



Černobylská havárie aneb

Pravda není nikdy čistá a málokdy bývá jednoduchá



Dana Drábová

Státní úřad pro jadernou bezpečnost

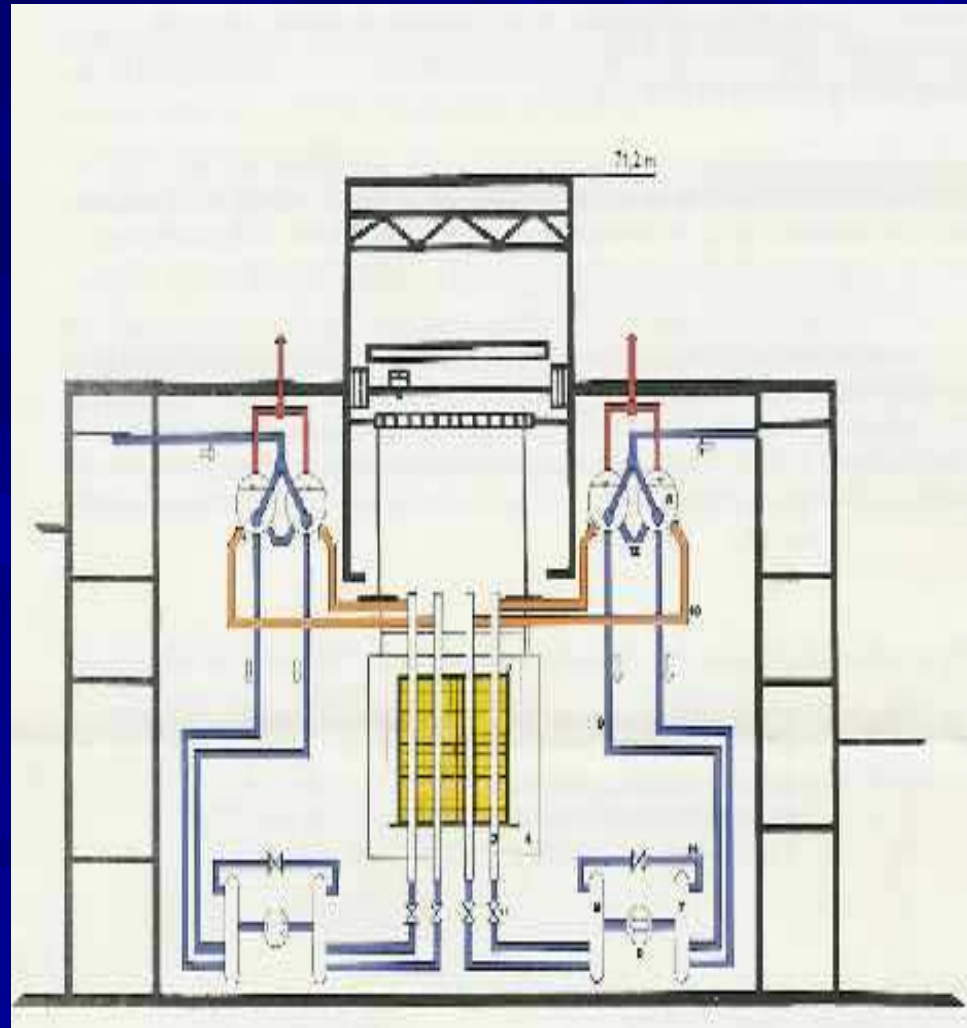
Co se stalo

- 26. dubna 1986 v 1:23 ráno zničily dva výbuchy reaktor 4. bloku jaderné elektrárny Černobyl
- Výbuchy páry a následný 10 dní trvající požár grafitového moderátoru uvolnil z aktivní zóny reaktoru do ovzduší cca 5% celkového inventáře radionuklidů.



RBMK 1000 (2.generace)

