

13.1 Černobyl - stupeň 7

26. dubna 1986 v 1 hodinu 23 minut došlo na 4. reaktorovém bloku jaderné elektrárny Černobyl v bývalém Sovětském svazu k těžké havárii reaktoru.

Stavba čtvrtého bloku byla dokončena v prosinci 1983. Obvykle se předtím, než je elektrárna spuštěna, provádějí ještě asi půl roku po dokončení stavby testy, které prověřují chod jednotlivých částí. Osud Černobylu byl však, patrně vinou sovětského velikášství, poněkud odlišný. Podle plánu měl být Černobyl spuštěn do konce roku 1983 a tento plán byl splněn. Výroba elektřiny začala 20. prosince 1983.

Jeden z neprovedených testů měl ověřit nouzové fungování turbíny. V případě poruchy na reaktoru musí být turbína schopna setrvačností vyrábět dostatek elektřiny ještě alespoň 45 sekund, než se spustí nouzové generátory. Tato elektřina pohání chladicí čerpadla, regulační a havarijní tyče, osvětluje velín i řídicí pult, je tudíž pro bezpečnost reaktoru životně důležitá.

Zkouška turbíny byla prováděna dodatečně, v noci z 25. na 26. dubna 1986. Experiment měl probíhat takto: Snížení výkonu na 25-30% (700-1000 MW tepelných), což je nejnižší výkon, při kterém je povolen provoz tohoto reaktoru. Dále odstavení první ze dvou turbín, následné odpojení havarijního chlazení (aby nezačalo působit během testu) a nakonec přerušení přívodu páry. Černobylská elektrárna měla smůlu v tom, že nastala posoupnost nepředvídaných událostí, které vedly ke smutnému konci:

Experiment neřídili specialisté na jaderné elektrárny, neboť byl chápán jako výhradně elektrotechnická záležitost. Tým elektrotechniků začal 25. dubna jednu hodinu po půlnoci snižovat výkon v reaktoru. Snižování probíhalo zhruba do jedné hodiny odpolední, kdy výkon reaktoru klesl na polovinu a byl odstaven první turbogenerátor. Poté byl odpojen systém havarijního chlazení reaktoru, aby nezačal působit během testu.

Ve 14 hodin je test nečekaně zastaven - blíží se oslavy 1. máje a továrny potřebují dohnat plány. Na požádání Ukrajinských energetických závodů je tedy test odložen téměř o 9 hodin. Obsluha na tuto dobu nechává odpojen systém nouzového chlazení reaktoru, přestože je to v rozporu s předpisy.

Pracovníci ranní směny, kteří byli seznámeni s testem a znali celý postup, jsou v důsledku odkladu vystřídáni. Speciální tým elektroinženýrů zůstává na místě.

Odpolední směna pokračuje ve snižování výkonu, což trvá do pozdních nočních hodin. Dochází k dalšímu střídání směn. V noční směně je méně zkušených operátorů, kteří se navíc na zkoušku nepřipravovali.

26. dubna v jednu hodinu ranní přípravy na test vrcholí. Nastávají problémy s udržením stability výkonu reaktoru. Chybou operátora nastal prudký pokles výkonu reaktoru až na 30 MW tepelných, což znamená téměř zastavení štěpné reakce. V tento okamžik měl být reaktor odstaven, neboť se nacházel ve značně nestabilním stavu mimo oblast povoleného provozu. Operátoři se však rozhodli pokračovat v experimentu. Dopustili se přitom několika závažných chyb.

Regulační tyče, které by v nouzi reaktor zastavily, byly vysunuty výše, než dovolují předpisy.

Aby zvýšili výkon, zapínají operátoři přídavné oběhové čerpadlo. Výkon tím však naopak snižují, protože vlivem silného ochlazování klesá tlak. Automatické havarijní systémy, které by v tento okamžik reaktor odstavily, obsluha úmyslně odpojila.

