita a jaderná energie

**Nasazení, resp. testování  
jaderných zbraní zatížilo  
biosféru radioaktivními isotopy**



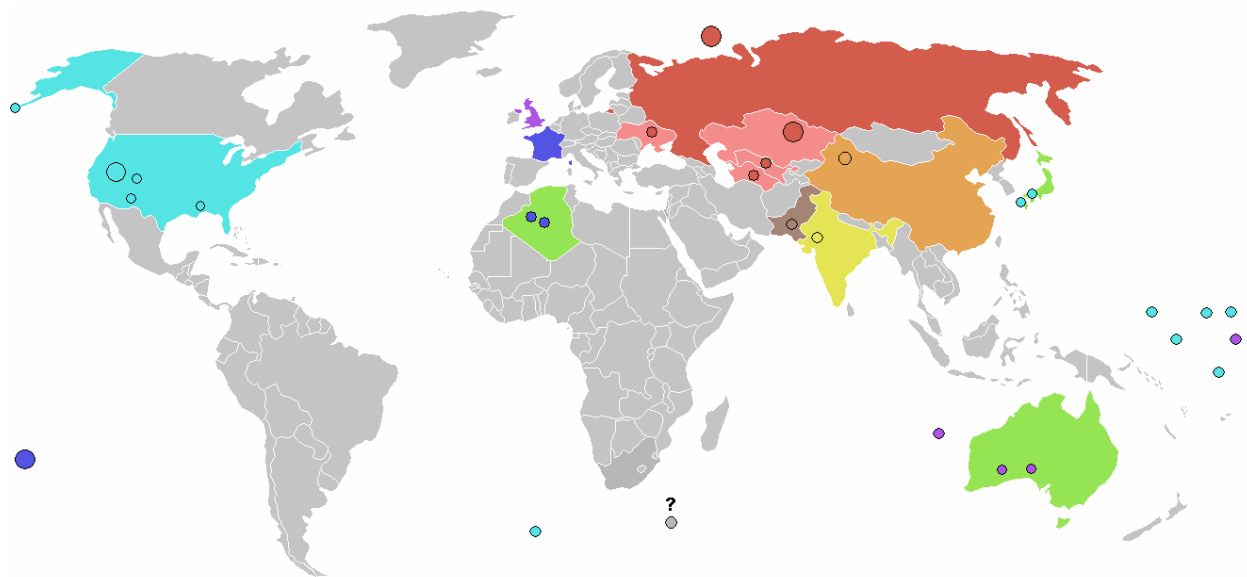
„Trinity“ (Alamagordo,  
New Mexico, 16. 7. 1945)



Nagasaki (Japonsko,  
9. 8. 1945)



Nevada Test Site, USA



**Místa testování jaderných zbraní (kolečka) a zúčastněné státy (barva  
zodpovědného státu totožná s kolečkem, státy na jejichž území byl  
proveden jaderný test jinou mocností zelené, bývalé součásti SSSR růžové)**



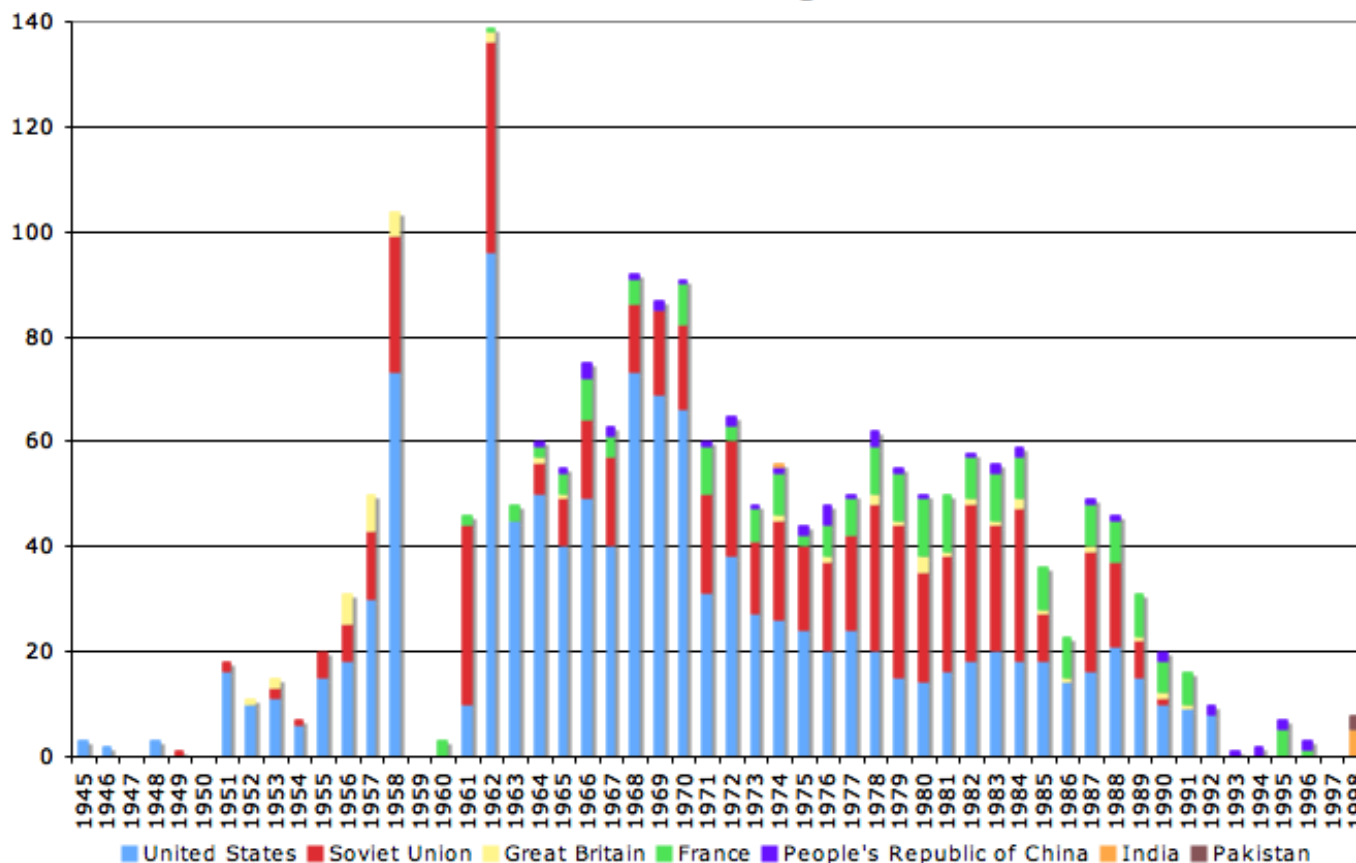
„King“ (Eniwetok Atoll,  
Tichomoří, 15. 11. 1952)

## J. Schlaghamerský: Ochrana životního prostředí – radioaktivita a jaderná energie

### Testy jaderných zbraní:

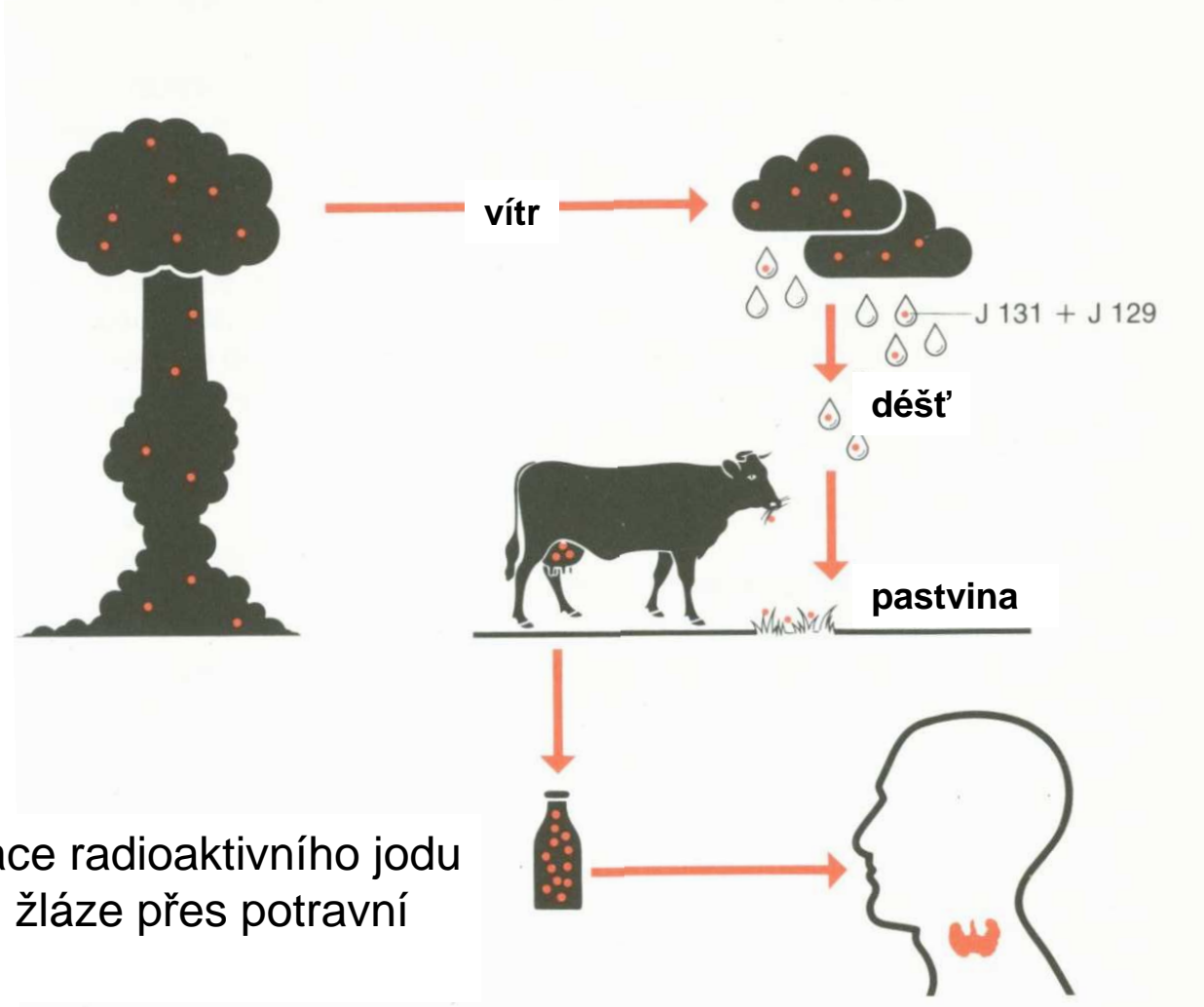
Od 2. světové války (první test „Trinity“, nasazení proti Japonsku (Hirošima, Nagasaki) řada testů. 1963 smlouva o zákazu jiných než podzemních testů (nepodepsala Francie ani Čína, prováděli testy v atmosféře do r. 1974, resp. 1980), v r. 1992 moratorium na testy jad. zbraní (USA, Rusko, Velká Británie, Francie), od té doby marné snahy o totální zákaz, od r. 1995 opět testuje Francie, stále testuje Čína, jednotlivé testy i Indie a Pakistan. Odhaduje se, že v tyto testy (hlavně nadzemní) rozptýlili v atmosféře cca. 3,8 tis. kg Plutonia.

**Worldwide nuclear testing, 1945-1998**





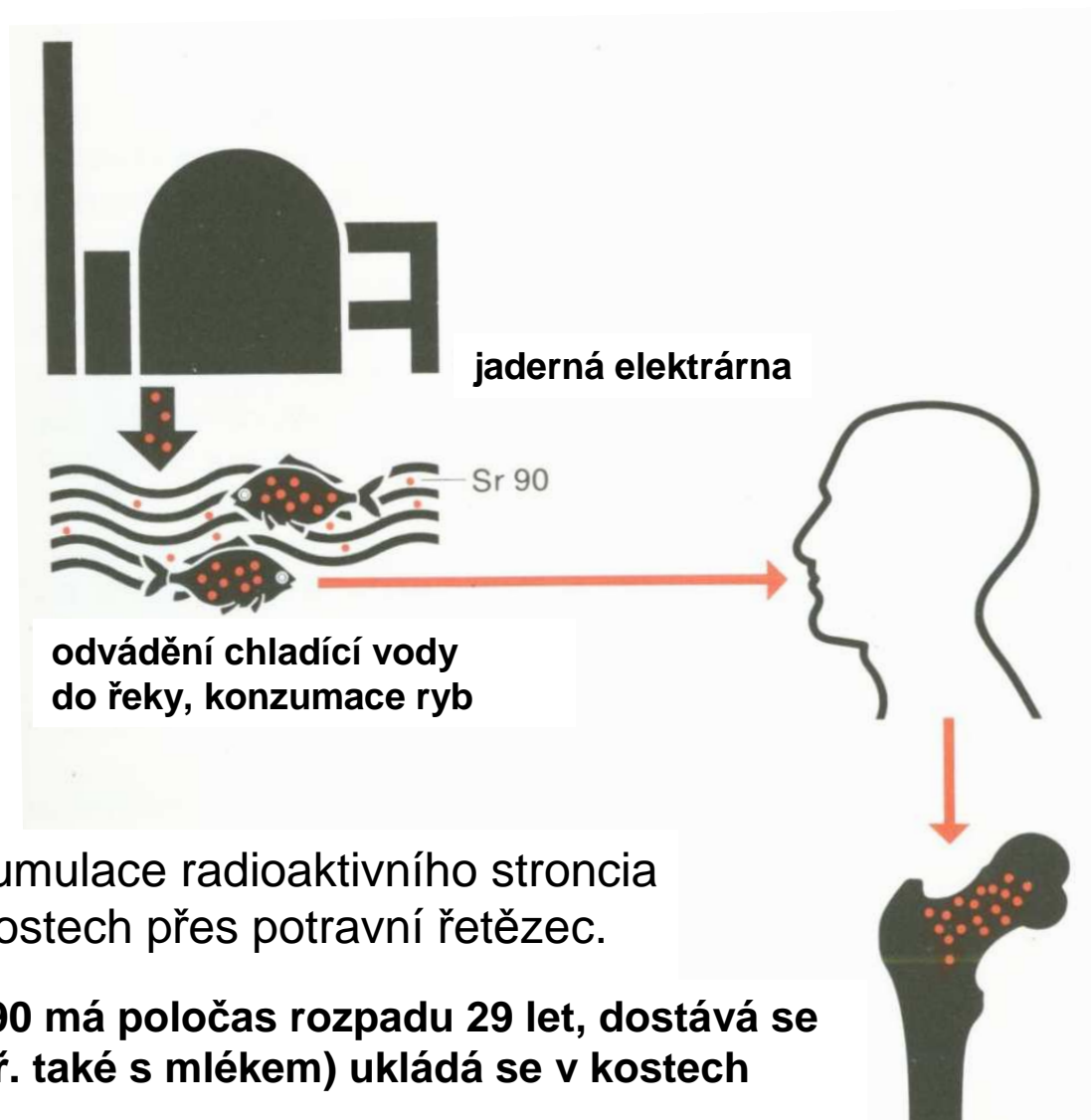
**Vliv radioaktivního spadu v důsledku výbuchu jaderné pumpy nebo havárie jaderného zařízení (spad obsahuje i další radioaktivní isotopy jako Sr 90, Cs 137):**



Akumulace radioaktivního jodu ve štítné žláze přes potravní řetězec.