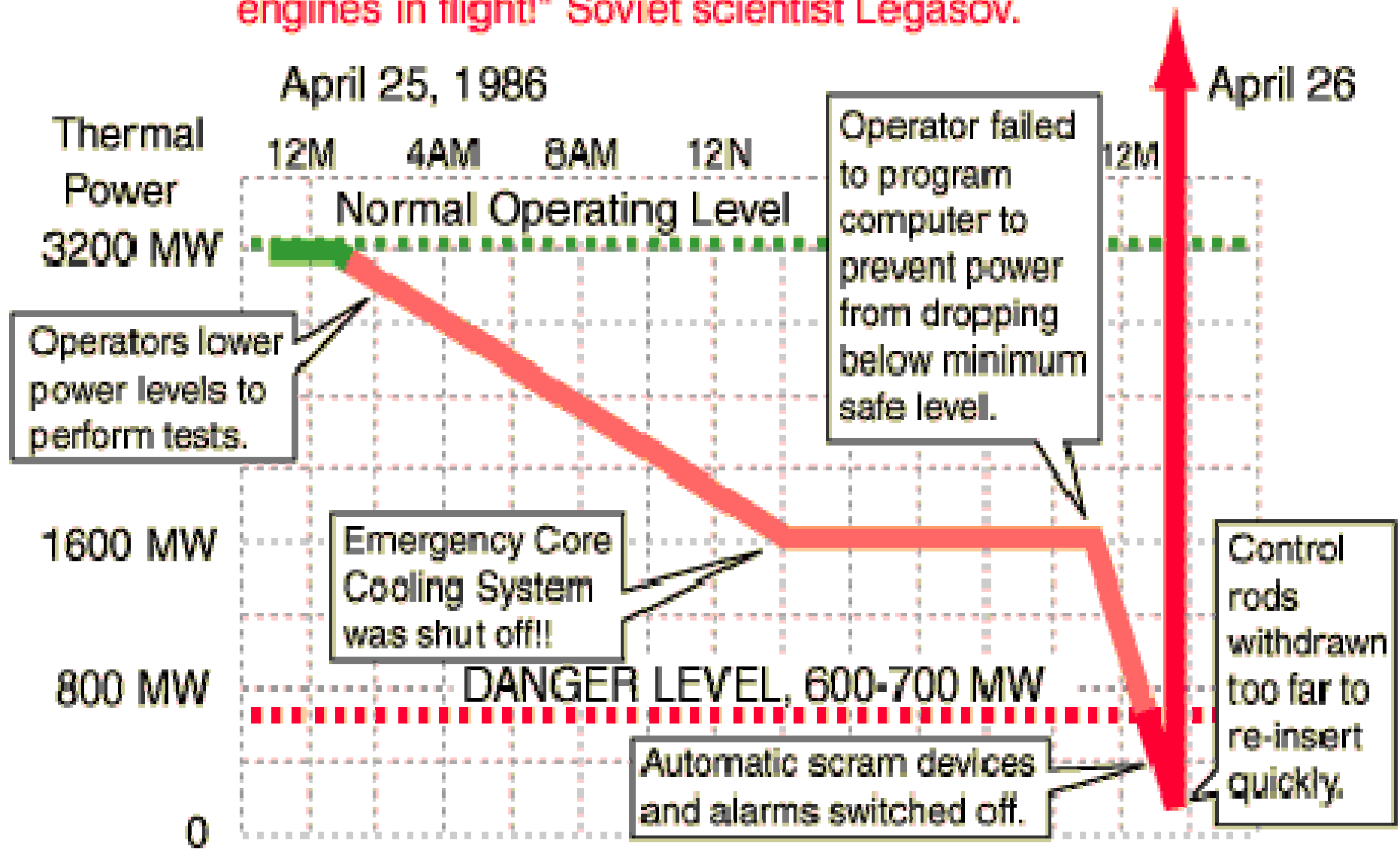
- Varný kanálový reaktor, bez tlakové nádoby a ochranné obálky
- Aktivní zóna o průměru 11,8 metrů a výšce 7 metrů
- Reaktor obsahuje hořlavý grafit jako moderátor
- 211 regulačních tyčí, 30 havarijních a 147 lze ovládat ručně



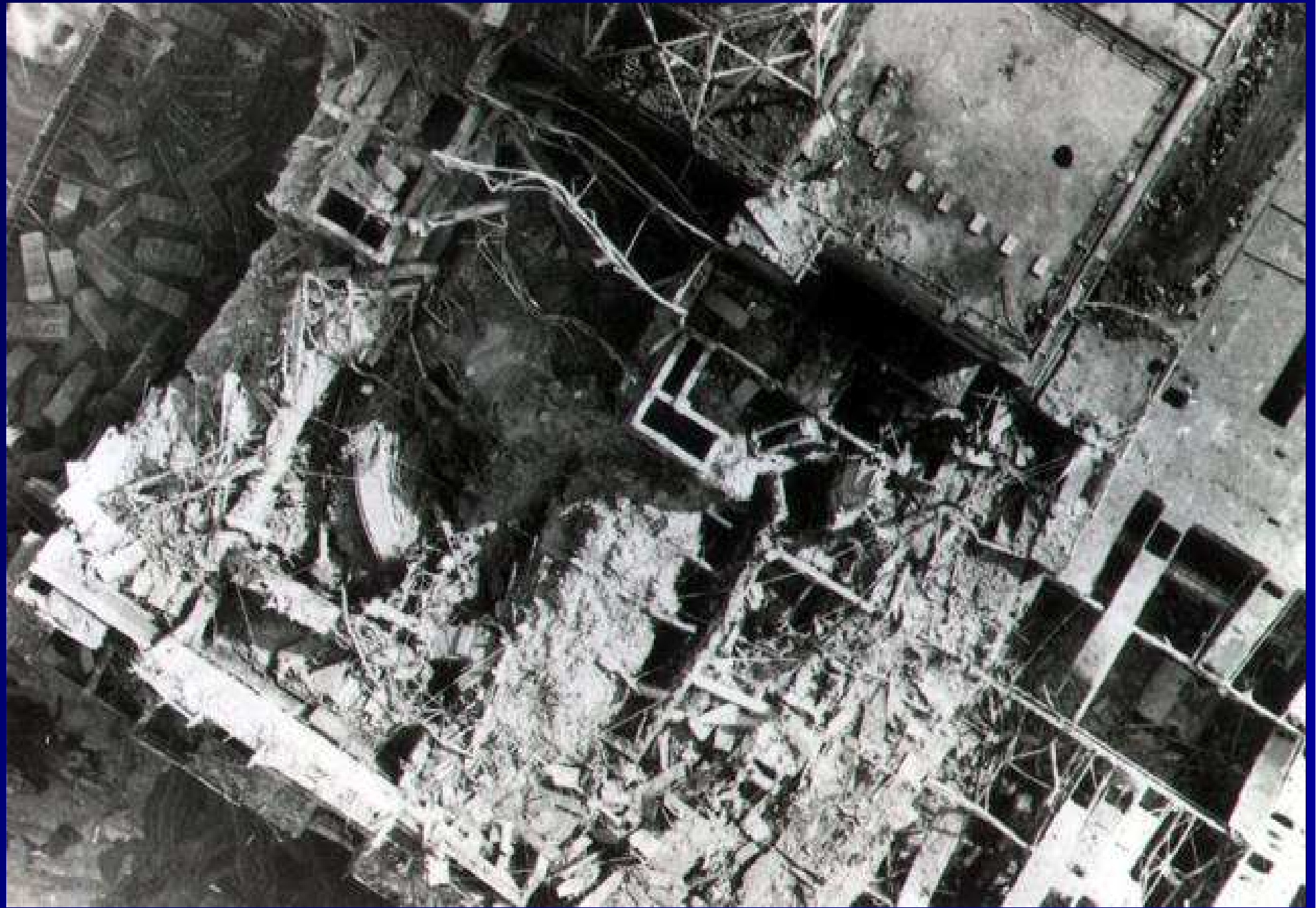
Dobré úmysly...