V 1:22:30 hodin operátoři zjišťují, že počet regulačních tyčí v aktivní zóně odpovídá necelé polovině povolené hodnoty. Ještě byl čas reaktor odstavit, avšak rozhodli se pokračovat.

Test začíná v 1:23:04 hodin. Poslední chybou bylo zablokování havarijního signálu, který by při uzavření přívodu páry na turbínu automaticky odstavil reaktor. Poté operátoři uzavřeli přívod páry a experiment začal. Reaktor dál běžel na výkonu 200 MW tepelných, došlo však k výraznému snížení průtoku chladicí vody a rostla její teplota i tlak. S rostoucím množstvím páry se zvyšoval počet neutronů v aktivní zóně. V této chvíli už nebylo cesty zpět. Regulační tyče nemohly bránit vzrůstu množství neutronů, neboť byly téměř všechny vytaženy z aktivní zóny. Snaha odstavit reaktor jejich zasunutím byla marná. Dráha pro zasunutí tyčí byla totiž teplem zdeformovaná, některé tedy ani zasunuty být nemohly.

Pár vteřin poté, v čase 1:23:44, došlo ke dvěma mohutným výbuchům. Přetlakovaná pára v reaktoru odsunula horní betonovou tisícitunovou desku. Reaktor byl otevřen, vnikl do něj vzduch a reakcí vodní páry s rozžhaveným grafitem vznikl vodík, který explodoval a rozmetl do okolí palivo s hořícím grafitem, což způsobilo požár.

Vzniklý radioaktivní mrak byl větrem hnán nejdříve nad Skandinávií, odkud se vrátil zpět do místa svého vzniku. Ještě ve stejný den změnil vítr směr a vál přes Polsko přibližně směrem na tehdejší Československo a na Rakousko. Vlna se odrazila od Alp a přešla naše území ještě jednou, směrem na Polsko. Druhá velká vlna zasáhla Bulharsko.

5. května došlo k rozsáhlému úniku radioaktivity, který byl téměř stejně velký jako 26. dubna. Únik však později prakticky úplně ustal. Dosud nebylo nalezeno přijatelné vysvětlení tohoto druhého úniku.

Při snaze najít informace o důsledcích této katastrofy jsem pochopila, že velice záleží na tom, který zvolíte zdroj. Já jsem si vybrala pohled holandského chirurga J. de Boera, odborníka v oblasti medicíny velkých katastrof a člena mezinárodní komise, jež zkoumá dlouhodobé následky katastrofy jaderné elektrárny Černobyl. Svě studie prezentoval na výroční vědecké konferenci ECSO (Evropská rada skeptických organizací) v roce 2000, o které se lze dočíst na internetových stránkách www.sisyfos.cz:

Při likvidaci havárie bylo zraněno na 200 lidí, kteří utrpěli jednak popáleniny, jednak různé stavy nemoci z ozáření. S ohledem na pokračující únik radioaktivních látek do ovzduší byl reaktor zasypán z vrtulníku olovem, jílem a pískem a pode dnem reaktoru byl narychlo vybudován tunel, zalitý dodatečnou vrstvou betonu, aby se rozžhavené palivo nepropadlo do země. Jelikož v blízkém atomovém městečku Pripjati stoupla radioaktivita proti přirozenému pozadí o tři řády, bylo v neděli 27. 4. během tří hodin pomocí 1 200 autobusů evakuováno 45 000 obyvatel Pripjati do bezpečí. Evakuace proběhla bez paniky a byla posléze rozšířena na všechny obyvatele do vzdálenosti 30 kilometrů od místa neštěstí. Kromě obyvatel se evakoval i dobytek. Tato zóna je dodnes oficiálně vyklizena, ačkoliv mnoho lidí se později do ní vrátilo bez povolení úřadů. Během příštích měsíců byl havarovaný reaktor utěsněn betonovým sarkofágem a kolem zasažené oblasti byla vybudována 8 km dlouhá a 30 m hluboká zeď, zabraňující radioaktivní spodní vodě v kontaminaci řeky Dněpr. Aktivní dekontaminace domů a silnic nepřinesla valné výsledky, zatímco nejvíce si pomohla příroda sama díky větru, dešti a radioaktivnímu rozpadu. Odhaduje se, že až 25 milionů curie uniklo do ovzduší zejména v podobě radioaktivních izotopů jódu a cesia a nakonec skončilo v potravinách, zvláště v mléku, masu a zelenině. Vláda tomu čelila zákazem pastvy dobytka a pěstováním obilí v postižené oblasti. Obyvatelé dostali dodatečně jódové tablety jako ochranu před radioaktivním izotopem .