Radioaktivní isotop J 131 má poločas rozpadu 28 dní, vyzařuje částice beta (elektrony)!

**Vliv úniku radioaktivních izotopů z jaderné elektrárny (např. Sr 90):**



Akumulace radioaktivního stroncia v kostech přes potravní řetězec.

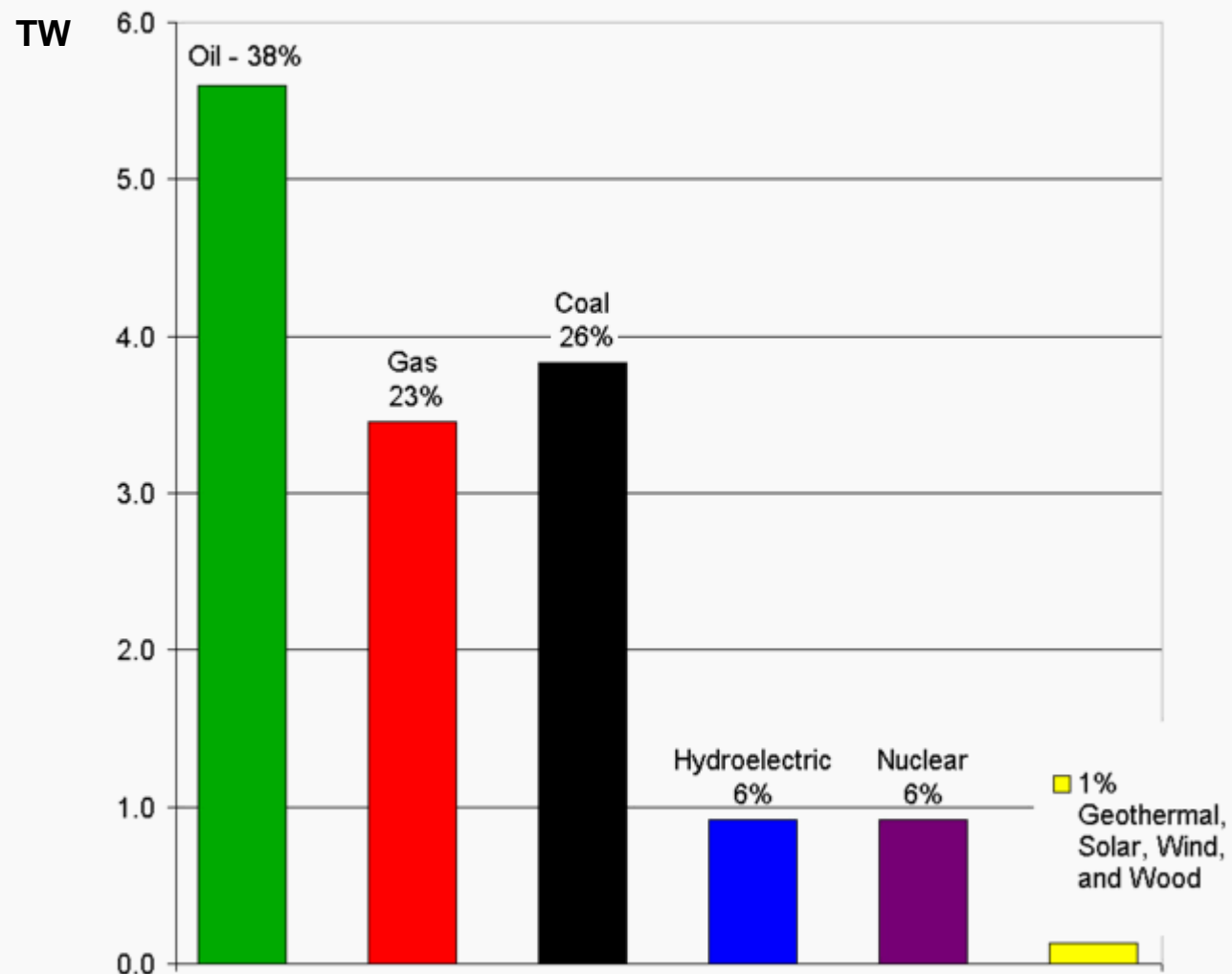
Radioaktivní izotop Sr 90 má poločas rozpadu 29 let, dostává se do těla s potravou (např. také s mlékem) ukládá se v kostech místo vápníku.

## Jaderná energie



**Jaderná elektrárna**

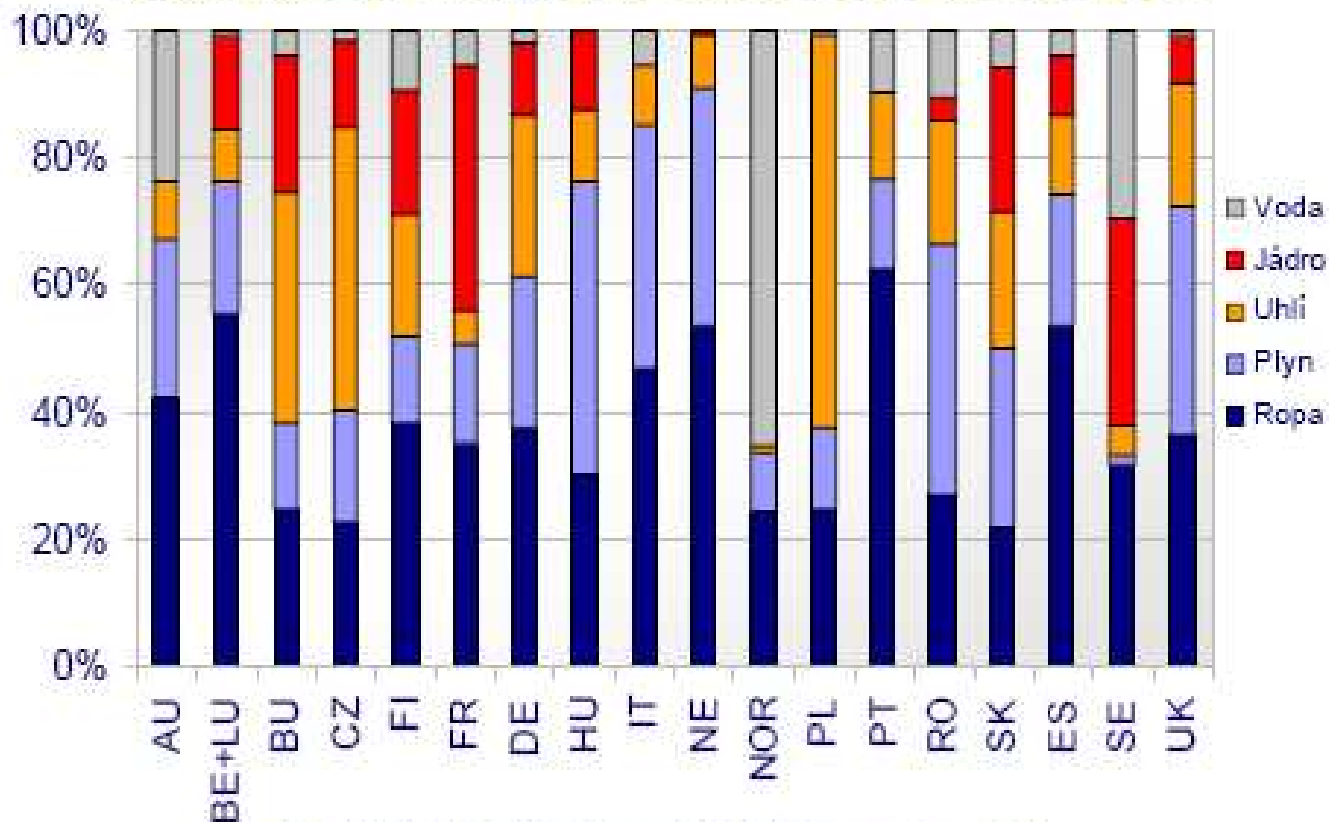
## Jaderná energie



**Podíl hlavních zdrojů energie na celkové světové spotřebě energie (na ose Y v TW) v r. 2004 (odhad Energy Information Administration, USA, z r. 2006)**

## Jaderná energie

Podíl zdrojů energie na celkové spotřebě 2006 ve vybraných evropských zemích



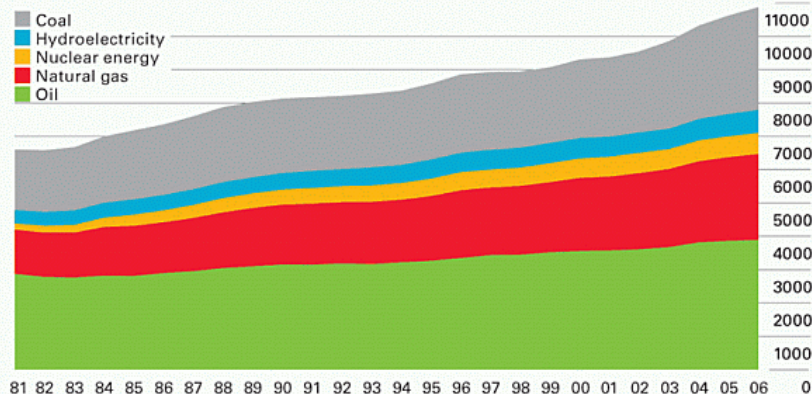
Zdroj: BP Statistical Review of World Energy June 2007



## Jaderná energie

### World primary energy consumption -světová spotřeba energie podle zdroje (1981-2006)

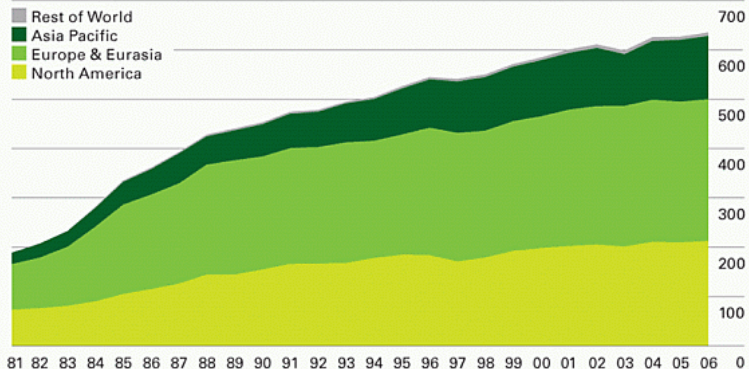
World consumption  
Million tonnes oil equivalent



World primary energy consumption grew more slowly in 2006 but growth remained just above the 10-year average. Oil was the slowest-growing fuel, while coal was the fastest-growing. Although oil remains the world's leading energy source, it has lost market share to coal and natural gas in the past decade.

### Nuclear energy consumption by area -spotřeba jaderné energie podle regionu (1981-2006)

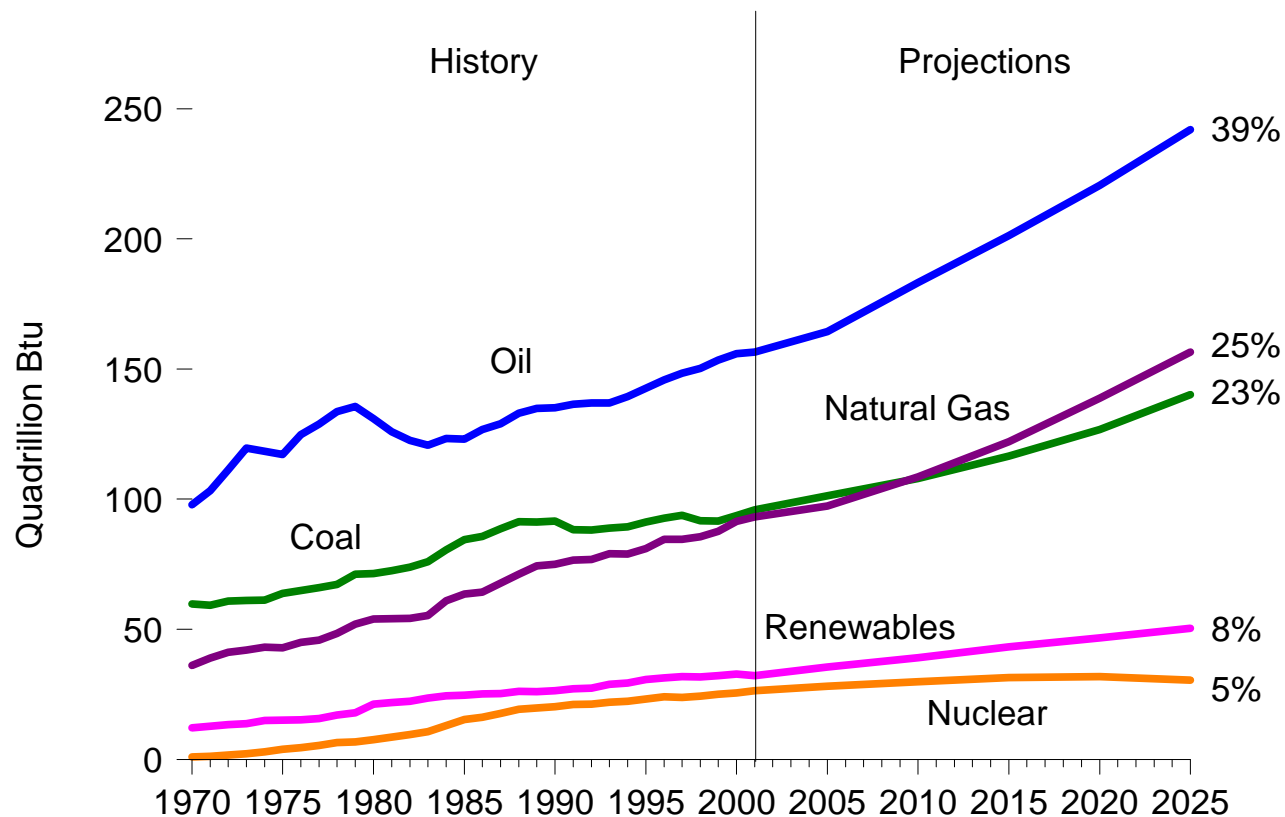
Consumption by area  
Million tonnes oil equivalent



Global nuclear power generation rose by 1.4% in 2006. Output rose in all regions with nuclear power, except Africa.