- Pokus, jehož cílem bylo ověření dodávek elektřiny pro čerpadla primárního okruhu reaktoru ze setrvačného doběhu turbíny po odstavení turbín bloku a úplném výpadku vnějšího napájení.
- Cílem bylo udržení chodu čerpadel po dobu 50 sekund než naskočí dieselagregáty.
- Průběh experimentu měl vypadat následovně: Nejprve se měl snížit výkon reaktoru na $1/2$ a mělo dojít k odpojení první ze dvou turbín bloku. Poté mělo následovat další snižování výkonu až na $1/3$, což byla takřka minimální bezpečná hranice provozu reaktoru RBMK. Dále mělo následovat uzavření druhé turbíny. Tento krok měl být zároveň signálem pro systém havarijní ochrany, který měl současně automaticky odstavit reaktor.

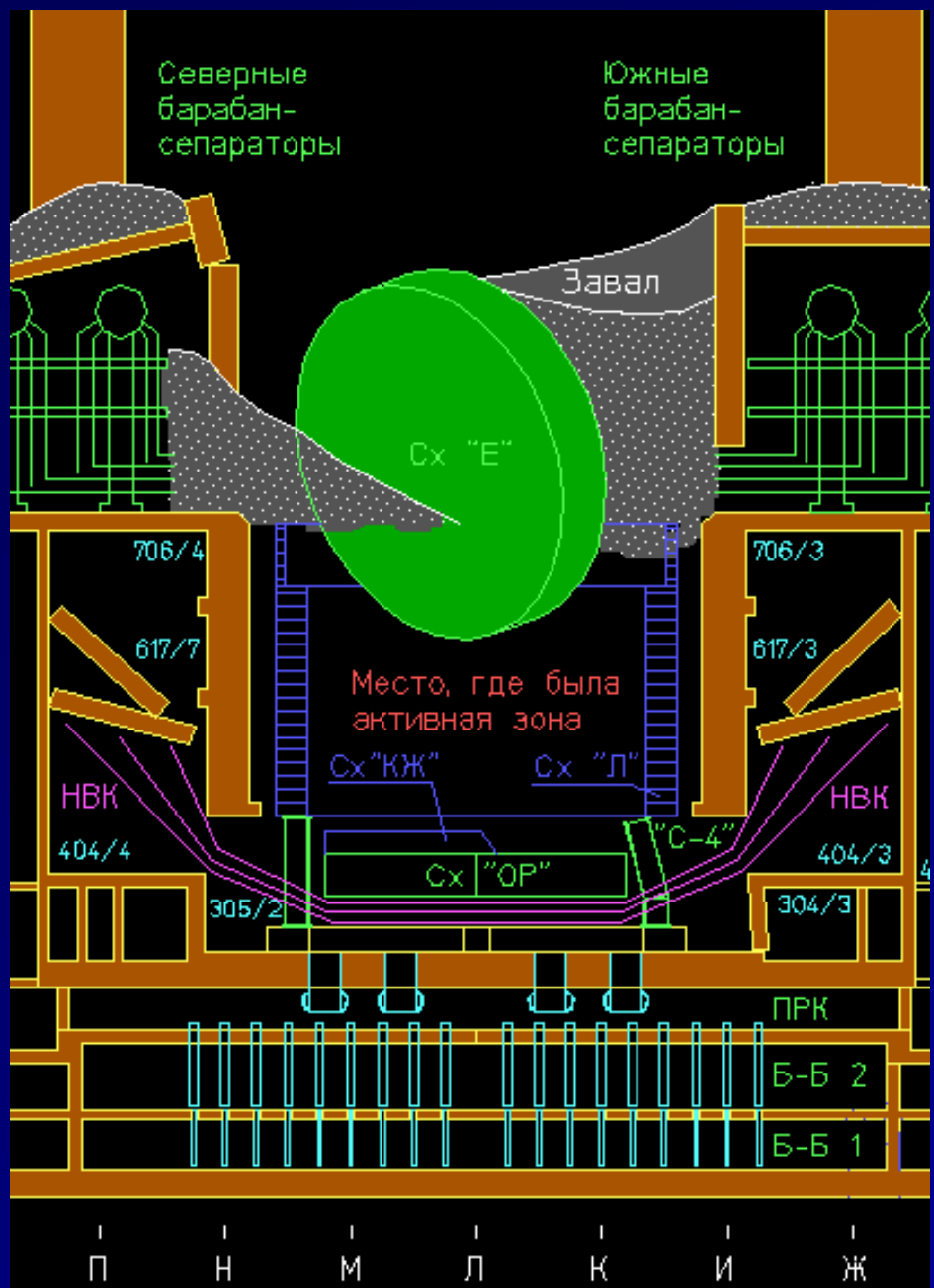
"It was like airplane pilots experimenting with the engines in flight!" Soviet scientist Legasov.