Výsledné údaje o obětech katastrofy jsou podstatně nižší, než se může zdát ze zpráv ve sdělovacích prostředích či od rozličných protijaderných občanských aktivit: Na následky zranění při havárii zemřelo ihned 28 lidí a další tři podleli zranění o několik dní později, takže prokázaný počet obětí činí 31 osob. Dalších 135 prodělalo akutní nemoc z ozáření, ale jsou dosud naživu a v současné době bez potíží, jež by mohly být vyvolány touto chorobou. Celkem na 750 tisíc lidí se účastnilo záchranných operací a je nyní roztroušeno po celém území někdejšího SSSR. Objektívni vědecké studie desítek tisíc lidí neprokázaly žádnou souvislost mezi jejich případnými chorobami a zmíněnou jadernou katastrofou, podobně nebyla nalezena žádná souvislost mezi katastrofou a četností potratů, porodu defektních novorozenců, výskytem nádoru štítné žlázy u dětí či abnormální zvýšení počtu lymfocytů u dětí ve věkové skupině 2-20 let. Katastrofa měla ovšem vážné důsledky v psychosociální oblasti.

Existují však i jiné studie černobylských následků. Na stránkách www.ecn.cz je možné dočíst se následující:

Podle Vladimíra Černosěnka, hlavního odborníka řídicího práce v zakázané zóně, do roku 1991 zemřelo 7000 až 10 000 likvidátorů na následky havárie. Podle jeho názoru jde však pouze o odhad, protože přesné údaje už nikdo nezjistí.

Do roku 1994 zemřelo již 13 000 likvidátorů, z toho 20% sebevraždou. Dalších 70 000 je nyní v invalidním důchodu. Průměrný věk zemřelých je 35 let.

Podle oficiálních údajů ukrajinského Ministerstva zdravotnictví zemřelo v letech 1993 a 1994 jen na Ukrajině 2035 likvidátorů, z toho 1337 na následky ozáření z Černobylu.

Zdravotní prohlídky v roce 1991 konstatovaly, že jen třetina likvidátorů je zdravá. Výrazné zhoršení jejich zdravotní situace nastalo mezi 5. a 8. rokem po havárii. Nejčastější potíže zahrnují nemoci dýchacích cest, zhoubné nádory, poruchy nervového systému, srdeční potíže. Kolem 90% likvidátorů trpí duševními poruchami - depresemi, úzkostí, nepokojem. Výzkum také prokázal snížení imunity.

Podle ministerstva pro ochranu obyvatel se od havárie do roku 1994 zvýšil v Bělorusku výskyt poruch štítné žlázy 40-krát, poruchy tvorby krve 8-krát.

V minulých letech také výrazně narostl počet nemocí v místech, která jsou nejvíce zasažena radioaktivním spadem. Nejvíce trpí děti, které jsou na radioaktivitu mnohem citlivější než dospělí. Podle údajů běloruského Ministerstva zdravotnictví je v místech s největší kontaminací zdravých pouze 10% dětí. Téměř jedna třetina dětí trpí chronickými zdravotními potížemi.

Již v roce 1992 zaregistrovalo Ministerstvo zdravotnictví Ukrajiny dvojnásobně zvýšený výskyt rakoviny štítné žlázy u dětí, v roce 1994 dosáhl výskyt rakoviny štítné žlázy v některých oblastech 24-násobného zvýšení. Dodnes bylo registrováno 1800 případů rakoviny štítné žlázy, z toho 3 děti zemřely.

