

Souhrn průběhu nehody v JE Fukušima Dai-ichi

Prvotní příčinou jaderné havárie Fukushima-Daiichi bylo zemětřesení, které vzniklo dne 11.3.2011 ve 14.46 hod s epicentrem ve vzdálenosti cca 150km od východního pobřeží Japonska. Intenzita zemětřesení v epicentru byla odhadnuta na 9 stupňů RichtEROVY stupnice. Kromě vlastních otřesů na pevnině, které způsobily prvotní devastaci budov a přilehlé infrastruktury, zemětřesení vyvolalo následnou přílivovou vlnu (tzv. tsunami) ve výši cca od pěti do třiceti pěti metrů, která způsobila další destrukci vnitrozemí až do vzdálenosti cca 10 km od pobřeží. Mimořádně silné otřesy země společně s tsunami poničily na zasaženém území, mimo jiné i elektrickou rozvodnou síť a dopravní infrastrukturu. Zasažená oblast se ocitla na dlouhou dobu bez elektrické energie.

Podle dosavadních informací byly všechny reaktory, které byly v momentu zemětřesení v provozu v prvních okamžicích zemětřesení projektově odstaveny bez vážnějšího poškození jejich budov a technologie. Tam, kde nebylo k dispozici rezervní elektrické napájení z elektrické sítě, bylo napájení dochlazování reaktorů zajišťováno nouzovými elektrickými dieselgenerátory. Následná vlna mořské vody, která se na pobřeží dostavila asi s 40 minutovým zpožděním, způsobila, že jaderná elektrárna Fukushima-Daiichi přišla o tyto nouzové zdroje elektrického napájení. Elektrárna se tak ocitla bez jakéhokoli zdroje elektrické energie pro vlastní spotřebu, tj. v podmínkách tzv. blackoutu. Důsledkem na všech blocích elektrárny Fukushima Daiichi byla ztráta jedné ze základních bezpečnostních funkcí – ztráta odvodu zbytkového tepla z ozářeného paliva v aktivních zónách reaktorů a ve skladovacích bazénech vyhořelého jaderného paliva (VJP). To vedlo k postupnému přehřátí paliva v reaktorech nad teplotu 800 °C, které vedlo k reakci povlakových materiálů paliva s vodou a vývinu vodíku. V další fázi došlo k poškození pokrytí paliva a následnému tavení aktivní zóny doprovázenému uvolňováním radioaktivních štěpných produktů do ochranných obálek (kontejnmentů) reaktorů. Současně se uvolněný vodík koncentroval a po dosažení výbušné koncentrace způsoboval exploze vedoucí k destrukci budov mimo ochrannou obálku (kontejnment).

Došlo k úniku radioaktivních produktů štěpení do životního prostředí, a to jak vzduchem, tak z prosakující chladicí vody.

Co jsou zátěžové testy?

Téměř ihned po nehodě v JE Fukušima začaly rozhovory představitelů Evropské komise s národními jadernými dozory zemí EU a rovněž v rámci Asociace západoevropských jaderných dozorů (WENRA) a Vysoké skupiny pro jadernou bezpečnost (ENSREG) o nutnosti znovu zhodnotit odolnost evropských jaderných elektráren vůči extrémním externím vlivům. Po několikátýdenním vyjednávání s provozovateli jaderných zařízení se rozeběhl program zátěžových testů zaměřený na velmi výjimečné potenciální příčiny havárií - jako zemětřesení a záplavy, a na analýzy jejich důsledků, které by mohly vést až k úplné ztrátě bezpečnostních funkcí.

Dopisem z 24.3.2011 se komisař EU pro energetiku G.H. Oettinger obrátil na předsedu ENSREG (skupina evropských orgánů dozoru v rámci EU) s žádostí o přípravu tzv. stress testů, a to s využitím návrhu vypracovaného WENRA (asociace evropských orgánů dozoru sdružující i zástupce států mimo EU) z 21.3.2011.