## Jaderná energie



**Vývoj světové spotřeby energie podle zdroje od r. 1970 (do roku 2001 skutečná čísla dále do r. 2025 prognóza)**

**Zdroj:** Energy Information Administration (USA), *International Energy Outlook 2004*

## J. Schlaghamerský: Ochrana životního prostředí – radioaktivita a jaderná energie

Jaderná energetika – argumenty pro a proti

Pro:

- jistota dlouhodobého zásobování energií (v případě ČR nezávisle na importu paliva)
- rostoucí světová spotřeba energie
- nižší cena (náklady) – **toto tvrzení mnohých zastánců jad. energie je velmi sporné!**
- zajištění světového hospodářského růstu
- náhrada za fosilní paliva (vyčerpatelná)
- **snížení skleníkového efektu**

Proti:

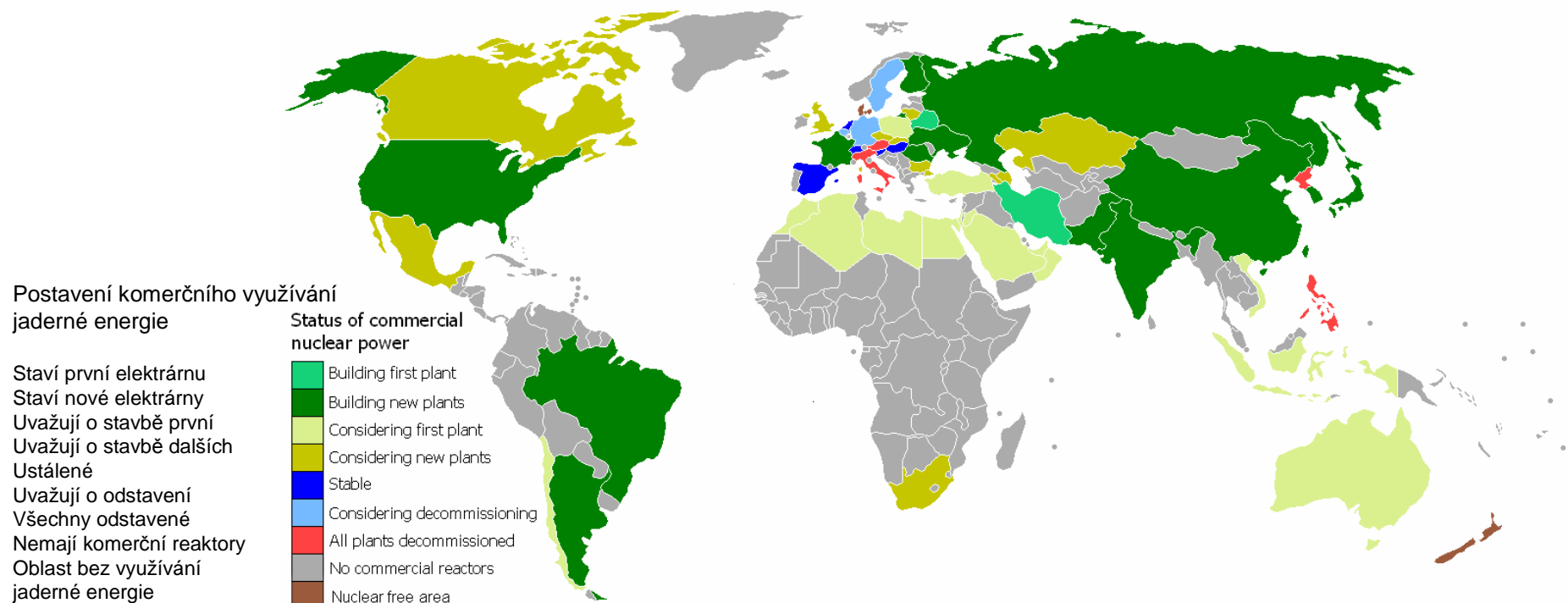
- zvýšená zátěž populace radioaktivním zářením
- zvýšená teplota okolního prostředí (mesoklima)
- **riziko havárie reaktoru**
- nejistota při zásobování jaderným palivem
- **problém zneškodnění jaderného odpadu**
- problém znehodnocení prostředí těžbou uranu vč. ekotoxikologických a zdravotních rizik

# J. Schlaghamerský: Ochrana životního prostředí – radioaktivita a jaderná energie

## Využívání jaderné elektřiny ve světě: 31 států (tmavě zelené)

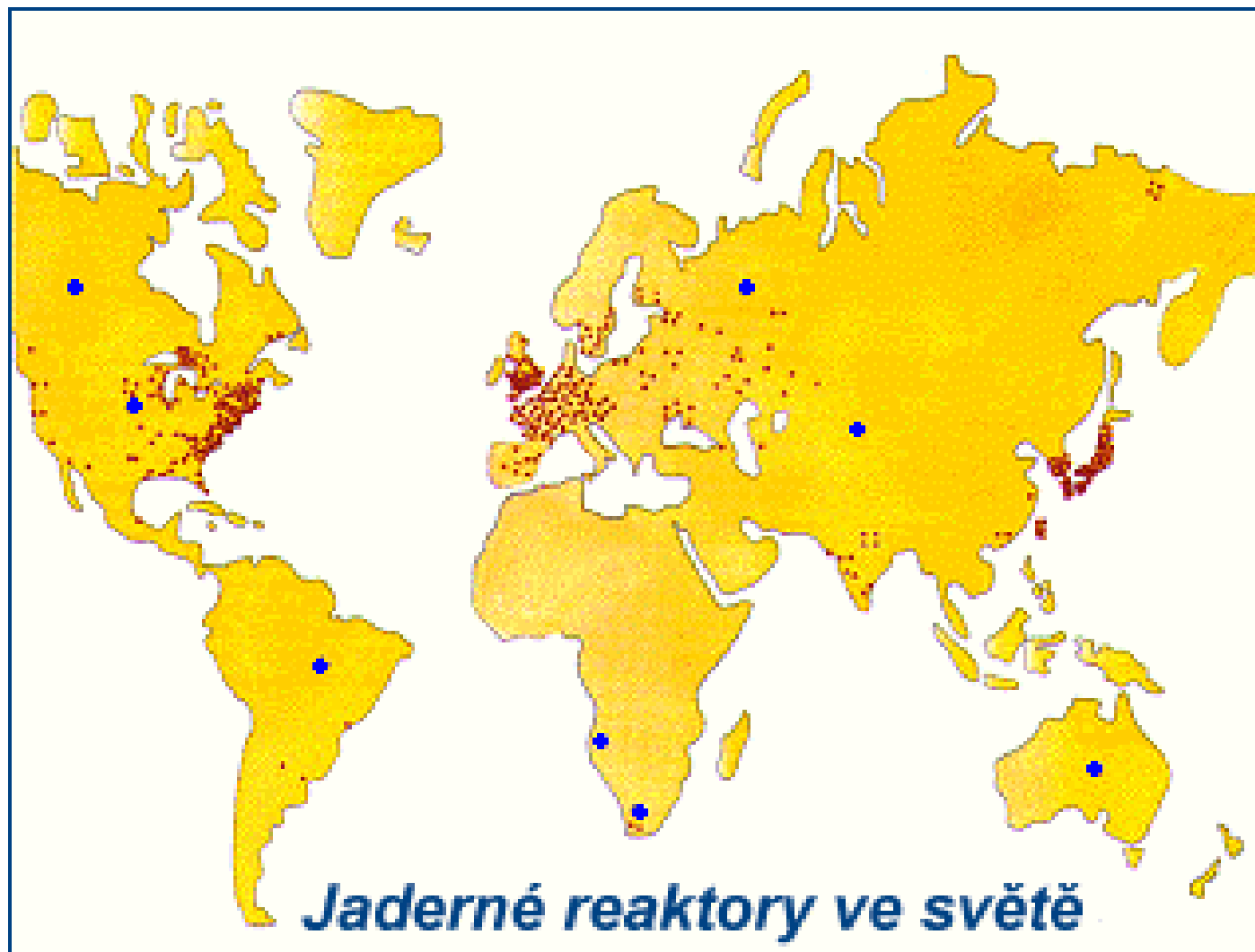


## Jaderná energie



**Postavení komerčního, mírového využívání jaderné energie v jednotlivých státech světa**

## Jaderné elektrárny



# J. Schlaghamerský: Ochrana životního prostředí – radioaktivita a jaderná energie

## Využívání jaderné elektřiny v Evropě

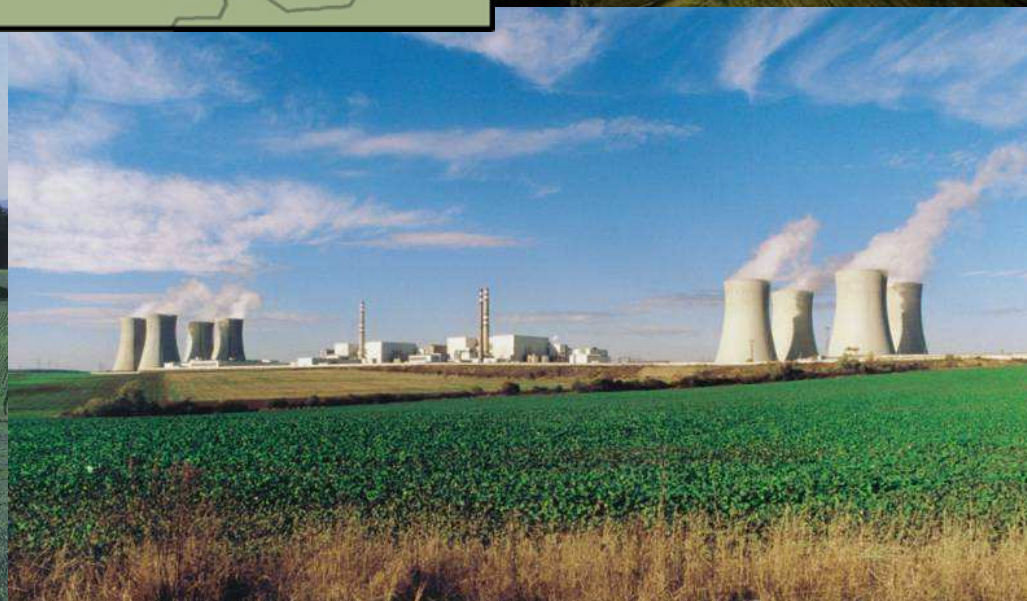
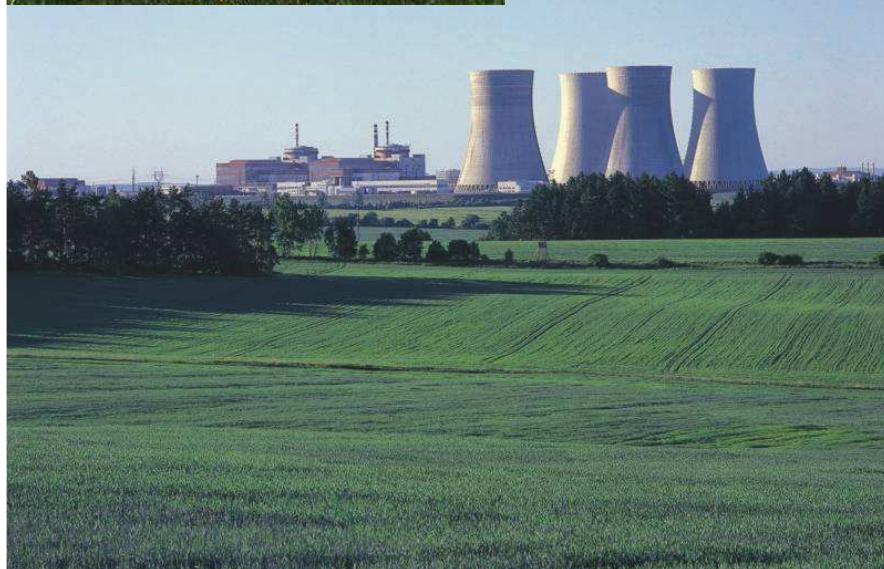
(stav k 31. 12. 2006; v tabulce státy (německy) vlevo, počet jad. bloků uprostřed, výkon v MWatt vpravo)