A Chronology of Disaster, Chernobyl







Příčiny havárie

- Chyby projektu, nedostatečné bezpečnostní analýzy
- Chyby operátorů
- Nízká kultura bezpečnosti na všech stupních (projekt, výstavba, provoz)
- Politické souvislosti, tlak prostředí

Charakteristika reaktoru RBMK před rokem 1986

- Za přednosti reaktoru se považovalo:
 - reaktor mohl standardně dlouhou dobu dodávat výkon do elektrické sítě na úrovni například 70% nominálního výkonu. Navíc regulace výkonu byla poměrně rychlá.
 - menší obohacení uranu (dáno grafitovým moderátorem, který minimálně pohlcuje neutrony).
 - možnost výměny paliva za provozu - bez kompletní odstávky bloku (dáno rozdělením palivových článků do nezávislých kanálů).
 - vojenská výhoda - snadnější zisk vojenského plutonia-239 (vyplývá z výše zmíněné výhody výměny paliva za provozu)

Charakteristika reaktoru RBMK před rokem 1986

- Záporné vlastnosti:
 - Kladný teplotní dutinový koeficient reaktivity,
 - Nestabilita při nízkém výkonu, nerovnoměrné rozložení výkonu v aktivní zóně
 - Špatná analýza důsledků nízké operativní zásoby reaktivity
 - Možnost vypnutí či obejití ochranných systémů reaktoru při provozu
 - Nedostatečná rychlost zasouvání řídicích tyčí při SCRAM (safety control rod axe man)
 - Řídicí tyče z karbidu bóru s grafitovým koncem – vnos kladné reaktivity na počátku dráhy!!!

Šest chyb operátorů

- Provoz při nízkém výkonu, posléze s otráveným reaktorem
- Nedostatečná operativní zásoba reaktivity
- Připojení všech cirkulačních čerpadel a nedodržení jejich požadovaných parametrů
- Zablokování automatického odstavení reaktoru signálem „trip obou TG“
- Zablokování automatického odstavení reaktoru signálem „nízká hladina a tlak páry v separátorech“
- Vypnutí havarijního dochlazování aktivní zóny

Širší souvislosti

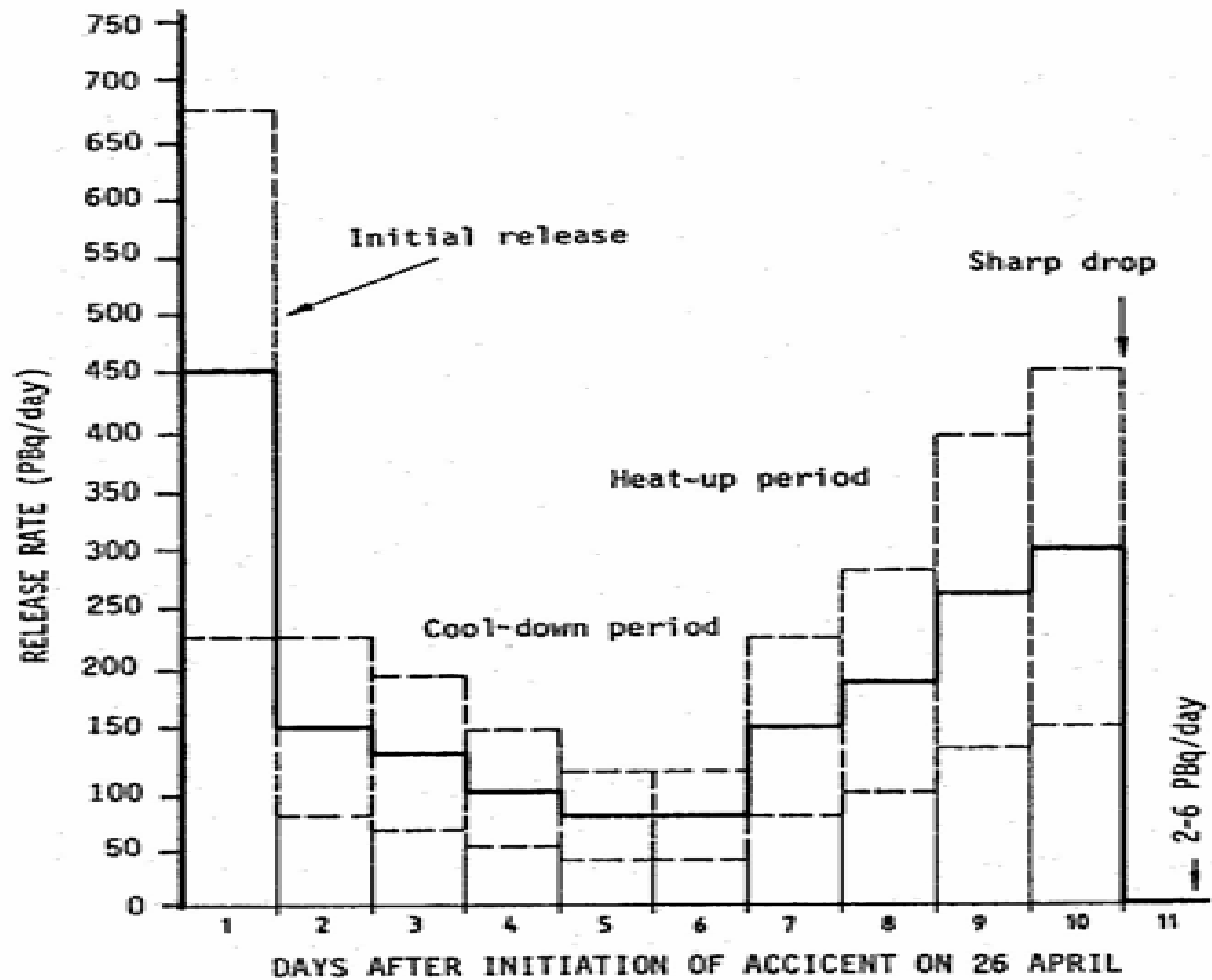
- Snaha o jednoduchý reaktor jak pro vojenské tak civilní účely, spěch na uvádění do praxe, nebyl čas na analýzy a zlepšení.
- Nedostatek financí pro mírový atom, stálý tlak na termíny
- Socialistické závazky
 - Ministr energetiky SSSR A. Majorec, 2. května 1986: „Přes nastalou havárii splní stavitelé svůj závazek a záhy dostaví 5. blok“
- Kultura utajování, oddělování a izolace znalostí, nemožnost vidět věci v kontextu, nemožnost integrovat jednotlivé aspekty bezpečnosti, vědět **PROČ**