Dne 13.5.2011 se ENSREG a EK dohodly, že provozovatelé jaderných elektráren v členských zemích EU budou vyzváni, aby provedli hodnocení odolnosti svých zařízení vůči externím vlivům. Ihned měla začít hodnocení rizik vyvolaných přírodními jevy, které provedou provozovatelé JE pod dohledem národních orgánů dozoru, zatímco hodnocení rizika, které je

vyvoláno lidskou činností (terorismus, pád letadel) bude provedeno kompetentními orgány v této oblasti a požadavky na obsah a rozsah testů budou stanoveny EK později.

Základním cílem zátěžových testů je pomoci nalézt odpovědi na následující otázky:

- Nemůže být bezpečnost našich jaderných elektráren ovlivněna chybami v projektu či umístění?
- Jsou dostatečně odolné vůči extrémním přírodním událostem (zemětřesení, záplavy...), a to i takovým, které se za dobu provádění záznamů na našem území nevyskytly, ale teoreticky se vyskytnout můžou?
- Jaké jsou jejich rezervy do maximální myslitelné havárie (ztrátě všech bezpečnostních funkcí) vynucené i kombinacemi nepříznivých událostí?
- Existují rozumně aplikovatelná opatření (technická a organizační) pro zvýšení těchto rezerv bezpečnosti vůči maximální myslitelné havárii?

Testy se tedy zaměřily na opětovné hodnocení lokality, kde jaderné elektrárny pracují, a nalezení i velmi málo pravděpodobných scénářů, které by mohly bezpečnost jaderné elektrárny ohrozit. Poté byl znovu zhodnocen projekt jaderné elektrárny a jeho modifikace z pohledu schopnosti na výše uvedené události adekvátně reagovat a zvládnout je bez významného úniku radiace mimo areál elektrárny. Hodnocení počítá deterministicky se ztrátou jedné, více, nebo dokonce všech úrovní (částí, bariér) hloubkové ochrany (Defense in Depth - DiD). Při hodnocení se nebere ohled na jakkoli nízkou pravděpodobnost výskytu události, hledá se pro případ extrémních přírodních událostí naprosto nejhorší scénář podle hesla „cokoli je fyzikálně možné, může se stát“. Tento přístup je velmi výjimečný, protože jaderné elektrárny jsou projektovány, stavěny a provozovány tak, aby se jednotlivé úrovně ochrany do hloubky za všech myslitelných okolností udržely. V rámci zátěžových testů bylo provedeno zhodnocení odolnosti jaderných elektráren dané projektem a fyzikálními zákony, proti extrémním událostem vedoucím k těžké havárii při postupném vyřazování všech stávajících projektových obranných mechanismů zařízení. Pracovali jsme se scénáři jejich postupného selhávání, které vedlo zařízení záměrně do nejtěžší havárie. Analýzy v rámci zátěžových testů zahrnují i úvahy o tzv. cliff-edge effects tj. bodech zvratu, kdy se situace náhle v důsledku i poměrně jednoduchého selhání zásadně zhorší (např. vyčerpání kapacity baterií, zatopení překročí určitou hladinu, která znamená skokovou ztrátu funkce významného zařízení).

Vzhledem k velmi krátkému času, který mohl být provedení zátěžových testů věnován, bylo výhodou, že jsme mohli použít existující analýzy a využít zkušeností s provozem. Hodnocení bylo doplněno fyzickou prohlídkou konkrétních zařízení (walk down).

Jak zátěžové testy navazují na stávající procesy dozoru nad jadernou bezpečností?

Zátěžové testy, tak jak byly navrženy, doplňují stávající robustní systém procesů hodnocení a analýz prováděných průběžně na národní úrovni. Nelze rovněž opomenout rozsáhlou mezinárodní spolupráci, která má přispívat a přispívá k neustálému zvyšování úrovně jaderné bezpečnosti. Bezpečnost českých jaderných elektráren je neustále hodnocena a kontrolována národním jaderným dozorem (SÚJB), přesně podle zásad a požadavků dobré mezinárodní praxe. Hodnocen a kontrolován je soulad s požadavky mezinárodních úmluv a s legislativou ČR (Atomový zákon, vyhlášky SÚJB, nařízení vlády). Česká republika má tradici jaderné bezpečnostní legislativy sahající do začátku 70-tých let.