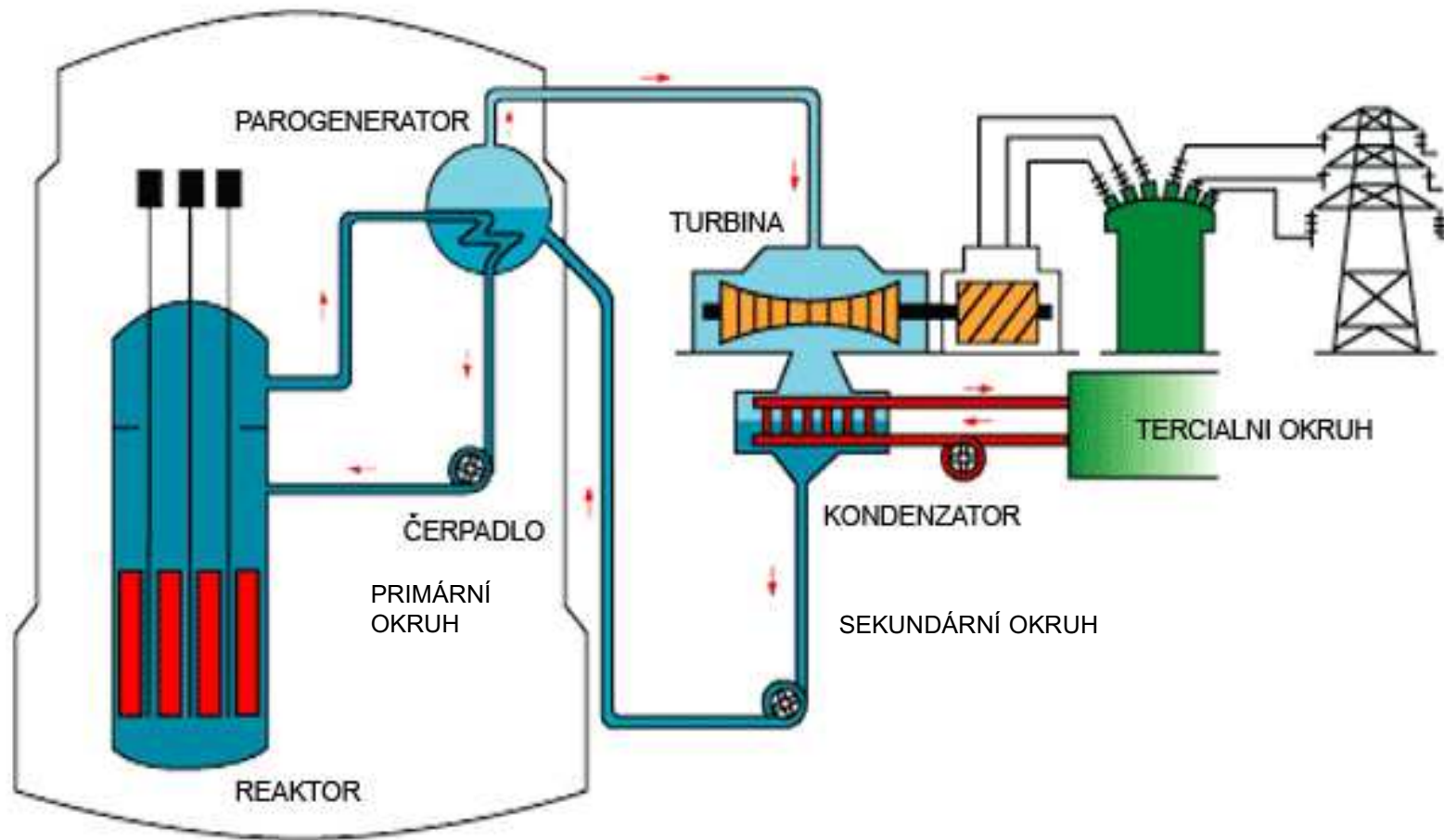


# J. Schlaghamerský: Ochrana životního prostředí – radioaktivita a jaderná energie

## Jaderné elektrárny v ČR

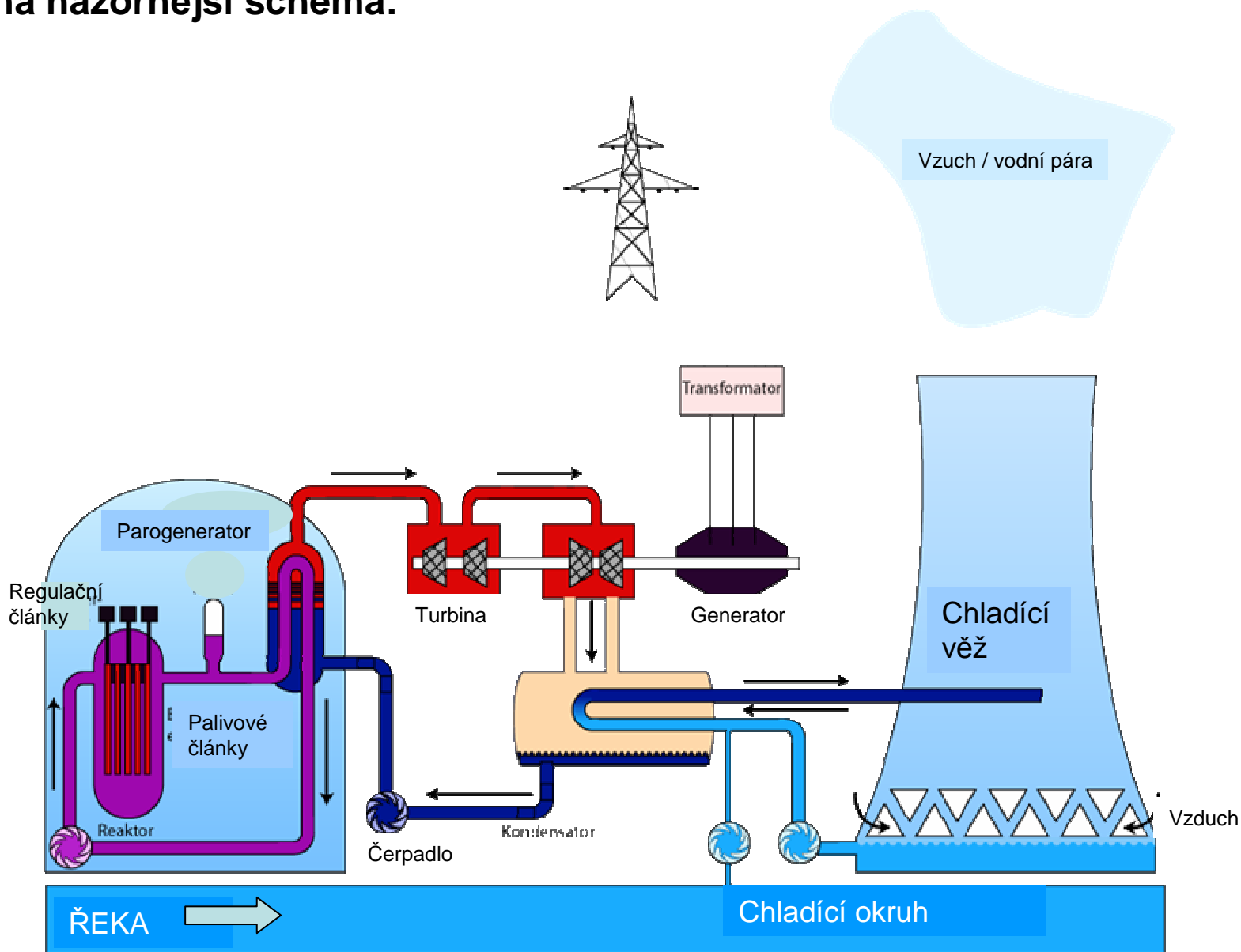


**Jaderná elektrárna typu VVVR (vodo-vodjanoj energetičeskij reaktor)  
/ PWR (Pressurized Water Reactor):  
Tepelný, tlakový reaktor, chlazený i moderovaný obyčejnou vodou  
(nejrozšířenější typ ve světě; obě jaderné elektrárny v ČR)**

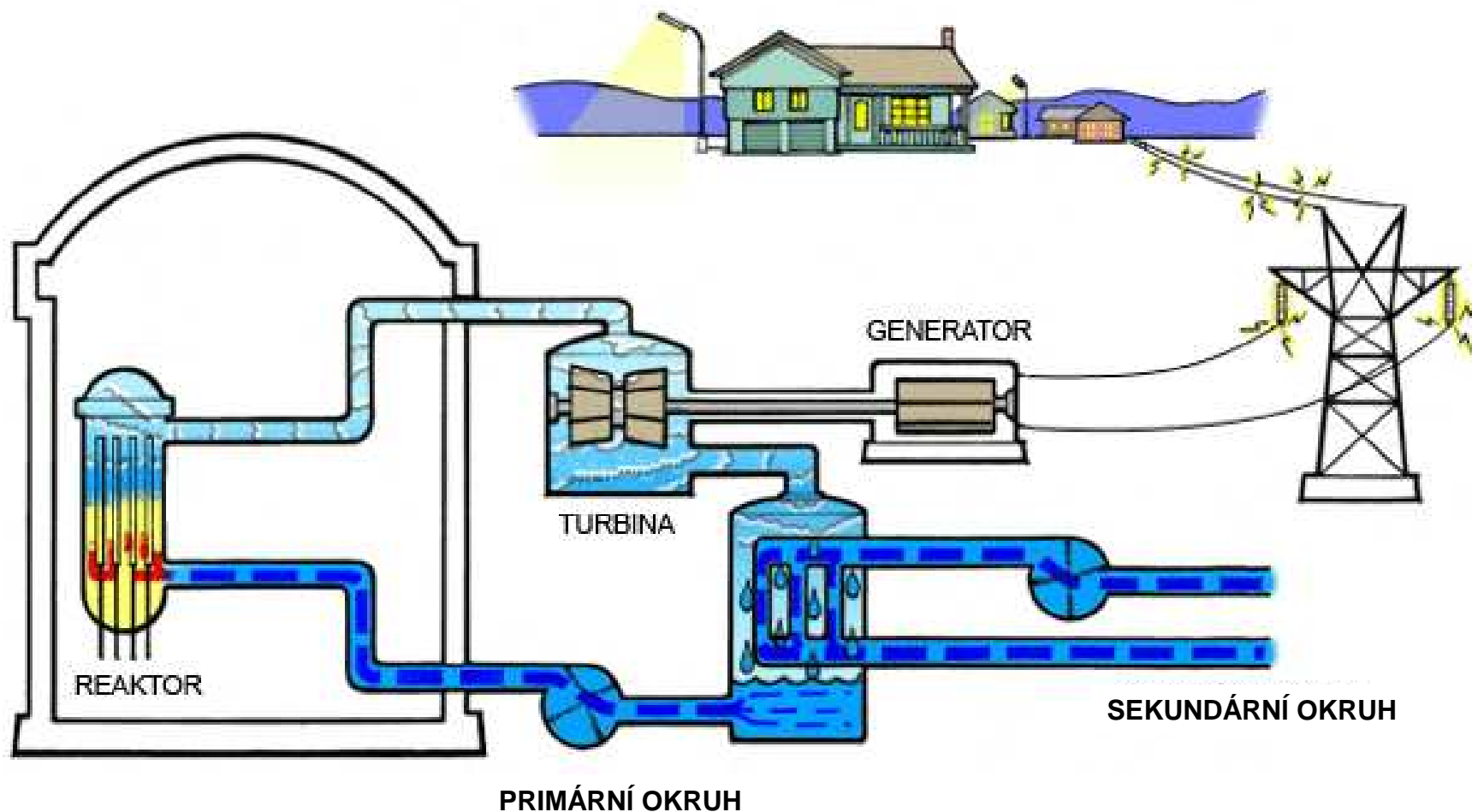


## J. Schlaghamerský: Ochrana životního prostředí – radioaktivita a jaderná energie

Tepelný, tlakový reaktor, chlazený i moderovaný obyčejnou vodou  
- jiné, možná názornější schema:



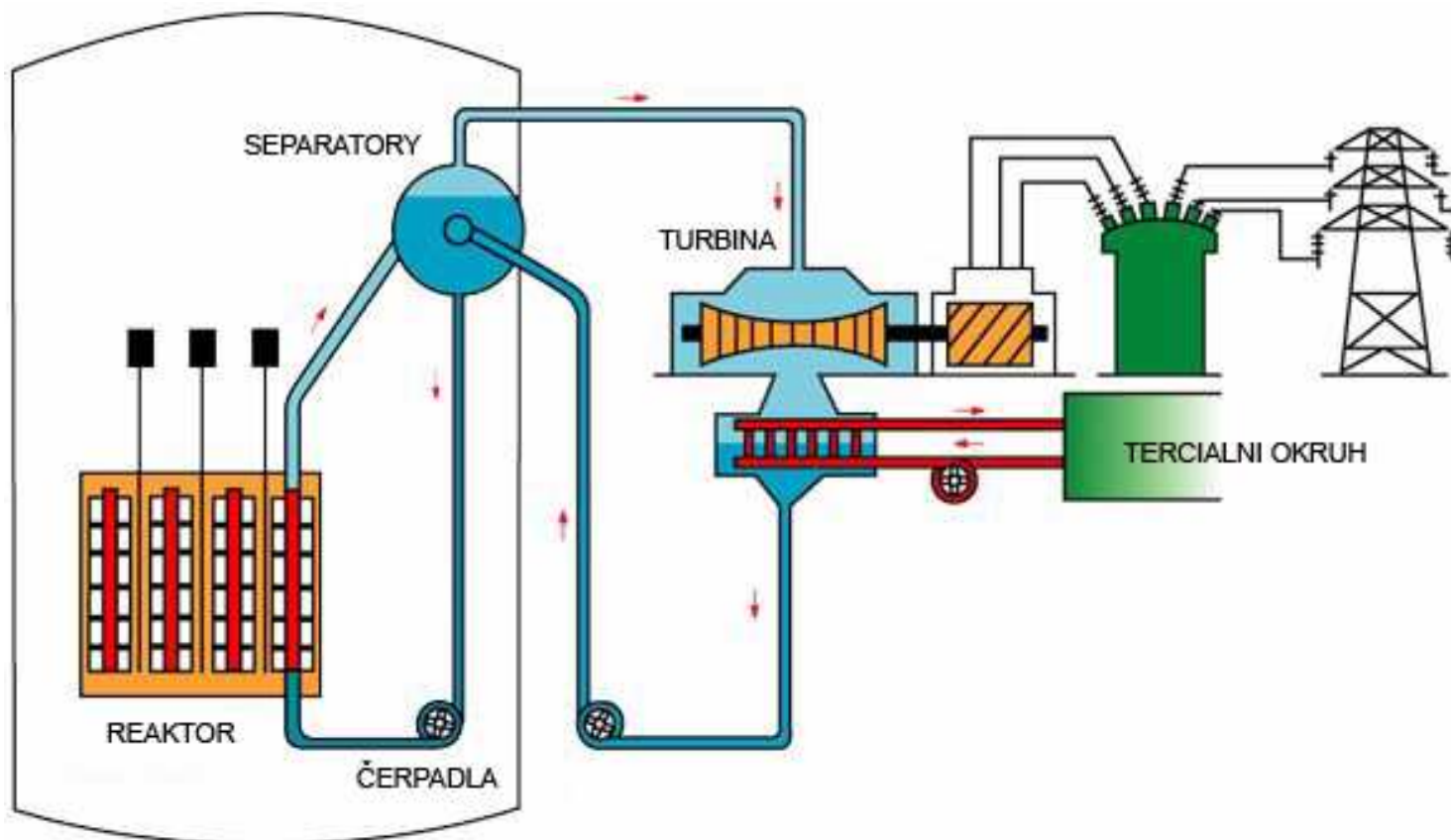
**Jaderná elektrárna typu BWR (boiling water reactor): tepelný, varný reaktor chlazený obyčejnou vodou (druhý nejrozšířenější typ ve světě)**





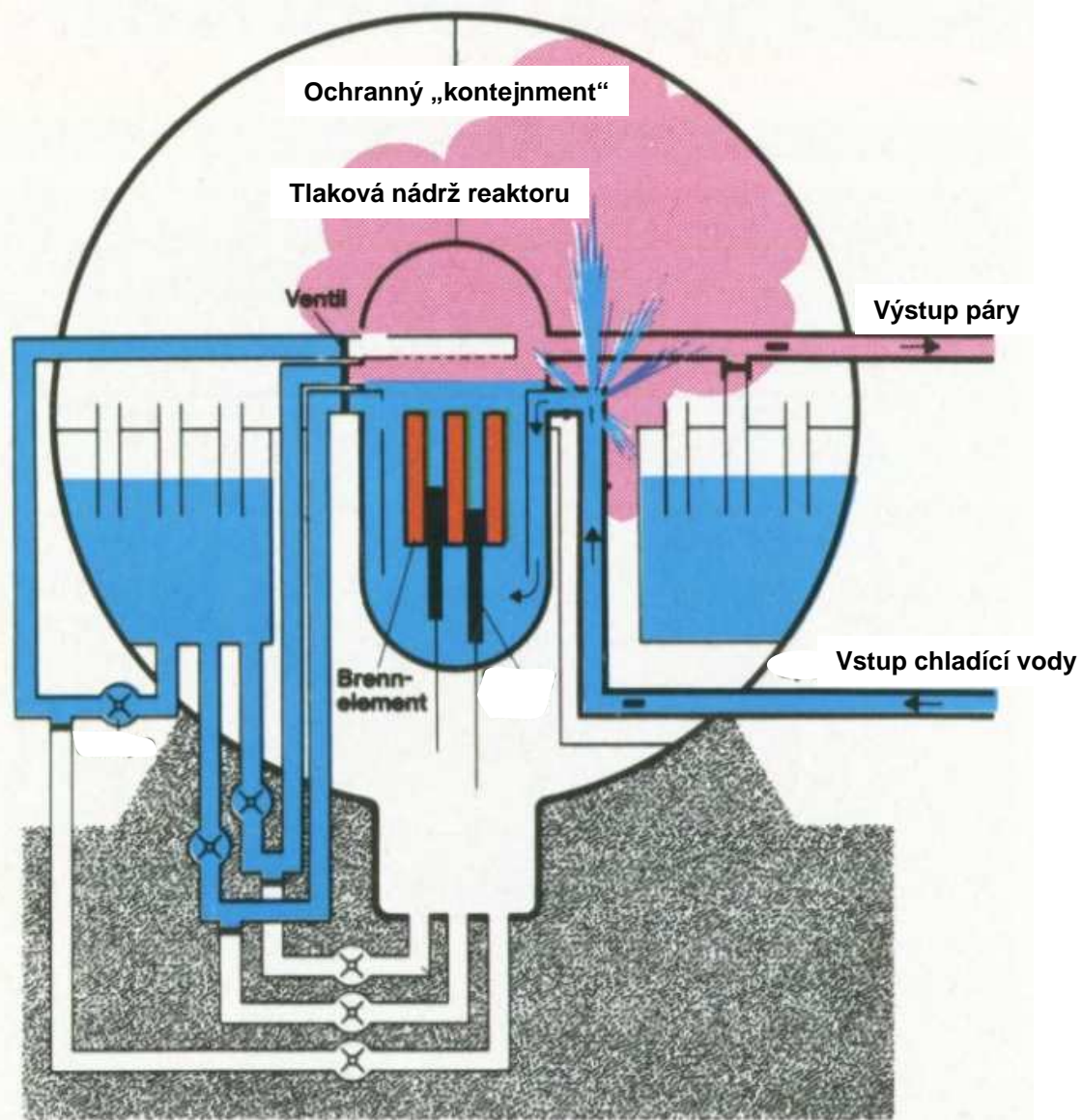
## J. Schlaghamerský: Ochrana životního prostředí – radioaktivita a jaderná energie