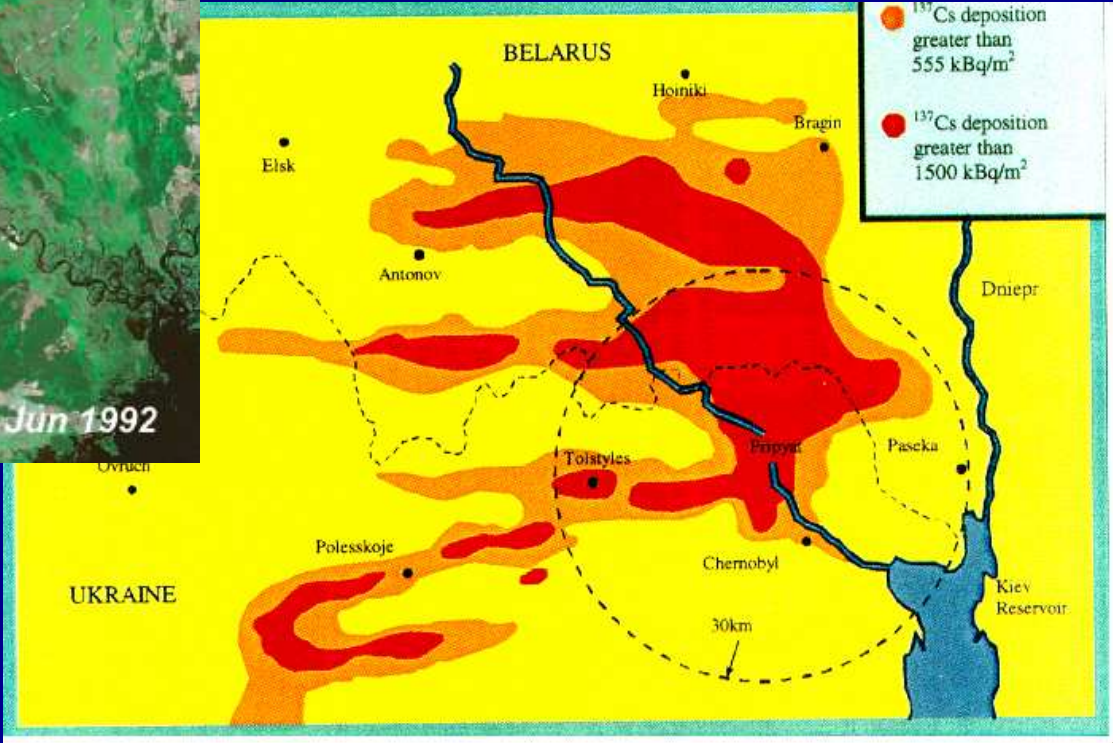
Širší souvislosti

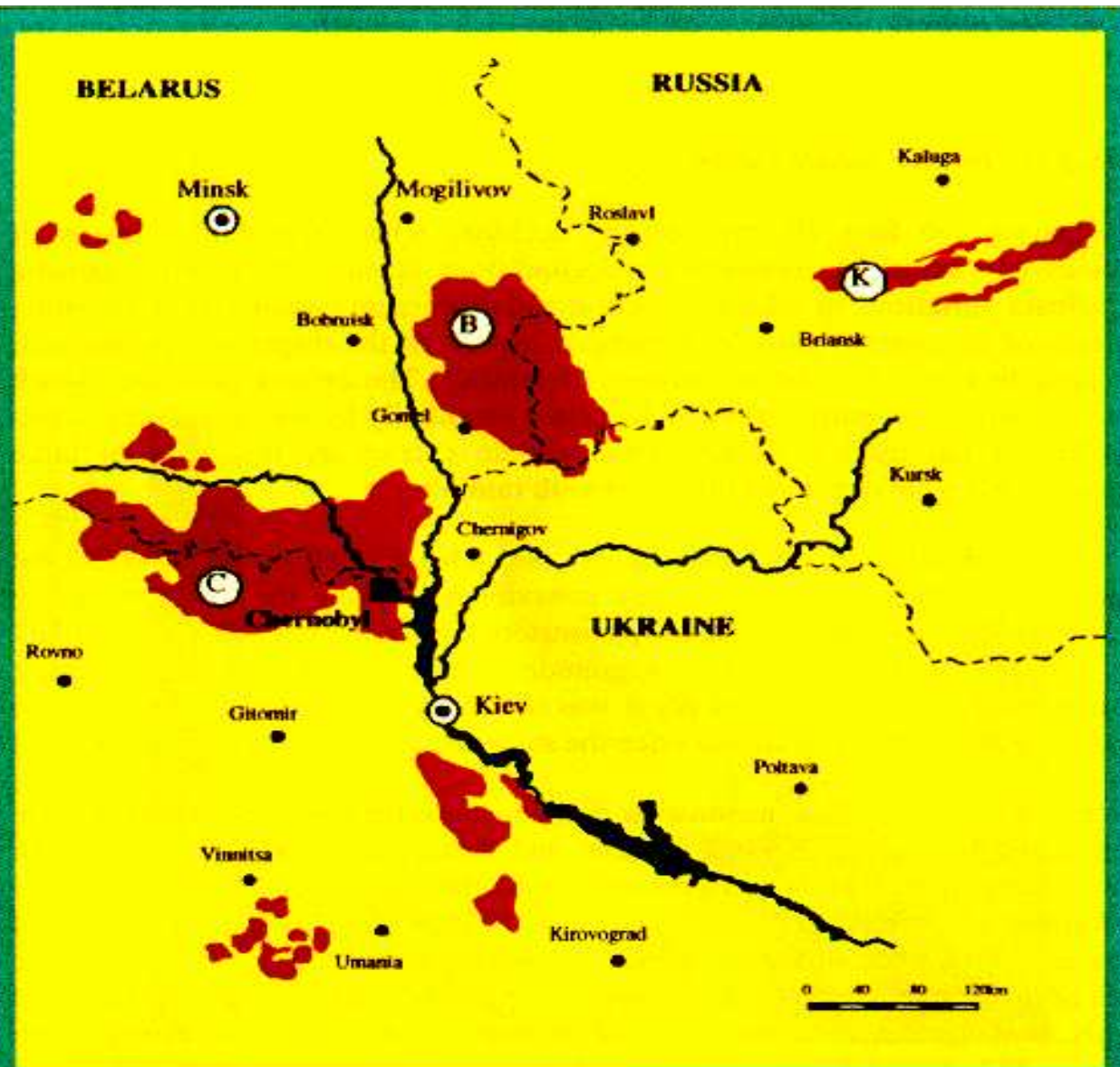
- Boj o moc a vliv, osobní zbabělost některých hráčů
- Existovali samozřejmě poctiví vědci s upřímnou snahou o potřebnou otevřenost.
- Chyby v projektu nebyly výsledkem neschopnosti vědců a techniků. Způsobila je spíše byrokratická nadutost režimu, která ovlivňovala všechna rozhodnutí v zemi. I ta s přímým dopadem na bezpečnost.
- **Lze říci, že černobylská katastrofa je spíše havárií komunismu než jadernou havárií.**