Vedle povolovacího řízení vedeného k výstavbě nových jaderných zařízení je v ČR dlouhodobě zavedena praxe periodického hodnocení bezpečnosti (PSR) jaderných elektráren v 10-ti letých intervalech. V rámci periodického hodnocení bezpečnosti se hodnotí do jaké

míry systémy, konstrukce a komponenty jaderného zařízení jednotlivě i jako celek, včetně jejich obsluhy, odpovídají současným bezpečnostním požadavkům obsaženým v právních předpisech ČR, doporučeních WENRA a MAAE a mezinárodní praxi. Je hodnoceno, do jaké míry zůstávají v platnosti původní projektová východiska, na jejichž základě byla vydána povolení SÚJB k umístění, výstavbě a provozu jaderného zařízení.

Poslední periodické hodnocení jaderné bezpečnosti JE Dukovany bylo provedeno v letech 2006 a 2007 po 20 letech provozu. Jednalo se o hloubkovou kontrolu plnění požadavků domácích i mezinárodních legislativních dokumentů.

První blok JE Temelín prošel periodickým hodnocením bezpečnosti v roce 2010, po deseti letech provozu.

Zcela výjimečným procesem mezinárodního hodnocení prošly projekty obou jaderných elektráren v rámci tzv. Mimorozpočtového programu MAAE v letech 1991 – 1997 zaměřeného na reaktory VVER.

S cílem objektivní hodnocení skutečného stavu zajištění jaderné bezpečnosti JE Dukovany a JE Temelín jsou na obě jaderné elektrárny pravidelně zvány mezinárodní mise, zejména mise MAAE a WANO, které hodnotí vybrané oblasti z pohledu svých bezpečnostních požadavků a návodů a současné nejlepší mezinárodní praxe. Od roku 1989 se uskutečnilo cca 40 mezinárodních misí na obou elektrárnách.

Jaká byla reakce SÚJB na nehodu v JE Fukušima a jak byly zátěžové testy organizovány v ČR?

SÚJB neprodleně po havárii JE Fukušima jmenoval skupinu expertů, která měla za cíl vyhodnocovat situaci na základě analýz obdržených zpráv z Japonska a následně zajistit komunikaci a objektivní informování veřejnosti o situaci a paralelně udržovat pracovní komunikaci se zástupci provozovatele/držitele povolení k přípravě zpráv a informací požadovaných Evropskou komisí po této havárii. Vzhledem k rozsahu práce a nutnosti provést nezávislé hodnocení podkladů dodaných provozovatelem si SÚJB zajistil analytickou expertní podporu od organizace Centrum výzkumu Řež s.r.o. (dále jen CVŘ) a v oblasti radiační ochrany analytickou skupinu vybraných pracovníků Státního ústavu radiační ochrany SÚRO, v.v.i.. Ve spolupráci s CVŘ byla uvedena do provozu webová stránka, na které měli občané možnost klást dotazy ve vztahu k události na japonské JE Fukushima. Obě tyto skupiny se v prvních dnech po události scházely 2x týdně. Analytická skupina SÚRO připravovala v prvních dnech zprávu o aktuální situaci v Japonsku, reakcích a postojích ve světě a o aktuální radiační situaci na našem území, a to s frekvencí 2x denně. V návaznosti na stabilizování situace v Japonsku se frekvence předávání zpráv snížila na 2x týdně.

V rámci komunikace s veřejností a médii byly na internetových stránkách SÚJB v prvních dnech po události, ve spolupráci s odborníky z CVŘ a ÚJV Řež a.s., poskytovány informace k technologickým a bezpečnostním charakteristikám havarovaných bloků a těžkých havárií. Současně byly denně prezentovány aktualizované informace o vývoji situace v Japonsku a v ČR a zveřejňována stanoviska SÚJB k jednotlivým oblastem (zdravotní účinky dávek ionizujícího záření, jodová profylaxe, aktuální radiační situace na území ČR, cestování do třetích zemí - zejména Japonska, kontroly potravinových a nepotravinových zásilek původem z Japonska, vyjádření k poplašným zprávám, atd.). Tato interaktivní webová platforma byla velmi úspěšná.