**Jaderná elektrárna typu RBMK ((Reaktor bolšoj moščnosti kanalnyj):  
tepelný, obyčejnou vodou chlazený, grafitem moderovaný reaktor  
„velkých výkonů“ (jako v Černobylu; dnes v provozu pouze několik)**



**Průběh havárie jad. elektrárny  
(příklad):**

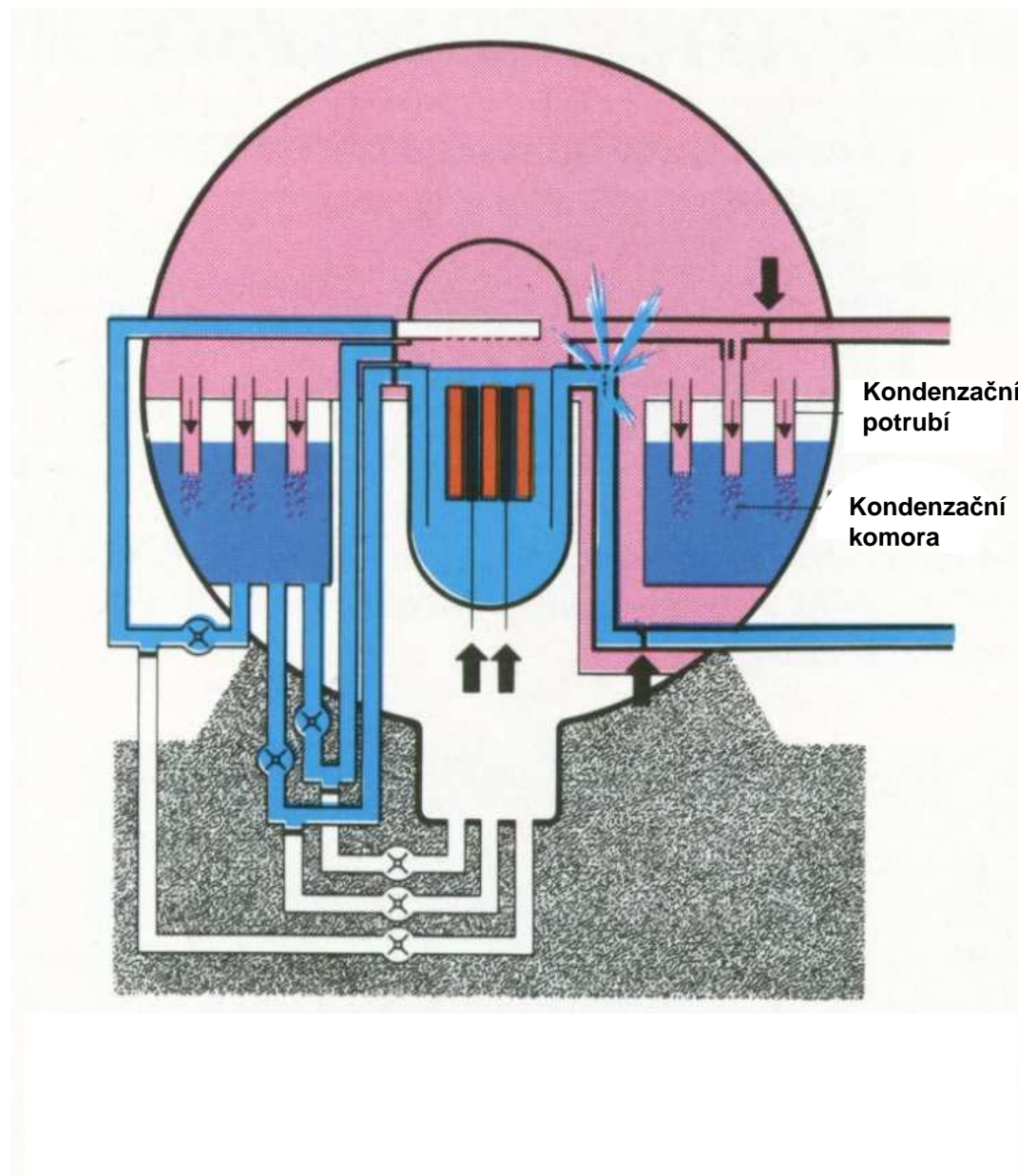
**1) prasknutí potrubí přivádějící  
vodu do varného reaktoru**





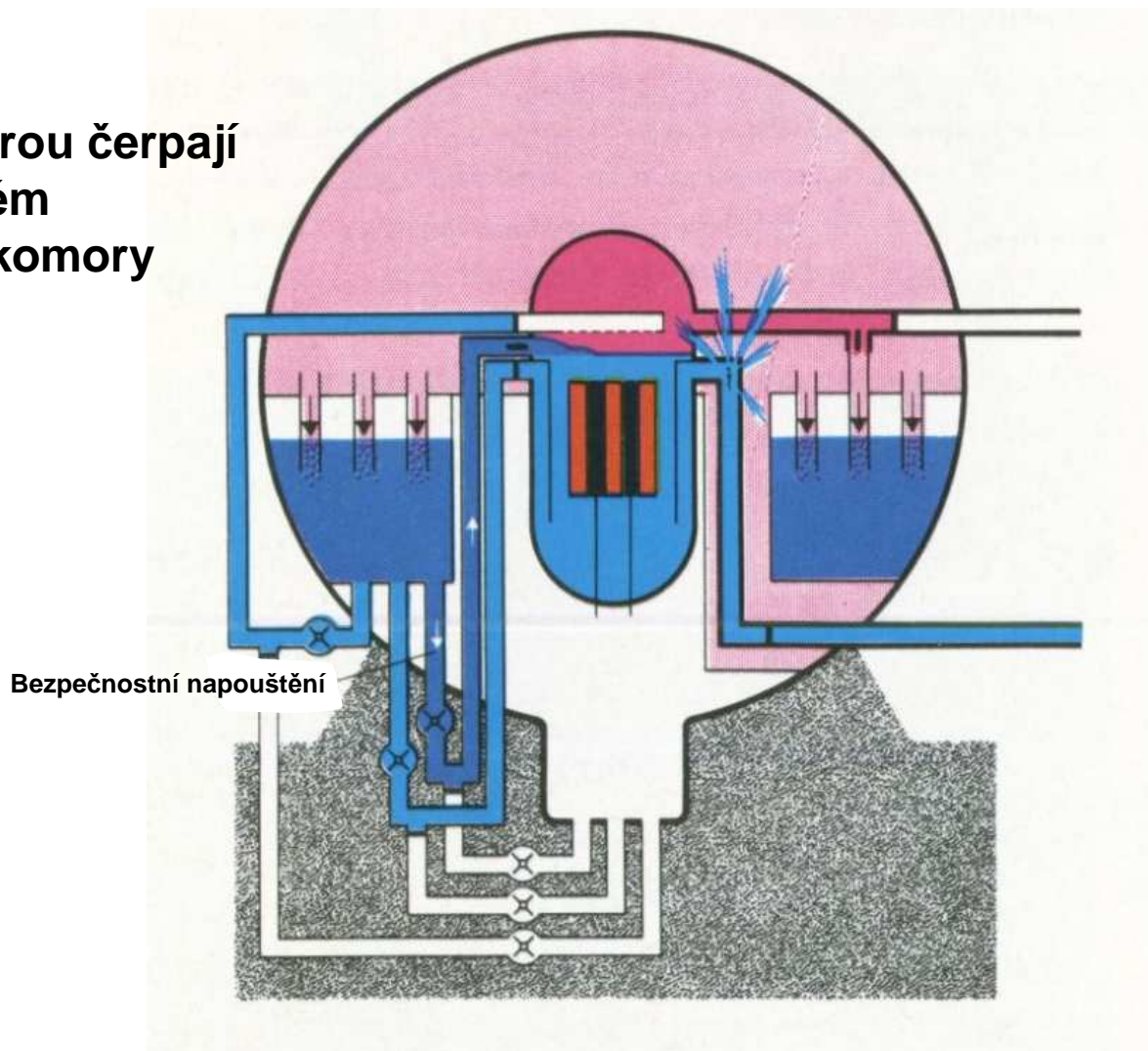
**Průběh havárie jad. elektrárny  
(příklad):**

**2) vznikající pára kondenzuje  
v kondenzační komoře**



**Průběh havárie jad. elektrárny  
(příklad):**

**3) čerpadla poháněná párou čerpají  
vodu přes nouzový systém  
napájení z kondenzační komory  
do tlakové nádoby**

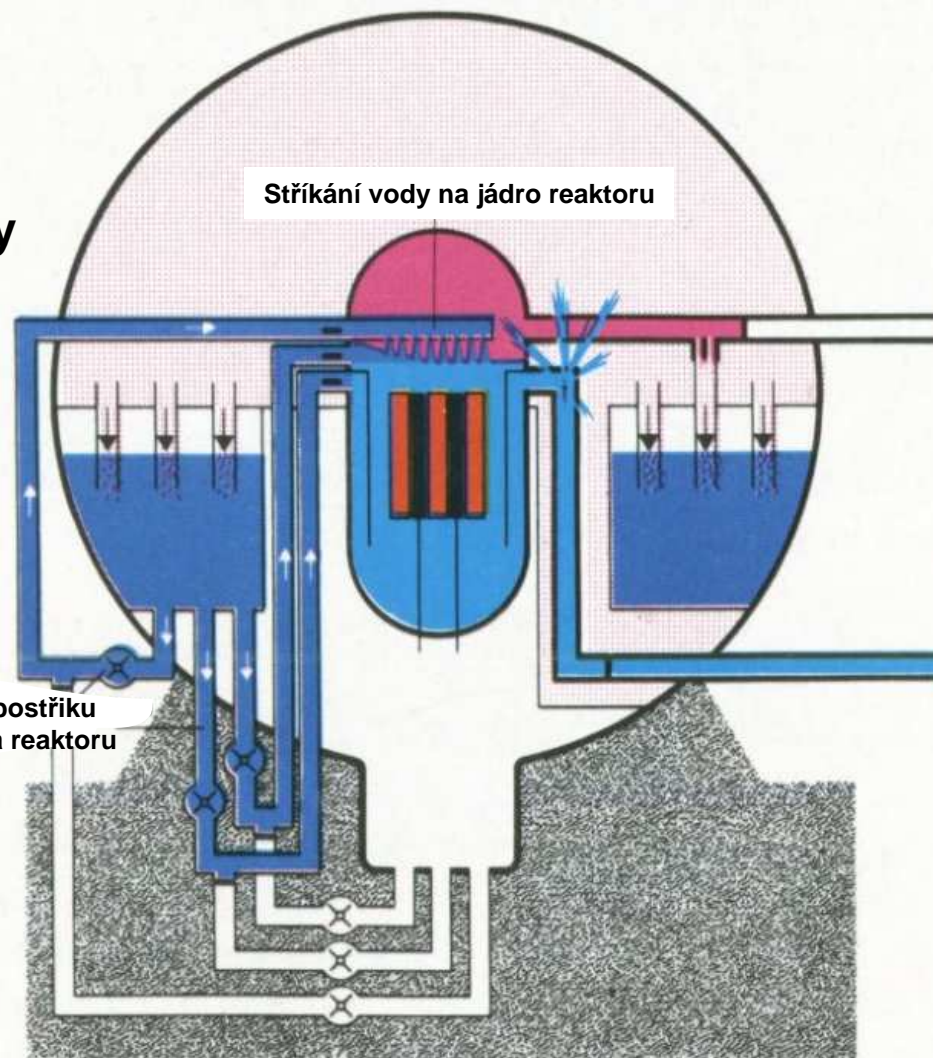


**Průběh havárie jad. elektrárny  
(příklad):**

**4.1) voda z kondenzační komory  
je stříkána na jádro reaktoru**

**4.2) voda je vedena napájecím  
vodním potrubím do tlakové  
nádoby**

Přívod vody k postříku  
Zaplavení jádra reaktoru





## J. Schlaghamerský: Ochrana životního prostředí – radioaktivita a jaderná energie

Katastrofa v Černobylu (SSSR: Ukrajina) v r. 1986



Zničený blok  
jaderné elektrárny  
krátce po havárii



„Sarkofág“ nad havarovaným reaktorem

### RADIOAKTIVNÍ SPAD V OKOLÍ ELEKTRÁRNÝ



Zatímco v Pripjati v těsné blízkosti elektrárny byly ještě v den katastrofy rozdány jódomé tabletky pomáhající proti radioaktivitě, v Bělorusku kam se smrtící mrak rozšířil, nevěděli obyvatelé vůbec nic. Dnes mnoho z nich trpí nejrůznějšími nemocemi, které s výbuchem pravěpodobně úzce souvisí. Diktátor Lukašenko se však tváří jakoby nic. V Bělorusku mají lidé méně informací než v SSSR před dvaceti lety.

## J. Schlaghamerský: Ochrana životního prostředí – radioaktivita a jaderná energie

Katastrofa v Černobylu (SSSR: Ukrajina) v r. 1986

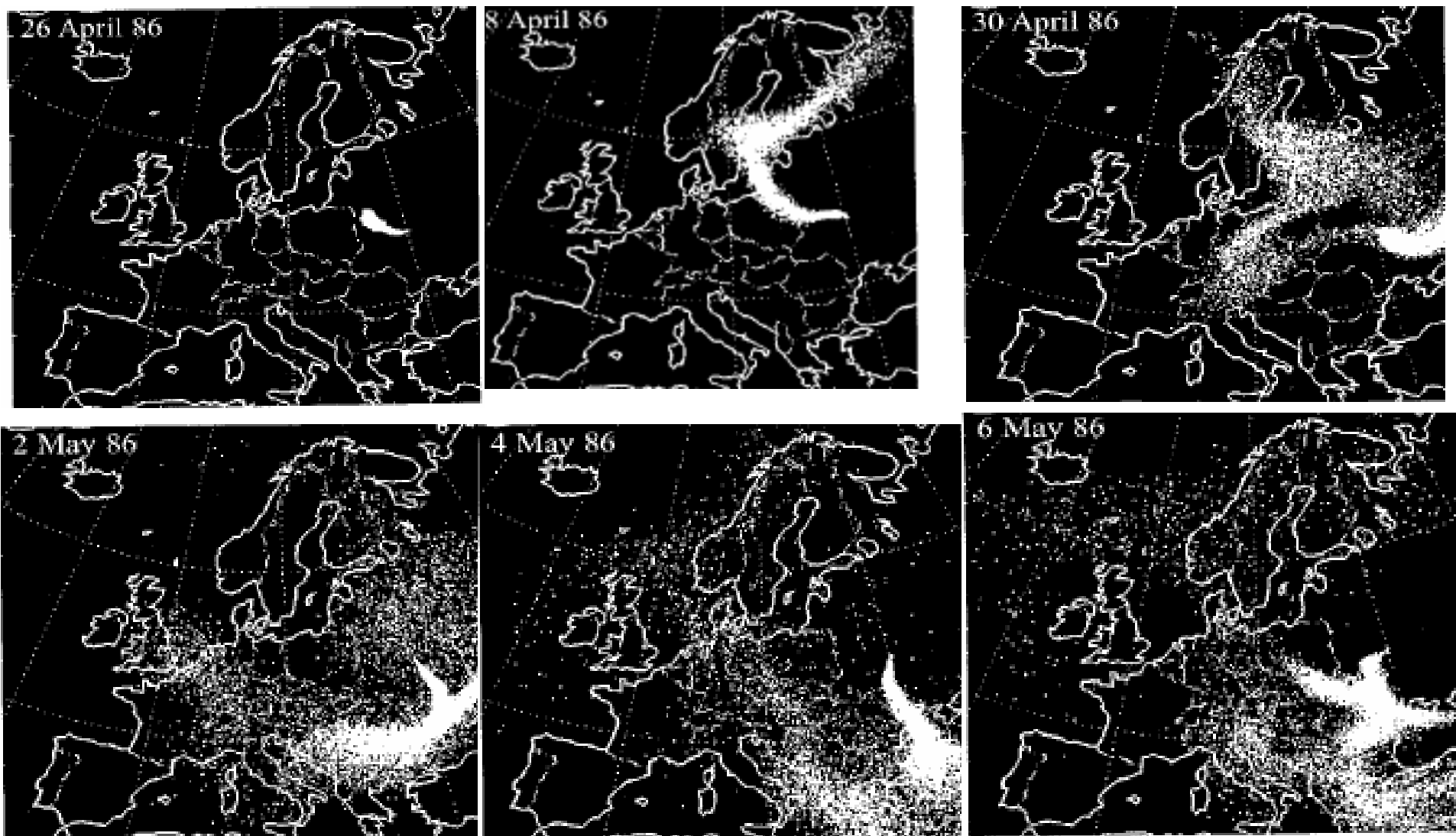
Figure 31. Radiation Hotspots Resulting From the Chernobyl' Nuclear Power Plant Accident