V současné době se v souvislosti s Černobylem objevil nový problém v podobě rozpadajícího se sarkofágu. Zatím není jasné, jak se v této situaci bude postupovat.

13.2 Three Mile Island - stupeň 5

V roce 1979 došlo na druhém bloku elektrárny Three Mile Island k největší jaderné havárii v Americe. Elektrárna se nachází na stejnojmenném ostrově, který leží uprostřed řeky Susquehanna přibližně 16 km od Harrisburgu, hlavního města státu Pensylvánie v USA.

Reaktor byl spuštěn 30. prosince 1978, stejně tak jako Černobyl urychleně. Provozovatel elektrárny, společnost MetEd, tím ušetřil na daních 100 milionů dolarů. Během necelých tří měsíců provozu elektrárny došlo k několika závadám.

K havárii došlo ve středu 28. března 1979. Začala poměrně nevinně, když ve 4 hodiny ráno vypovědělo službu čerpadlo sekundárního potrubí a turbína na toto potrubí napojená se automaticky odpojila. Reaktor tedy už nevyráběl elektřinu, přesto pracoval dál na plný výkon. Důsledkem byl růst teploty a tlaku v hlavním chladicím potrubí, což vedlo k automatickému spuštění dalších kontrolních mechanismů. Otevřel se přetlakový pojistný ventil, aby snížil narůstající tlak v potrubí a poté se reaktor zastavil. Do tohoto okamžiku se situace nevyvíjela nijak neobvykle, jednalo se o poruchu, ke které došlo již několikrát. Pojistný ventil se však zablokoval v otevřené poloze. Tlak v potrubí proto stále klesal. Nádrž, do které pojistný ventil ústí, brzy přetekla. Radioaktivní voda zaplavila prostor kolem reaktoru.

Obsluha reaktoru byla na problém upozorněna poplašnými signály, ale neznala jeho příčinu - kontrolka ukazovala, že se pojistný ventil zavřel. Další kontrolky, které signalizovaly selhání náhradních čerpadel, která měla začít chladit reaktor, ale byla mimo provoz kvůli v té době probíhající údržbě, byly zakryty pohozenými papíry a obsluha si jich proto nevšimla.

Tlak chladicí vody v reaktoru stále klesal. Reaktor byl již zastaven, ale stále vyráběl setrvačností asi 6% tepelného výkonu, který bylo potřeba odvádět a reaktor chladit. Naštěstí se spustila havarijní čerpadla, která do reaktoru začala pumpovat chladicí vodu. Jedno z čerpadel však bylo v důsledku špatného pochopení situace obsluhou ručně zastaveno.

V důsledku těchto událostí začala velice rychle voda v reaktoru vřít. Teplota prudce stoupala a praskaly palivové tyče, reaktor se začínal tavit a radioaktivní plyny dostaly možnost úniku.

Rozsah havárie společnost MetEd několik dní tajila. Teprve po dvou dnech, kdy už byla největší část uniklé radioaktivity rozptýlena do dalekého okolí, mohly vládní úřady nařídít evakuaci tisíců lidí. V důsledku utajování dodnes nikdo neví, kolik radioaktivních látek tenkrát uniklo.

13.3 Jaslovské Bohunice (Československo) - stupeň 4

V roce 1972 byla uvedena do provozu první československá jaderná elektrárna v Jaslovských Bohunicích. Použitý reaktor, moderovaný těžkou vodou a chlazený plynem o výkonu 103 MW, byl v podstatě pilotním projektem československé energetiky. Ještě před jeho spuštěním však bylo rozhodnuto stavět dále jaderné elektrárny jen na bázi sovětských tlakovodních reaktorů.