V exponovaném období havárie SÚJB obousměrně komunikoval s mezinárodními organizacemi MAAE, OECD a EK, včetně systému ECURIE (systém EK pro výměnu informací v případě jaderné havárie). Do OECD a ECURIE byly postupovány informace o

zavedených opatřeních a jejich rozsahu pro vytvoření přehledu reakcí jednotlivých členských států. Komunikace s EK (DG SANCO) týkající se výsledků měřených potravin a krmiv pocházejících nebo zasílaných z Japonska byla vedena přes Státní zemědělskou a potravinářskou inspekci.

Požadavek EK na provedení zátěžových testů oficiálně sdělil SÚJB dne 25. 5. 2011 dopisem provozovateli obou jaderných elektráren Dukovany a Temelín ČEZ a.s.. Přípravu zpráv o zátěžových testech zahájil ČEZ a.s. dne 1. 6. 2011 ustavením zvláštní skupiny v rámci své Divize výroba. Tato skupina byla složena z pracovníků obou elektráren a určených odpovědných garantů za přípravu jednotlivých částí zprávy. Skupina zahrnovala odborníky na jadernou bezpečnost, projekt a provoz jaderných elektráren, řízení havárií, havarijní plánování, fenomenologii těžkých havárií, aj.

Vlastní realizace zátěžových testů probíhala v několika etapách:

- Začátkem června byly sbírány informace z existujících relevantních dokumentů týkajících se zajištění jaderné bezpečnosti (např. bezpečnostní zprávy, dokumentace periodického hodnocení bezpečnosti, předpisy pro havarijní stavy, dokumenty MAAE a další). Následně byly na obou českých jaderných elektrárnách zahájeny pochůzky a kontroly důležitých systémů a zařízení k ověření jejich skutečného stavu.
- Na základě výsledků této kontroly a analýz bezpečnostní dokumentace byly pro obě elektrárny zpracovány první verze zpráv o zátěžových zkouškách a proběhlo jejich první posouzení z hlediska správnosti a vyváženosti informací.
- V druhé polovině června bylo provedeno detailní posouzení a shrnutí zpráv odbornými útvary obou jaderných elektráren a zprávy byly projednány ve Výboru pro bezpečnost ČEZ a.s. Posouzení bylo zaměřeno na identifikaci slabých míst a na navržená možná opatření k prohloubení odolnosti obou elektráren. V této etapě rovněž proběhla výměna informací s ostatními provozovateli JE s reaktory typu VVER.
- Dne 15. 8. 2011 byly zprávy o zátěžových zkouškách JE Dukovany a JE Temelín předány Státnímu úřadu pro jadernou bezpečnost (SÚJB) k posouzení.
- V návaznosti na to SÚJB požádal Centrum výzkumu Řež s.r.o., aby v rámci své funkce technické podpory dozoru (TSO) provedlo zevrubné posouzení obou zpráv a zpracovalo k nim připomínky, jež byly předány autorům obou zpráv v rámci ČEZ a.s. s cílem zohlednit je při přípravě konečných verzí zpráv.
- 15. září SÚJB odeslal EK zprávu o postupu prací na zátěžových zkouškách.
- 31. října ČEZ a.s. předal SÚJB konečné zprávy o výsledcích zátěžových zkoušek provedených na JE Dukovany a JE Temelín.

Jak je strukturována a co je cílem Národní zprávy?

Výsledky zátěžových zkoušek/testů jsou prezentovány v Národní zprávě ve struktuře, která umožňuje dobrou orientaci v poměrně komplexní problematice hodnocení odolnosti elektrárny vůči externím přírodním vlivům. Zároveň Národní zpráva obsahuje základní popis elektráren a lokalit, na kterých jsou vystavěny. Kromě odolnosti vůči extrémním přírodním vlivům zpráva dále hodnotí odolnost vůči ztrátě vnějšího napájení, odolnost vůči dlouhodobé ztrátě možnosti odvádět zbytkové teplo (chladit jaderné palivo v odstaveném reaktoru) a odezvu na těžkou havárii, která by nastala v případě, že by se elektrárny se ztrátou napájení nebo chlazení nedokázaly adekvátně vyrovnat.