Zamoření širšího okolí Černobylské elektrárny Cesium 137

## J. Schlaghamerský: Ochrana životního prostředí – radioaktivita a jaderná energie

Katastrofa v Černobylu (SSSR: Ukrajina) v r. 1986



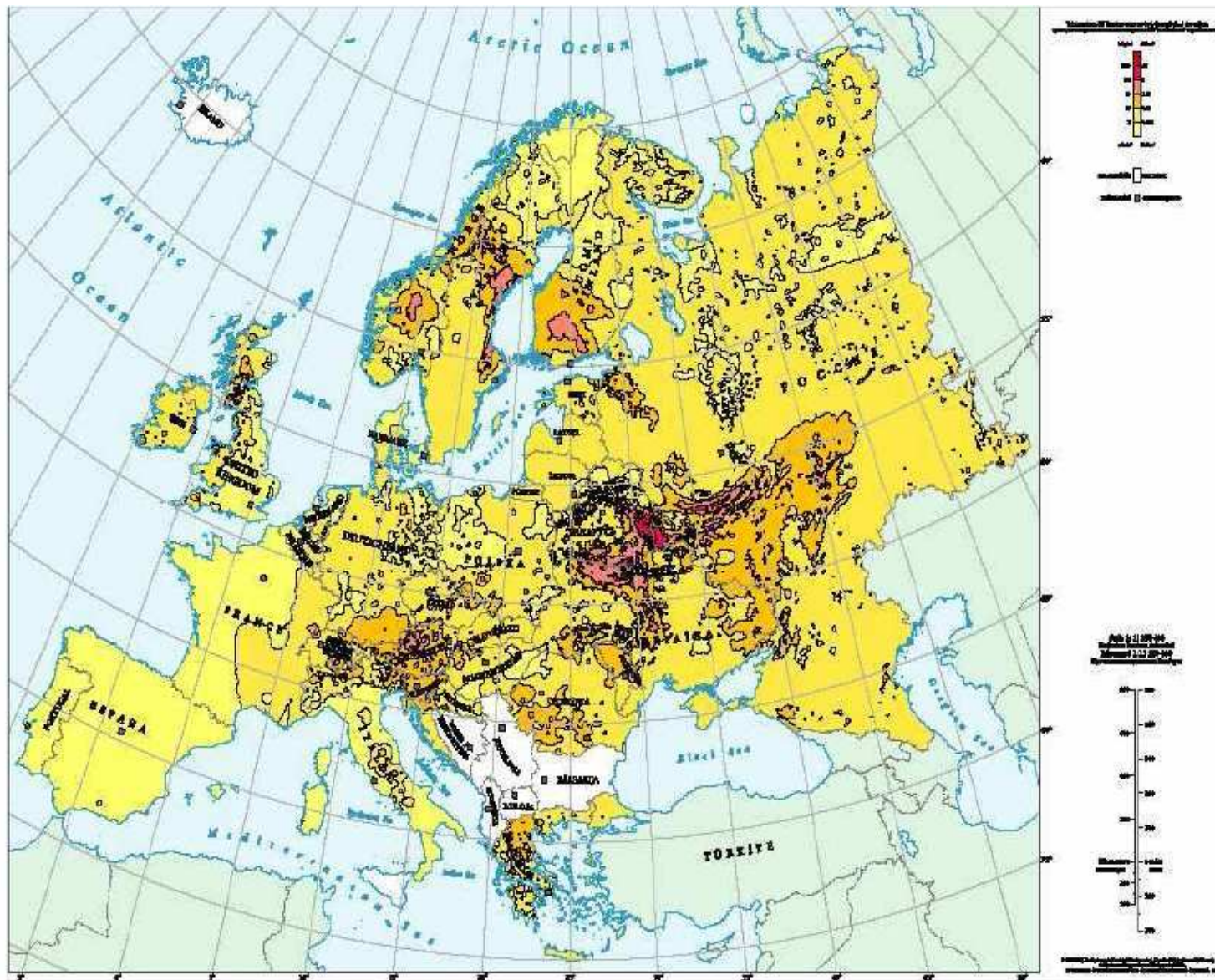
Credit: ARAC

Šíření radioaktivního mraku od 26. 4. (okamžik havárie) do 6. 5. 1986.



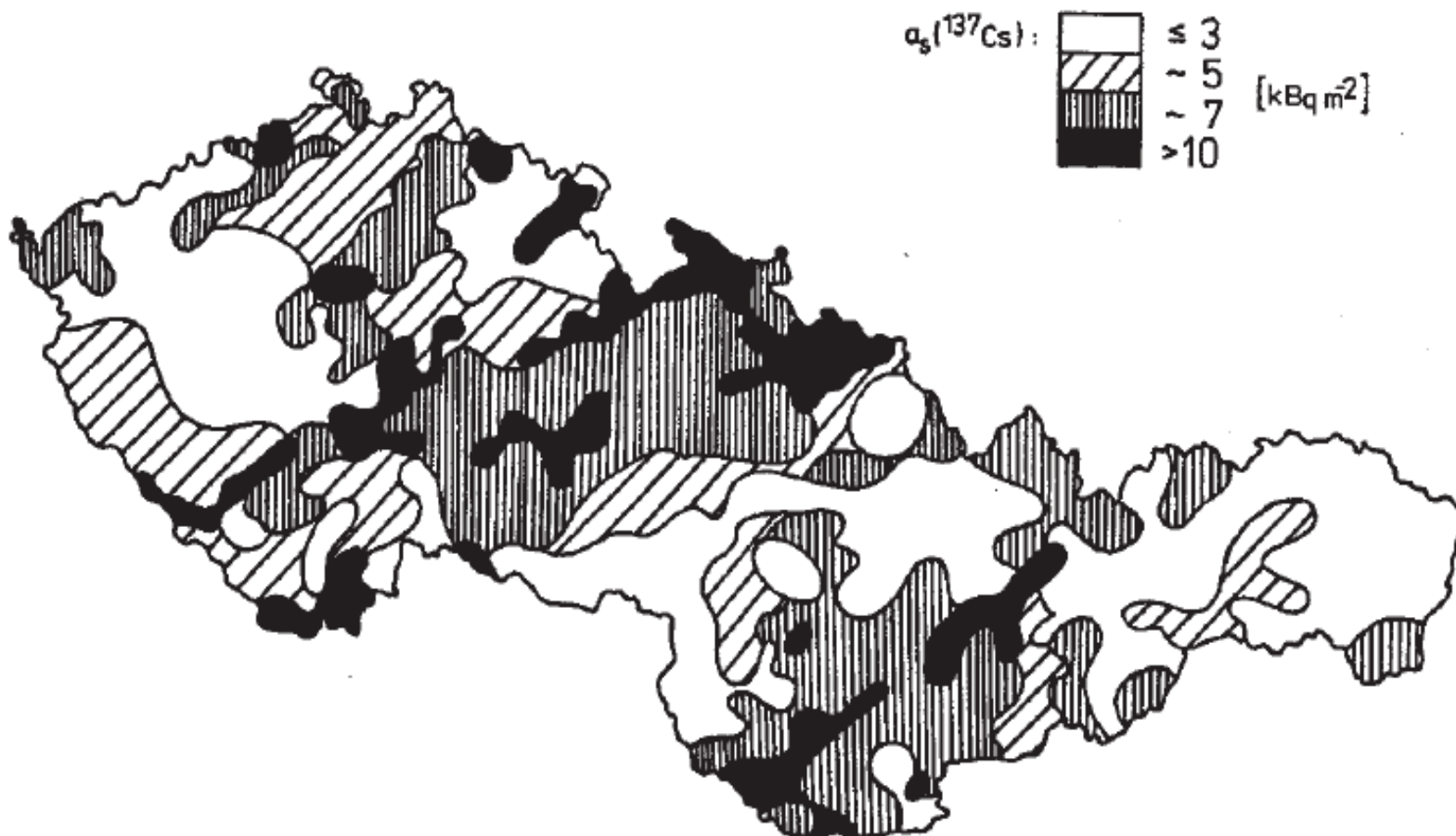
## J. Schlaghamerský: Ochrana životního prostředí – radioaktivita a jaderná energie

Katastrofa v Černobylu (SSSR: Ukrajina) v r. 1986



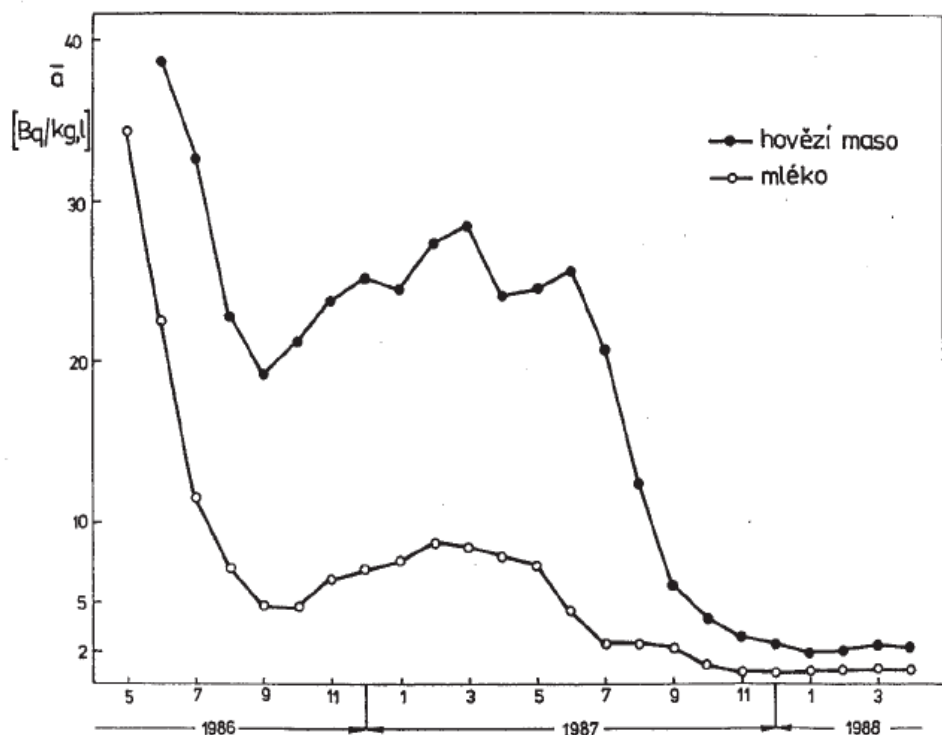
Zamoření Evropy Cesium 137 v důsledku havárie Černobylské jad. elektrárny