Velikost a složení úniku

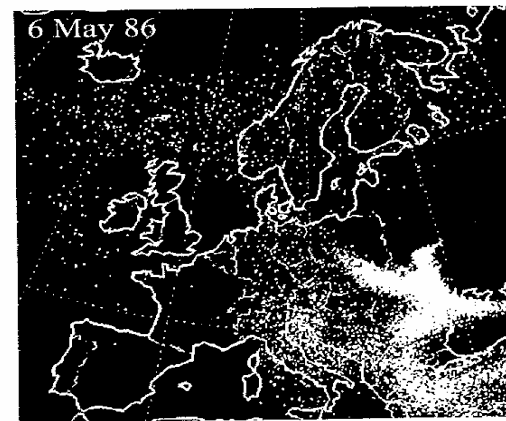
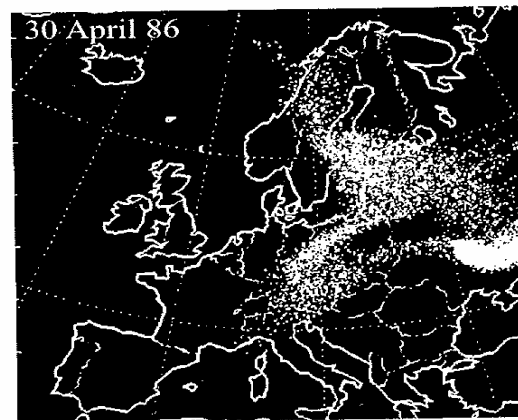
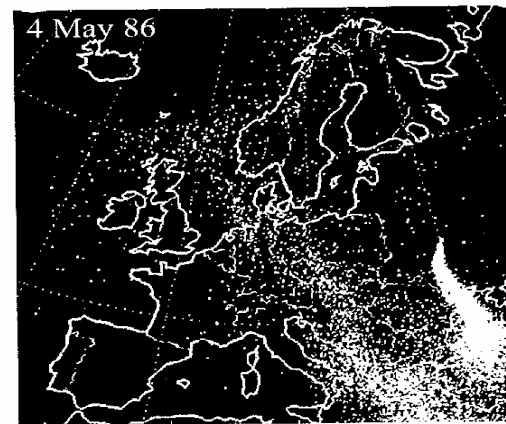
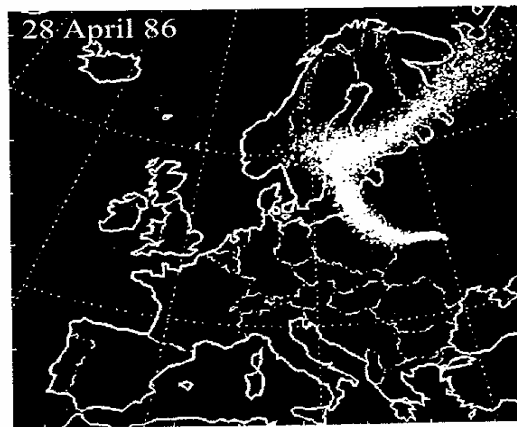
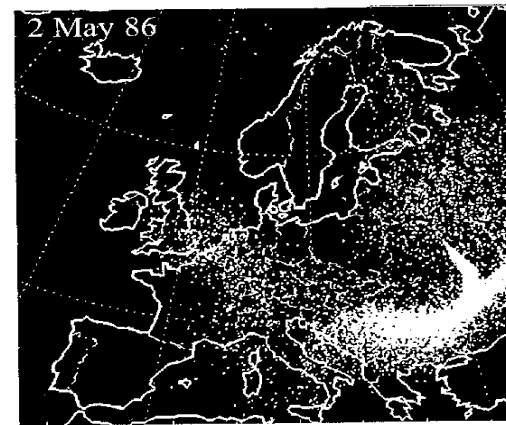
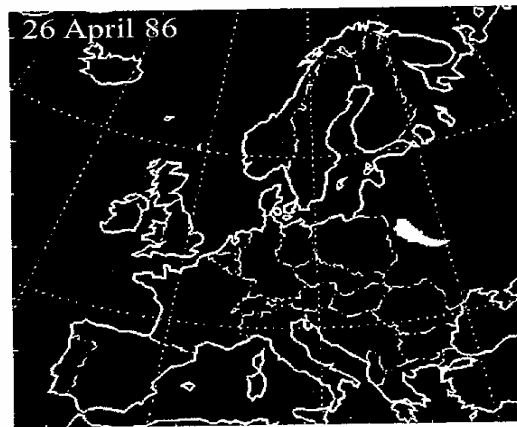
- Velký únik štěpných produktů a částec paliva po deset dnů
- Uniklo přibližně $1,4 \times 10^{19}$ Bq, nejdůležitějšími radionuklidy jsou ^{131}I a ^{137}Cs
 - štěpné produkty ~ 600000 TBq
 - vzácné plyny ~ 2000000 TBq
 - aktinidy ~ 5000 TBq
- Lokální rozptyl na sever a západ
 - vysoká depozice v dalších zemích v důsledku deště