Významné externí přírodní faktory (zemětřesení, záplavy, extrémní povětrnostní podmínky) jsou hodnoceny jak z hlediska možnosti svého výskytu v dané lokalitě, tak z hlediska robustnosti elektrárny vůči jejich vlivům.

Každá kapitola pojednávající o konkrétním externím přírodním vlivu tak postihuje v logické návaznosti projektová východiska elektrárny, která jsou souhrnem předpokladů, za jakých byla elektrárna navržena, soulad elektrárny s těmito východisky, a to i za předpokladu možné změny stavu elektrárny v důsledku mnohaletého provozu. Jsou hodnocena preventivní opatření, chránící elektrárnu před předpokládaným vlivem externí události, rovněž tak jsou hodnoceny bezpečnostní rezervy a jejich robustnost. Zde se hodnocení dostává za původní projektové předpoklady. Každá kapitola pak navrhuje zlepšení bariér pro zvýšení robustnosti odezvy na daný externí vliv.

Zvláštní pozornost věnuje Národní zpráva hodnocení ztráty vnějšího elektrického napájení, a to nezávisle na konkrétní příčině. Nezávislost na výchozích příčinách posouvá aplikovatelnost výsledků za rámec konkrétních přírodních účinků, které jsou v Národní zprávě hodnoceny.

Významnou částí Národní zprávy je hodnocení odezvy na těžkou havárii. Jsou hodnocena organizační opatření a připravenost na likvidaci těžké havárie, udržení integrity kontejnmentu jako poslední bariéry před únikem radioaktivity do vnějšího prostředí.

Jaké jsou výsledky zátěžových testů v ČR?

Jaderná elektrárna Dukovany:

- Nebyl nalezen stav, který je nutné bez prodlení řešit. Elektrárna je schopna bezpečně zvládnout i vysoce nepravděpodobné extrémní havarijní stavy, aniž by došlo k ohrožení okolí.
- **K silným stránkám patří zejména:**
 - lokalita s minimálním seizmickým rizikem
 - lokalita prakticky vylučující vnější záplavy
 - dvě velké vodní nádrže na surovou vodu pro elektrárnu
 - velká zásoba chladicí vody uvnitř elektrárny
 - vícenásobné zajištění vnějších zdrojů el. energie
 - kompaktní bazény skladování vyhořelého jaderného paliva zajišťující podkritičnost paliva i při zaplavení čistou vodou
 - velký objem kontejnmentu - hermetických prostor (barbotážní systém) a relativně menší zdrojový člen (nižší výkonové parametry reaktoru)
 - projekty prochází stálou kontrolou a aplikující relevantní nové poznatky
- **Nalezená rizika**
 - rizika při extrémních atmosférických podmínkách (extrémní vítr, ztráta napojení na vnější energetickou síť)
 - lokální rizika z interních záplav (např. při extrémně silných přívalových deštích a selhání odvodu těchto vod z areálu)
 - rizika při narušení infrastruktury v okolí – střídání směn, evakuace, telekomunikace...
 - rizika při těžkém postižení celé lokality – dostupnost techniky, personál, přístupy, kryty...