**Černobylská havárie a její důsledky:  
zasažení Československa radioaktivním spadem několik málo dní po havárii**

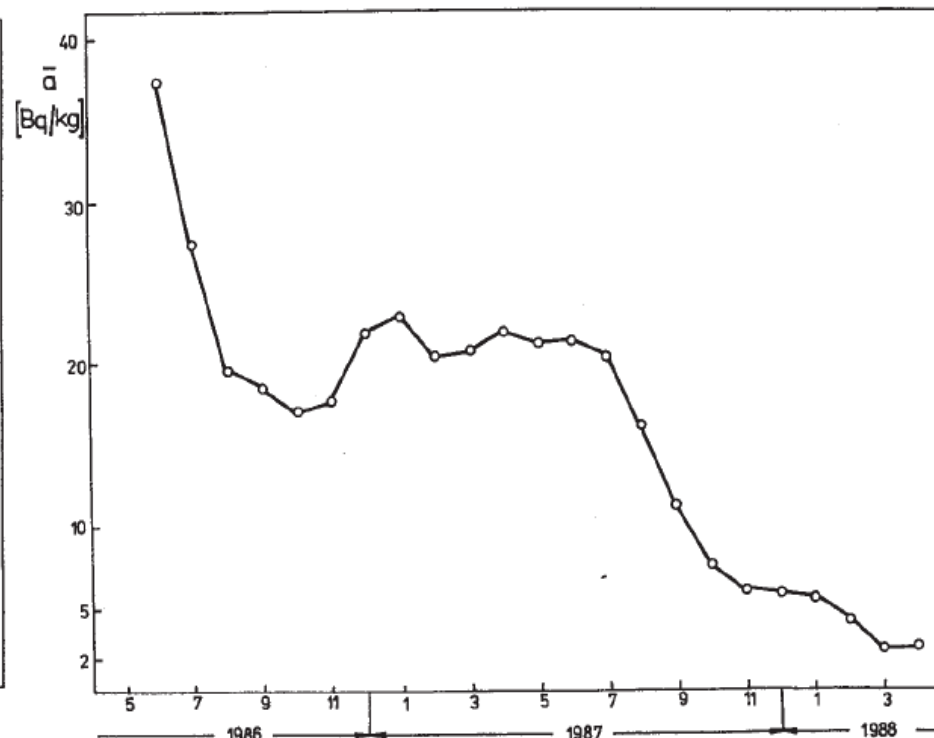


Obr. 8 Rozdělení plošné aktivity Cs 137 na území ČSSR - přehledné znázornění

**Černobylská havárie a její důsledky:  
kontaminace zemědělských produktů (potravin) ve střední Evropě (zde ČSSR)**



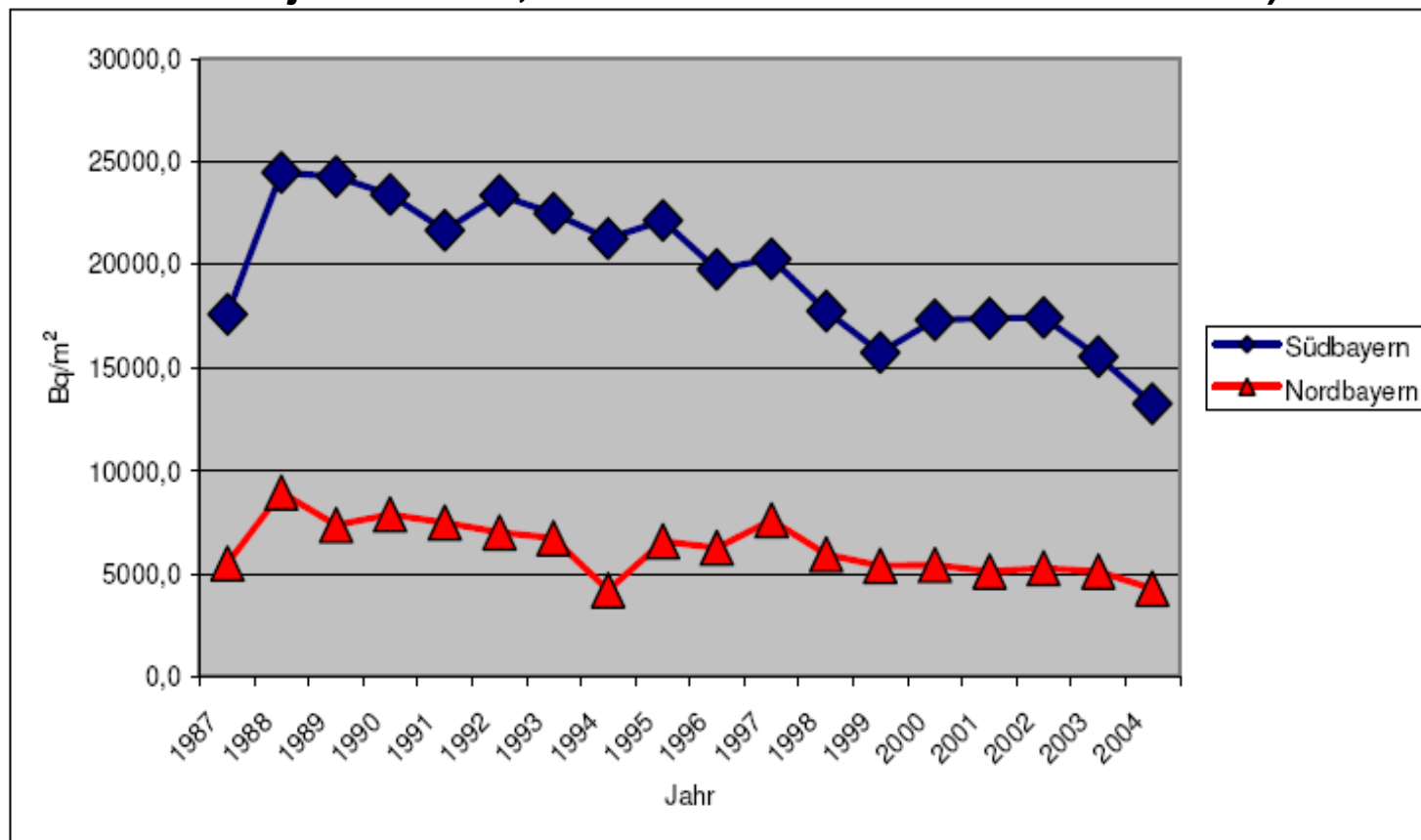
Obr. 1 Časový průběh střední objemové aktivity  $^{137}\text{Cs}$  v konzumním mléce a měrné v hovězím mase



Obr. 2 Časový průběh střední měrné aktivity  $^{137}\text{Cs}$  ve vepřovém mase

## Černobylská havárie a její důsledky:

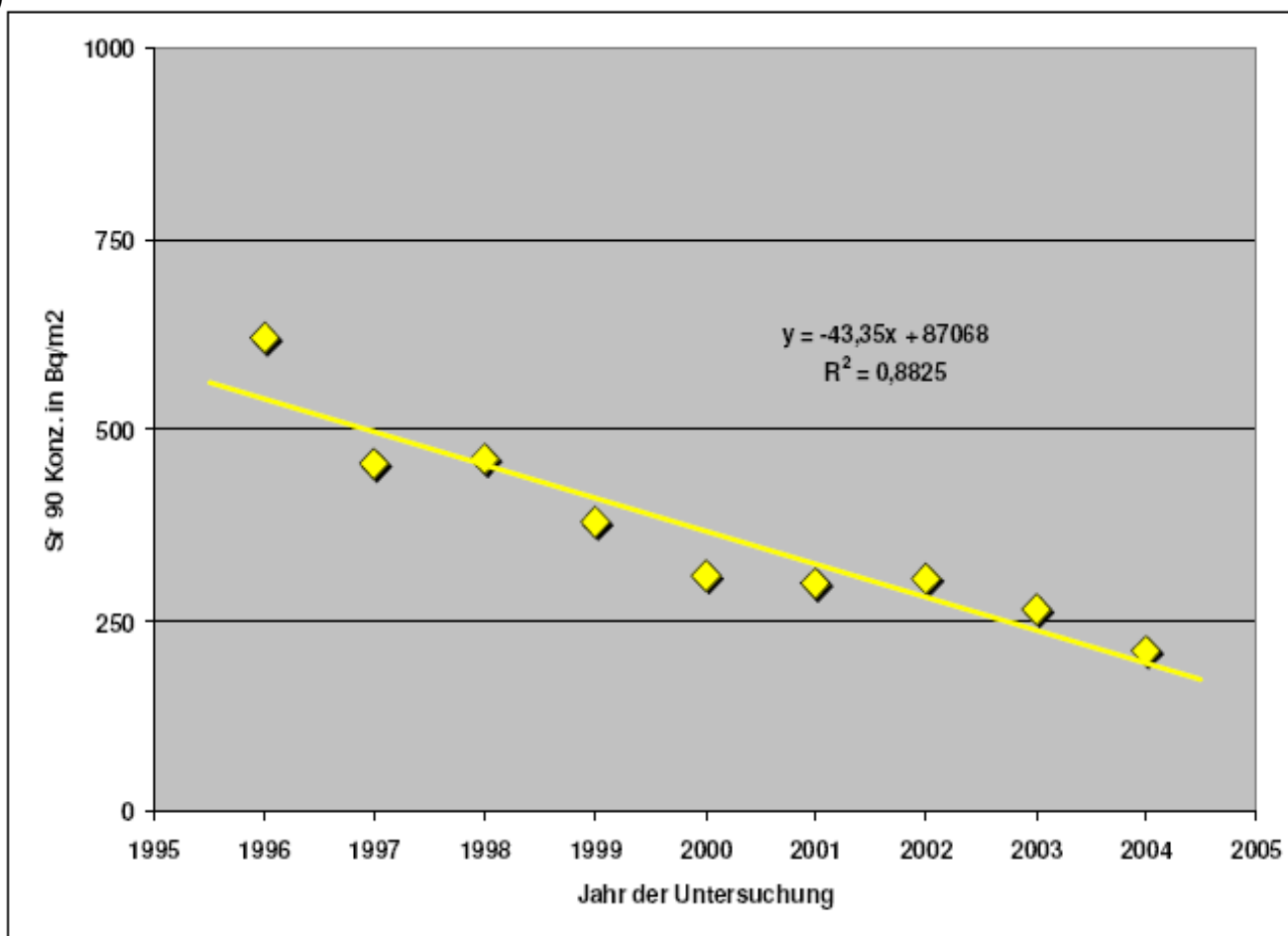
Dlouhodobé zamoření zemědělské půdy střední Evropy persistentními radioaktivními isotopy (Cesium 137: poločas rozpadu 30 let, biologický “poločas rozpadu“ 70 dní, chová se obdobně jako draslík, v lidském těle hlavně v svalové tkáni)



Kontaminace nejsvrchnější vrstvy půdy (0-10 cm) luk a pastvin v Bavorsku Cesium-137 v Bq / m<sup>2</sup> (1987-2004): modře jižní Bavorsko, červeně severní Bavorsko.

## Černobylská havárie a její důsledky:

Dlouhodobé zamoření zemědělské půdy střední Evropy persistentními radioaktivními isotopy (Stroncium 90: poločas rozpadu 29,1 let; dochází k zabudování do kostí místo vápníku)



Kontaminace půd luk a pastvin v Bavorsku Stronciem - 90 v Bq / m<sup>2</sup> (1995-2004):  
modře jižní Bavorsko, červeně severní Bavorsko.



## J. Schlaghamerský: Ochrana životního prostředí – radioaktivita a jaderná energie

Havárie zařízení jaderné energetiky:

**Černobylská havárie byla nejtěžší havárie jaderného zařízení všech dob (na 7 místné škále zařazena jako 7!).**

**K haváriím menšího dopadu došlo daleko častěji. Nejzávažnější z nich:**

- **Maják - 1957 (kategorie 6; ruský komplex reaktorů a zařízení na přepracování paliva na Uralu; opakované havárie menšího významu),**
- **Windscale - 1957 (požár grafitového jádra reaktoru, na lokalitě také přepracování paliva, opakované havárie, komplex později překřtěn na Sellafield)**
- **Three Mile Islands - 1979 (kat. 5; poškození jádra a ochranných bariér u jad. elektrárny)**



**Three Mile Island u Harrisburgu, USA**

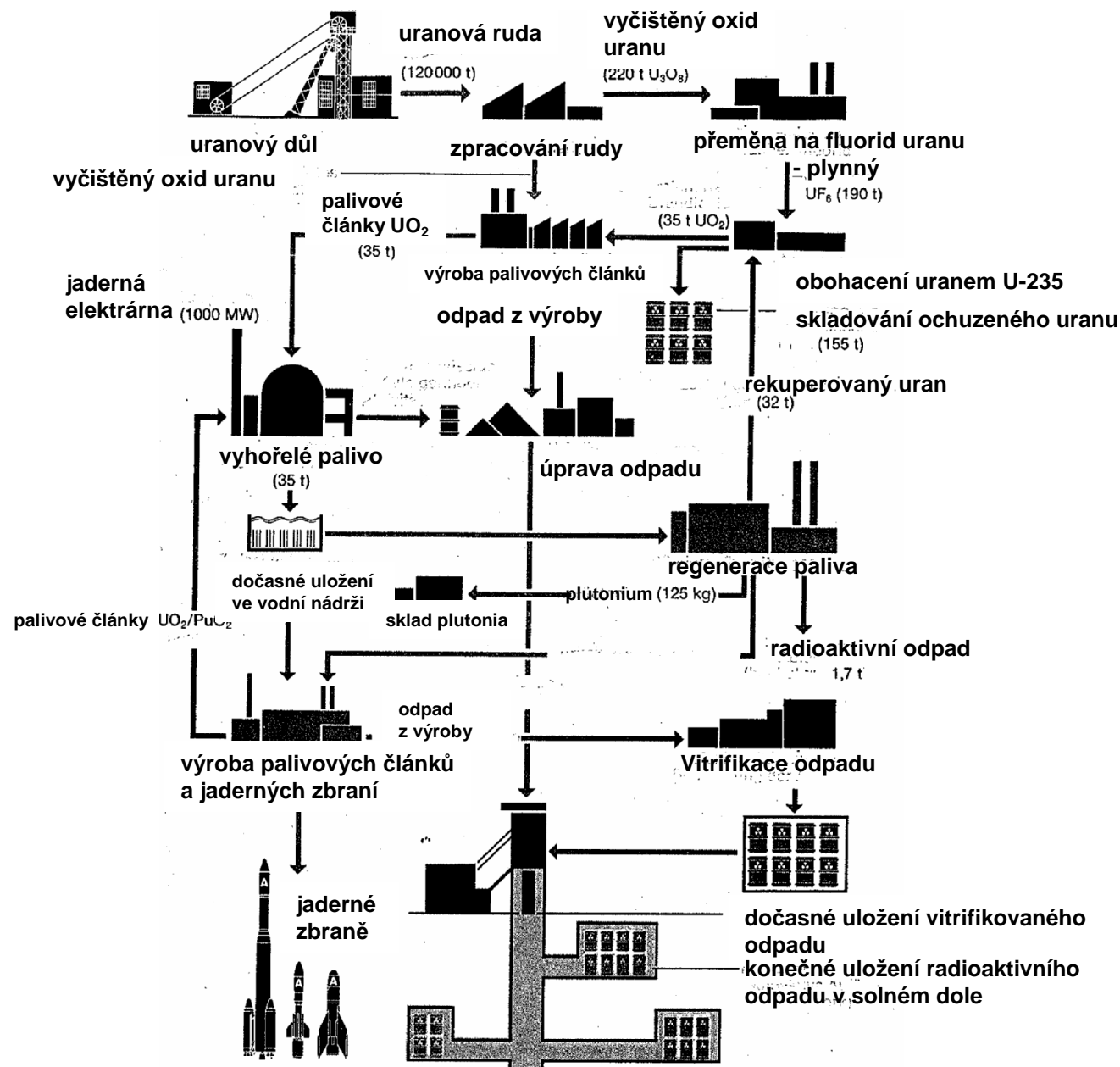


**Sellafield (= Windscale), u Irského moře blízko Liverpoolu, GB**



# J. Schlaghamerský: Ochrana životního prostředí – radioaktivita a jaderná energie

Jaderná energetika:  
od těžby po ukládání  
odpadu

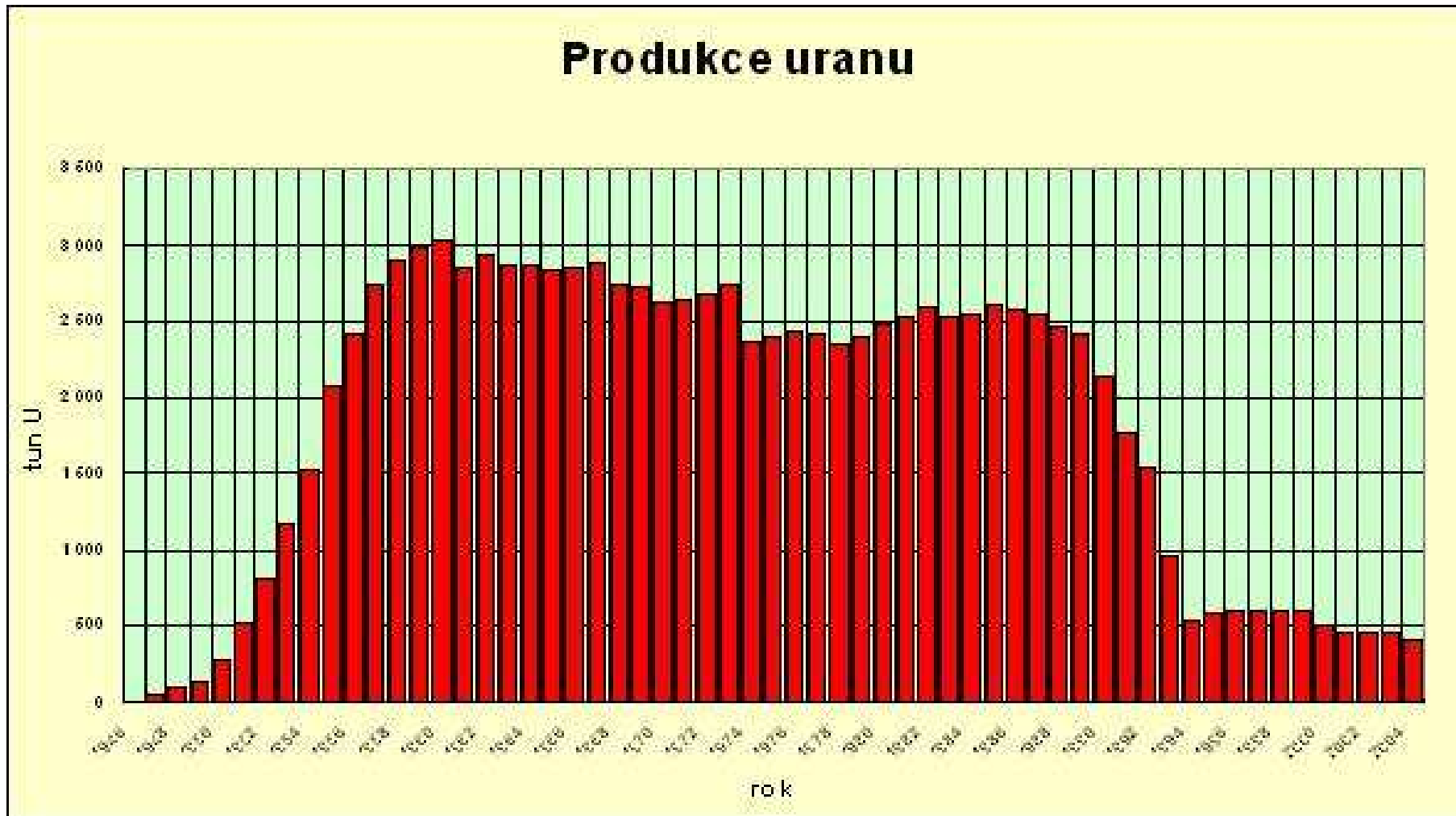


## J. Schlaghamerský: Ochrana životního prostředí – radioaktivita a jaderná energie

Jaderná energetika: Těžba uranu v ČR (zde u Dolní Rožínky)