Počátkem roku 1977 došlo na reaktoru A-1 k havárii způsobené chybou obsluhy. Při rutinní výměně palivových článků (prováděla se průběžně, prakticky denně) došlo k ucpání kanálu, v němž je článek umístěn. Tím se zabránilo oběhu chladicího plynu přes článek a palivo se začalo tavit. Vysoká teplota způsobila poškození speciální nádoby s těžkou vodou, která pronikla do primárního okruhu a způsobila rychlou erozi a poškození jedné čtvrtiny z 571 palivových článků v reaktoru. Uvolněné radioaktivní nuklidy z paliva zamořily primární okruh, ale neunikly mimo zařízení elektrárny. Zraněn ani ohrožen nebyl nikdo z personálu, totéž se týkalo i okolního obyvatelstva. Vzhledem k závažnosti poškození zařízení elektrárny, zejména reaktorové nádoby, a skutečnosti, že žádný další reaktor tohoto typu nebyl stavěn, bylo rozhodnuto reaktor neopravovat a elektrárnu definitivně odstavit.

Poznámky:

Curie (Ci) je starší jednotkou aktivity a jeho hodnota je $1 \text{ Ci} = 3,7 \cdot 10^{10} \text{ Bq}$

Pokud má tělo nedostatek jódu, nepohrdne ani radioaktivním izotopem tohoto prvku. Proto je třeba v případě uniklé radioaktivity tělu jód dodat v podobě tablet, aby jej nepřijímalo z ovzduší.

GREENPEACE

Majak – řetěz ekologických katastrof

Sovětský jaderný program zahájil Josif Stalin ve snaze vyrovnat se americkému „úspěchu“ v Hirošimě a Nagasaki. Jednou z klíčových částí tohoto programu byl jaderný komplex Majak. Výstavba závodu začala v listopadu 1945 a již v roce 1948 zde začal pracovat první reaktor produkující plutonium pro atomové bomby. V srpnu 1949 byla odpálena první sovětská bomba, která obsahovala plutonium z Majaku. Stalo se tak na počest Stalinových sedmdesátých narozenin.

Majak leží v pohoří Uralu, přibližně 80 kilometrů severně od města Čeljabinsk. Je to vůbec největší jaderný komplex na světě. Jeho historie je jedním dlouhým řetězem jaderných katastrof, ekologických havárií a hazardováním s lidskými životy.

Od roku 1949 až do roku 1956 Majak vypouštěl vysoce radioaktivní tekuté odpady přímo do řeky Teči. Více než 124 tisíc lidí žijících podél řeky, která pro ně sloužila jako hlavní zdroj pitné vody, obdrželo obrovské dávky radioaktivity. Když byl rozsah této kontaminace konečně uznán, přes sedm a půl tisíc vesničanů bylo narychlo evakuováno. Tento krok však přišel pozdě. Celkem 8 tisíc lidí tehdy na následky ozáření zemřelo.

V září 1957 došlo v Majaku k druhé nejhorší jaderné havárii na světě. Kovový tank obsahující 300 krychlových metrů vysoce radioaktivních odpadů se přehřál a explodoval. Při tom se uvolnil radioaktivní mrak o aktivitě 74 tisíc Tbq (terabecquerelů), který zamořil více než 23 tisíc čtverečních kilometrů. Postiženo bylo celkem 272 tisíc lidí, z nichž pouze 10 200 bylo evakuováno.

Do jezera Karačaj byla z Majaku celkem 16 let vypouštěna obrovská množství tekutého radioaktivního odpadu. Díky tomu je toto jezero označováno jako nejvíce radioaktivně zamořené místo na naší planetě. Ještě dnes by prý bylo smrtelně nebezpečné postát jedinou hodinu na jeho břehu. V horkém a větrném létě roku 1967 jezero vyschlo. Radioaktivní prach o aktivitě 22 TBq byl rozfoukán po ploše 2700 čtverečních kilometrů, což katastrofálně postihlo 41 500 obyvatel. Všechny tři jaderné katastrofy byly sovětskou vládou skoro 30 let úspěšně tajeny.