Jaderná elektrárna Temelín:

- Nebyl nalezen stav, který je nutné bez prodlení řešit. Elektrárna je schopna bezpečně zvládnout i vysoce nepravděpodobné extrémní havarijní stavy, aniž by došlo k ohrožení okolí.
- K silným stránkám z pohledu vnějších rizik patří zejména:

- vhodně vybraná lokalita - seizmicky i klimaticky stabilní oblast, málo osídlená s dostatečným zdrojem surové vody
- lokalita vylučující vnější záplavy
- projekt, který prochází stálou mezinárodní kontrolou nad rámec obvyklý u jiných provozovatelů jaderných zařízení
- velká zásoba chladící vody uvnitř elektrárny
- umístění bazénu použitého paliva uvnitř kontejnmentu
- vícenásobné zajištění vnějších zdrojů el energie
- **Nalezená rizika**
 - Vysoké měrné výkony aktivní zóny reaktorů a z toho vyplývající menší časové rezervy pro obnovení bezpečnostních funkcí po jejich ztrátě
 - Rizika kumulace vodíku při nadprojektové havárii
 - Rizika při extrémních atmosférických podmínkách (zamrzání nafty ve vnějších zásobních nádržích, ztráta napojení na vnější energetickou síť)
 - Lokální rizika z interních záplav
 - Rizika při narušení infrastruktury v okolí - střídání směn, evakuace, telekomunikace...
 - Rizika při těžkém postižení celé lokality – dostupnost techniky, personál, přístupy, kryty...

Jaká jsou doposud identifikovaná rozumná opatření (technická i organizační) k dalšímu efektivnímu zlepšení odolnosti našich jaderných elektráren?

Výsledky zátěžových testů potvrdily existenci bezpečnostních a časových rezerv a vysokou odolnost obou jaderných elektráren proti extrémním vnějším vlivům. Zejména ve vztahu k seismickému riziku se potvrdila správnost dříve přijatých rozhodnutí k implementaci opatření k zodolnění původních projektů elektráren. Na žádné elektrárně nebyl nalezen stav, který je nutné bez prodlení řešit. Obě elektrárny jsou schopny bezpečně zvládnout i vysoce nepravděpodobné extrémní havarijní stavy, aniž by došlo k ohrožení jejího okolí.

Přes výše uvedené konstatování zátěžové testy identifikovaly možnosti dalšího zlepšení odolnosti obou elektráren vůči extrémním vnějším vlivům, a to jak organizačního, tak i technického rázu. Tato potenciální opatření budou předmětem dalších analýz z hlediska efektivnosti. Opatření technického rázu, která by vyžadovala úpravy stávajících projektů elektráren, budou dále podrobena studiím realizovatelnosti, včetně návrhů konkrétních projektových změn, které budou muset být před jejich realizací schváleny SÚJB.

Z doposud identifikovaných možných technických a organizačních opatření ke zvýšení odolnosti lze jako příklad pro JE Dukovany uvést:

- Plnění parogenerátorů pomocí alternativních (projektem nepředpokládaných) zdrojů
- Nouzové zaplavení aktivní zóny
- Plnění bazénu skladování vyhořelého paliva samospádem z barbotážních žlabů
- Pořízení mobilního diesel generátoru (DG) o výkonu 500 kW na blok (4 DG na elektrárnu)
- Zodolnění budov hasičských zásahových jednotek vůči zemětřesení
- Zlepšení nouzového napájení telefonních ústředí
- Vybavení dalšími alternativními prostředky komunikace pro obsluhu elektrárny (vysílačky, satelitní telefony)
- Najít další možnosti dobíjení přenosných svítidel a dalších zařízení na baterie
 - Doplnění postupů pro řízení elektrárny při:
 - Současné události na více blocích různého typu
 - Zemětřesení

- Extrémní události (vítr, teplota, sníh)
- Obnova napájení po úplné ztrátě napájení všech bloků
- Plnění parogenerátorů všech čtyř bloků vodou pomocí hasičské techniky
- Doplnění manipulačních postupů pro použití alternativních prostředků pro nouzové chlazení či nouzové elektrické napájení

Možná opatření ke zvýšení odolnosti pro JE Temelín jsou velmi podobná, navíc lze uvést:

- Zvýšení odolnosti objektu dieselgenerátorů proti vnější záplavě (doplnění těsnění, zábrany, izolačního krytí)
- Zajištění dopravy nafty alternativním způsobem – přípojky, doprava...
- Doplnění rekombinátorů vodíku na počet, který s rezervou zvládne nadprojektové nehody, včetně protavení tlakové nádoby reaktoru a rozlití taveniny v kontejneru