Jaderná energetika: Těžba uranu v ČR



## J. Schlaghamerský: Ochrana životního prostředí – radioaktivita a jaderná energie

### Jaderná energetika: Těžba uranu v ČR



Oblast	Těžba v letech
Jáchymov	1946 - 1964
Horní Slavkov	1949 - 1962
Příbram	1950 - 1991
Západní Čechy	1952 - 1992
Morava	1953 - neukončena
Severočeská - Hamr	1971 - 1993
Severočeská - Stráž	1969 - neukončena

### Státy s významnou těžbou uranu seřazeny podle celkově vytěženého množství

P.č.	Stát	tuny U
1	Kanada	386 705
2	USA	357 447
3	Německo	219 360
4	Jižní Afrika	154 055
5	Rusko	126 313
6	Austrálie	122 733
7	<b>CR</b>	<b>108 954</b>
8	Uzbekistán	103 382
9	Kazachstán	102 097
10	Niger	94 284
11	Namibie	81 773
12	Francie	73 866
13	Gabon	26 612
14	Kongo	25 600
15	Maďarsko	21 050
16	Tádžikistán	20 000
17	Rumunsko	18 084
18	Bulharsko	16 720
19	Ukrajina	13 247
20	Čína	10 365

Největší ekologické škody a problémy způsobila tzv. chemická těžba vyluhováním kyselinou sírovou ve Stráži pod Ralskem.

## J. Schlaghamerský: Ochrana životního prostředí – radioaktivita a jaderná energie

Mezisklad jad. odpadu - Dukovany



Radioaktivní odpad v kontejnerech  
značky Castor v meziskladu u Dukovan



## J. Schlaghamerský: Ochrana životního prostředí – radioaktivita a jaderná energie

Jaderná energetika:

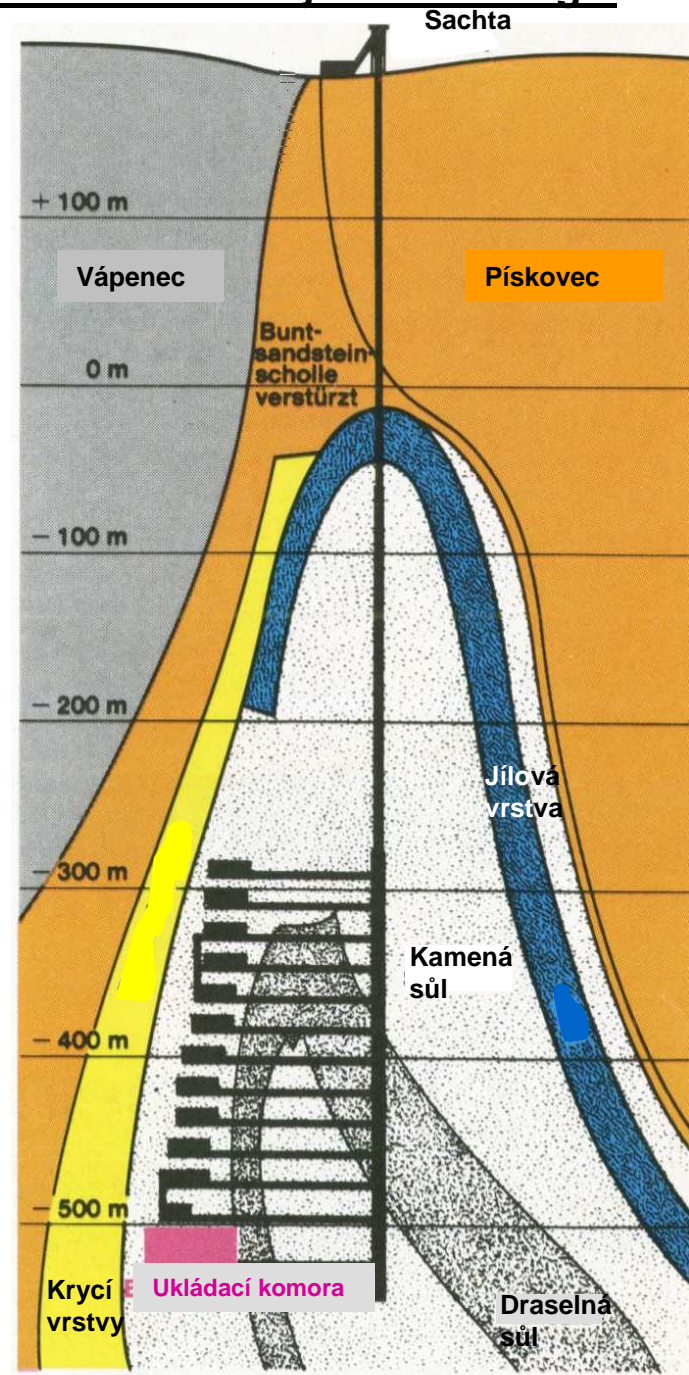
Hlubinné ukládání radioaktivního odpadu (ve starém solném dolu)

Nebylo zatím nikde ve světě zahájeno.

U solných dolů se předpokládá (na základě jejich historie, resp. stáří) stabilita prostředí bez přístupu vody po geologicky dlouhá období, min. desítky tisíc let.

Plasticita kamenné soli by měla vést k sevření veškerých trhlin, které by vznikly.

O tom zda by trvale ozařování materiálu (soli, hornin) ve kterém bude vysoce radioaktivní odpad uložen mohlo dlouhodobě nějak narušit jeho vlastnosti se pouze spekuluje.

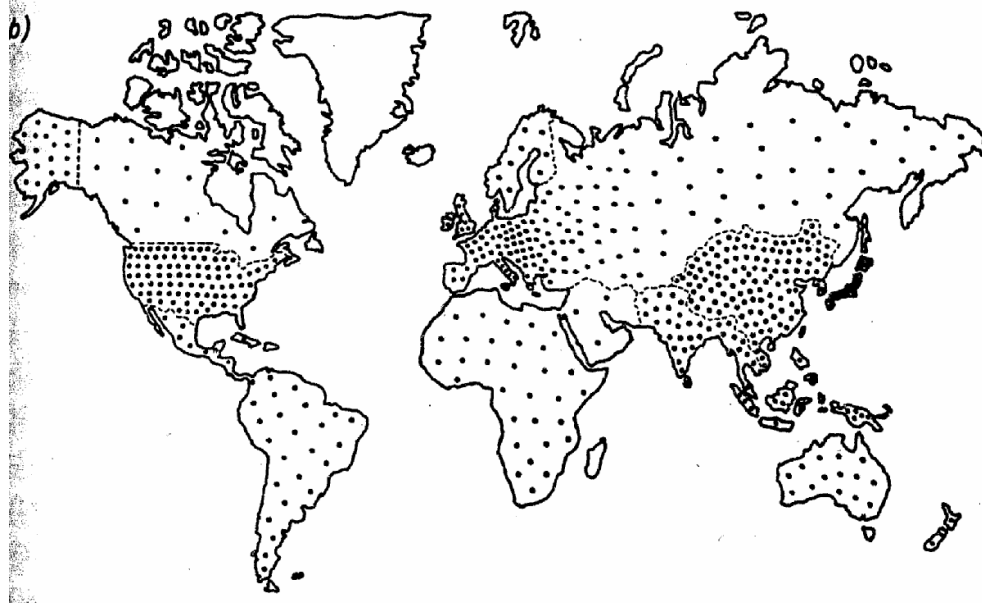


## J. Schlaghamerský: Ochrana životního prostředí – radioaktivita a jaderná energie

Současný počet a  
rozmístění jaderných  
elektráren ve světě



Odhad počtu  
a rozmístění jaderných  
elektráren ve světě  
nutných k výraznému  
poklesu produkce CO<sub>2</sub>



## J. Schlaghamerský: Ochrana životního prostředí – radioaktivita a jaderná energie

Legislativa ve spojitosti s jadernou energetikou

Zákon č. 18/1997 Sb., o mírovém využívání jaderné energie a ionizujícího záření a o změně a doplnění některých zákonů, v platném znění

Zákon č. 19/1997 Sb., o některých opatřeních souvisejících se zákazem chemických zbraní a o změně a doplnění zákona č. 50/1976 Sb. , o územním plánování a stavebním řádu (stavební zákon), ve znění pozdějších předpisů, zákona č. 455/1991 Sb., o živnostenském podnikání (živnostenský zákon), ve znění pozdějších předpisů, a zákona č. 140/1961 Sb. , trestní zákon, ve znění pozdějších předpisů, v platném znění

Zákon č. 281/2002 Sb., o některých opatřeních souvisejících se zákazem bakteriologických (biologických) a toxinových zbraní a o změně živnostenského zákona, v platném znění

## J. Schlaghamerský: Ochrana životního prostředí – nástroje ochrany životního prostředí

### Kompetence v ochraně životního prostředí v ČR

Vláda / parlament ČR: exekutiva / legislativa

#### Ministerstvo životního prostředí:

- vrchní státní dozor ve všech věcech ŽP
- postavení ústředního orgánu státní správy

Instituce podřízené MŽP (výběr):

Česká inspekce životního prostředí (ČIŽP)

Státní fond životního prostředí ČR

Český ekologický ústav

Český hydrometeorologický ústav

Agentura ochrany přírody a krajiny ČR

Správa chráněných krajinných oblastí ČR

Správy národních parků

Výzkumný ústav vodohospodářský TGM

Ministerstvo zemědělství

Ministerstvo zdravotnictví

#### Státní úřad pro jadernou bezpečnost

- ústřední orgán státní správy, přímo podřízen vládě ČR
- státní správa a dozor při využívání jad. energie a ionizujícího záření i v oblasti radiační ochrany

Krajský úřad: odbor životního prostředí

Pověřené obecní úřady / obecní úřady

## **J. Schlaghamerský: Ochrana životního prostředí – nástroje ochrany životního prostředí**

### **Obecná legislativa k ochraně životního prostředí**

Zákon č. 17 / 1992 Sb., o životním prostředí, ve znění zákona č. 123/1998 Sb.

Zákon ČNR č. 388 / 1991 Sb., o Státním fondu životního prostředí, dle změn provedených zákonem č. 344 / 1992 Sb.

Zákon ČNR č. 282 / 1991 Sb. o České inspekci životního prostředí a její působnosti v ochraně lesa

Zákon č. 123 / 1998 Sb., o právu na informace o životním prostředí



## J. Schlaghamerský: Ochrana životního prostředí – nástroje ochrany životního prostředí

### **Nástroje ochrany životního prostředí:**

- Environmental Impact Assessment - Posuzování vlivu na životní prostředí  
Posuzují se konkrétní projekty (např. stavba silnice, železniční trati, elektrárny, továrny) nad určitou velikost a rozvojové koncepce (např. energetická politika státu).
  - Environmental Audit – Ekologický audit  
Posuzuje se provozní praxe organizace či podniku z hlediska šetrnosti vůči životnímu prostředí a především z hlediska dodržování platných předpisů a povolení („compliance“). V ČR se tento pojem začal používat v 90. letech a to chybně, totiž především ve smyslu v jakém je ve světě (především anglicky hovořícím) chápán pojem Environmental Due Dilligence Assessment.
  - (Environmental) Due Dilligence Assessment  
Posouzení stavu (areálu organizace / podniku apod.) na základě principu „předběžné opatrnosti“ a to především z hlediska „starých ekologických zátěží“ (něm. Altlasten) či „...závazků“ (angl. environmental liabilities). Zpravidla zadáno potenciálním investorem před převzetím podniku (fúze, koupě, privatizace apod.). Jinak (bez „environmental“) nástroj posouzení ekonomického zdraví podniku.
- Environmental Management System (certifikace)
- Certifikace provozní praxe organizace či podniku z hlediska šetrnosti vůči životnímu prostředí na podobném principu jako známější (starší) certifikace procesu řízení kvality (výroby, služeb apod.) – ISO.

## J. Schlaghamerský: Ochrana životního prostředí – nástroje ochrany životního prostředí

### Posuzování vlivu na životní prostředí – EIA (Environmental Impact Assessment)

#### Legislativa ČR

Zákon č. [100/2001 Sb.](#), o posuzování vlivů na životní prostředí a o změně některých souvisejících zákonů (zákon o posuzování vlivů) - *posuzování záměrů předložených po 1. 1. 2002*

Vyhláška č. [457/2001 Sb.](#), o odborné způsobilosti a o úpravě některých dalších otázek souvisejících s posuzováním vlivů na životní prostředí - *posuzování záměrů předložených po 1. 1. 2002*

Zákon č. [244/1992 Sb.](#), o posuzování vlivů na životní prostředí, ve znění pozdějších předpisů - *posuzování záměrů předložených do 31. 12. 2001*

Vyhláška č. [499/1992 Sb.](#), o odborné způsobilosti pro posuzování vlivů na životní prostředí a o způsobu a průběhu veřejného projednání posudku - *posuzování záměrů předložených do 31. 12. 2001*

Zákon č. [244/1992 Sb.](#), o posuzování vlivů **rozvojových koncepcí a programů** na životní prostředí, ve znění pozdějších předpisů

## J. Schlaghamerský: Ochrana životního prostředí – nástroje ochrany životního prostředí

### Legislativa EU

Směrnice Evropské rady z 27. června 1985 o hodnocení **vlivu různých** veřejných a soukromých projektů na životní prostředí (85/337/EHS)

Směrnice Rady o volném přístupu k informacím o životním prostředí č. 90/313/EHS ze 7. 6. 1990

Směrnice Rady 97/11/ES novelizující směrnici 85/337/EHS o posuzování **vlivů jistých** státních a soukromých projektů na životní prostředí, Brusel, 24. února 1997