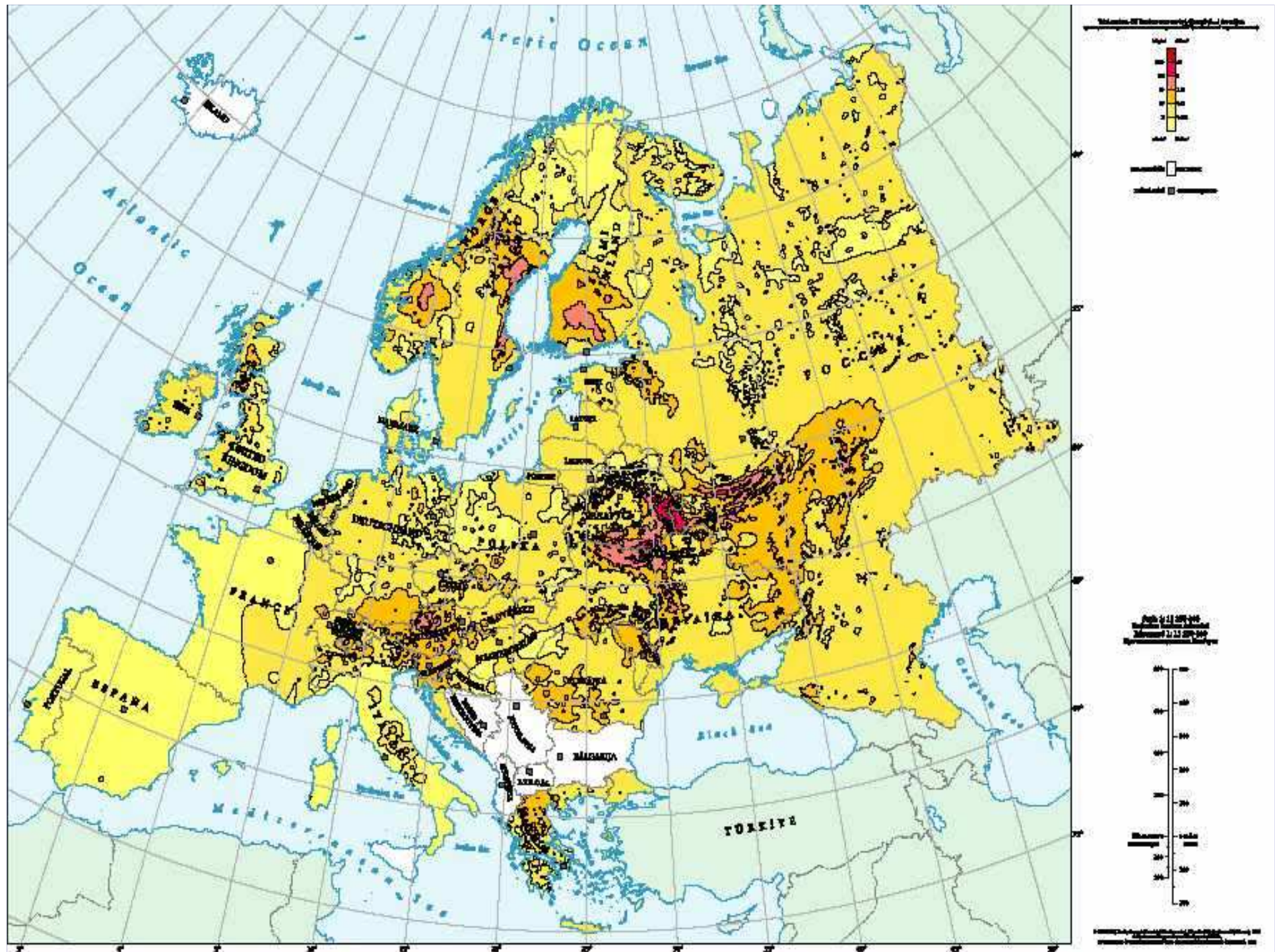




 ^{137}Cs deposition on the ground greater than 555 kBq/m^2



Credit: ARAC



Reakce na havárii

- Stabilizace situace na elektrárně
- Evakuace lidí z nejpostiženějších území
- Výstavba Sarkofágu
- Dekontaminace techniky, sídel a usedlostí
- Opatření v zemědělství, vodním hospodářství a lesnictví
- Postupné odstavování bloků, RAO, palivo



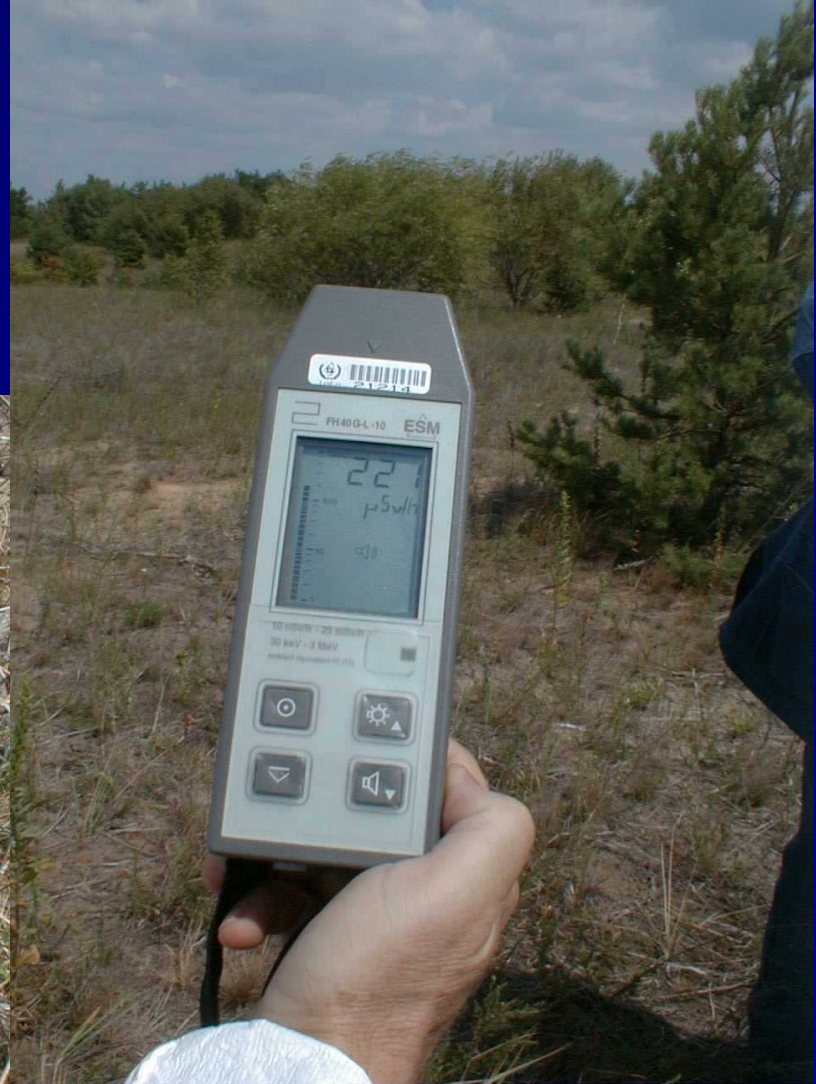
Následky

- Akutní nemoc z ozáření potvrzena u 134 pracovníků elektrárny a hasičů
 - 31 lidí zemřelo bezprostředně po nehodě, z toho 28 na následky ozáření
 - v průběhu 20 let po nehodě zemřelo následky ozáření dalších 19 lidí z této skupiny
- Vyšší dávky obdrželo více než 600 tisíc likvidátorů a lidé žijící v blízkosti reaktoru
 - většinou dávky v řádu stovek mSv, srovnatelné s celoživotní dávkou při typickém přírodním pozadí
 - většina evakuovaných obdržela dávku menší než 250 mSv
 - žádná časná radiační poškození
 - vysoké dávky na štítnou žlázu

Následky

- Rakovina štítné žlázy u dětí, více než 4000 případů,
– 9 úmrtí
- Očekává se, že v průběhu následujících desetiletí zemře několik tisíc dalších lidí na zhoubné novotvary v jejím důsledku
- Významná kontaminace ^{137}Cs na ploše více než 200 tisíc km^2 , převážně v zemích bývalého SSSR
- 340 tisíc lidí evakuováno nebo přesídleno
- Více než 5 milionů lidí stále žije na kontaminovaných územích
- Ekonomické ztráty v řádu stovek miliard dolarů, které havárie vyvolala ve třech nejvíce postižených zemích (Ukrajina, Bělorusko, Rusko) jsou pro tyto státy enormně zatěžující.





Závěrem

- Dopady na zdraví lidí a na životní prostředí jasně charakterizují černobylskou havárii jako nejvážnější jadernou havárii v historii.
- Stejně vážné, ne-li vážnější, však byly dopady rozporuplných informací a obrovské přehánění rozsahu následků obsažené ve zprávách medií a řadě pseudovědeckých publikací, dodnes se můžeme setkat s výčtem obětí sahajícím do stovek tisíc.
- Psychologické a společenské dopady byly obrovské.
- Více než 100 tisíc lidí bylo evakuováno okamžitě, celkový počet evakuovaných překročil 350 tisíc. Pro všechny to byl bezesporu traumatizující zážitek.

I katastrofy přinášejí užitek...

- Odezva na černobylskou havárii se stala ukázkou toho, jak mezinárodní společenství dokáže spolupracovat při řešení naléhavých zdravotních, ekonomických a sociálních problémů lidí katastrofou tohoto rozsahu postižených. Černobyl se tak stal jedinečným průběžským kamenem mezinárodní solidarity a spolupráce. Zapojily se vlády, mezinárodní organizace, lékaři, vědci i prostí lidé.
- Mezi reakcemi na havárii můžeme samozřejmě najít i příklady chybných politických a technických rozhodnutí, která neodrážela skutečné ekonomické a ekologické potřeby a negativně ovlivnila vývoj jaderné energetiky ve světě. Nicméně mnoho zkušeností získaných po černobylské havárii může být s úspěchem využito při případných dalších katastrofách ať už přírodních nebo způsobených činností lidí.

I katastrofy přináší užitek...

- Černobyl znamenal konec a začátek. Konec etapy, kdy se jaderná energetika vyvíjela v jednotlivých regionech dosti izolovaně, a začátek cesty k mezinárodnímu sdílení zkušeností mezi všemi členy jaderné komunity. Černobyl nade vší pochybnost ukázal, že otázky jaderné bezpečnosti přesahují hranice států.
- Přes počáteční ostře odmítavou reakci veřejnosti a médií podíl jaderné energetiky na světové výrobě elektřiny nepoklesl, došlo k podstatnému zlepšení bezpečnosti a spolehlivosti jaderných elektráren. Pozornost se zaměřila nejen na technická vylepšení projektu, ale i na podstatné omezení pravděpodobnosti selhání lidského činitele.