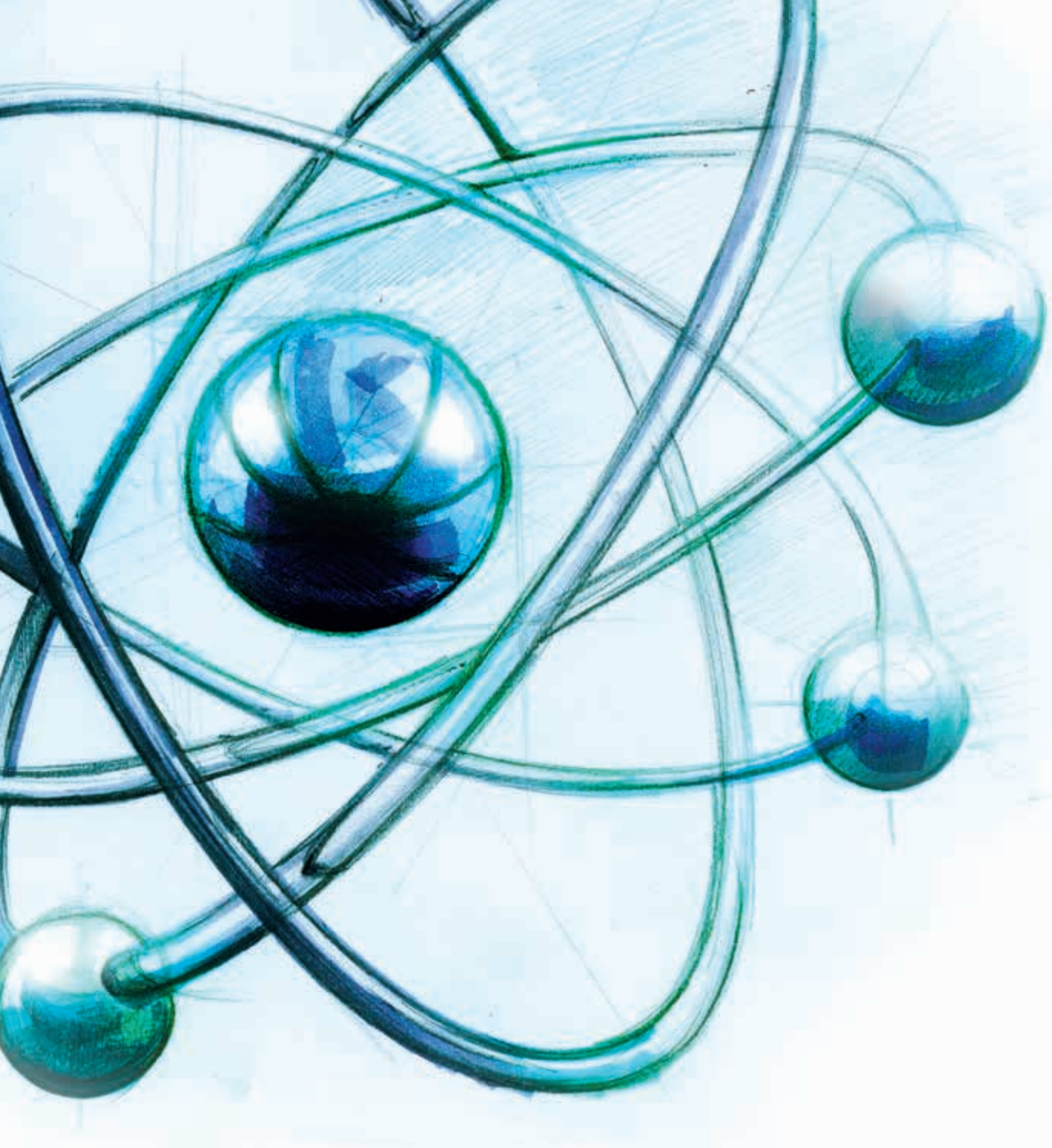
MÝTY A FAKTA

O JADERNÉ ENERGII



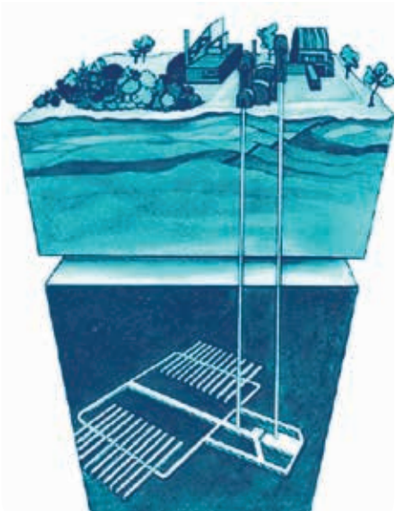
Při každé lidské činnosti vznikají odpady. Jen málokteré jsou tak pečlivě sledovány, evidovány a ošetřeny jako odpady radioaktivní. Navíc jejich množství, co do objemu, je nesrovnatelně menší než z jiných energetických zdrojů. Při technologických procesech v jaderné elektrárně vznikají ve formě pevných látek, kapalin a plynů radioaktivní látky o nízké a střední aktivitě. Provozní odpady obsahující radionuklidy s krátkým poločasem rozpadu se po snížení radioaktivity na přírodní úroveň vypouštějí, ostatní se zpracují lisováním, cementováním nebo bitumenací (zaasfaltováním) a ukládají se v povrchových nebo podpovrchových úložištích, stejně jako podobné radioaktivní odpady např. z lékařských a průmyslových aplikací. V České republice je několik úložišť radioaktivních odpadů, a to v areálu jaderné elektrárny Dukovany, úložiště Richard v Litoměřicích nebo Bratrství v Jáchymově.

Mýtus:
Neexistuje bezpečné řešení ukládání radioaktivních odpadů a použitého paliva

Použité palivo, které obsahuje radionuklidy s vysokou aktivitou a dlouhým poločasem rozpadu, se po určité době skladování v bazénu u reaktoru ukládá do silnostěnných hermeticky těsných ocelových skladovacích kontejnerů v povrchovém meziskladu na území elektrárny. Skladovací kontejnery podstupují náročné testy na těsnost a mechanickou odolnost, takže ani při potenciálním teroristickém útoku nemůže prakticky dojít k úniku radioaktivity do okolního prostředí. Povrchové mezisklady vyhořelého paliva jsou v provozu v areálech elektráren Dukovany a Temelín.

Fakta:
Bezpečné řešení ukládání radioaktivních odpadů a použitého paliva je technicky zvládnuto. Použité palivo není odpad, neboť po přepracování jej lze znovu využít v jaderných reaktorech.

Schéma hlubinného úložiště



U použitého paliva, které po několikaletém využití v reaktoru obsahuje více než 98 % původního štěpného materiálu, se předpokládá, že se přepracuje a opětovně použije v jaderných reaktorech. Jeho přepracováním vznikne objemově zredukované množství vysokoaktivních odpadů, které bude nutné po převedení do pevné formy (např. skla tzv. vitrifikací) dlouhodobě skladovat v hlubinných úložištích. Hlubinná úložiště se umisťují do geologicky stabilních horninových vrstev, jejichž stabilita je prověřena miliony let. Inženýrské bariéry samotné konstrukce úložiště tuto bezpečnost ještě zesilují. Technologie konečného hlubinného ukládání vysokoaktivních odpadů je dnes zvládnuta a řada zemí výstavbu takových úložišť připravuje (u nás je plánované uvedení do provozu v roce 2065). V současné době se hlubinné úložiště staví ve Finsku a ve Švédsku.

Člověk je neustále vystaven působení radioaktivních látek a ionizujícího záření. Přirozenými zdroji jsou kosmické záření, radioaktivita hornin, radon, radioaktivita v lidském těle, ve vodě atd. K tomu je nutno přičíst zdroje vytvořené člověkem, jako je používání rentgenu, radiofarmak pro diagnostické a léčebné účely, televize, lety v letadlech ve výškách přes 10 km a další. Jaderné elektrárny vypouštějí do vzduchu a vody velmi malá množství radioaktivních látek, která se sledují a měří, takže radiační zátěž pro okolí je zanedbatelná.

V ČR se hodnota tzv. efektní dávky za rok na obyvatele pohybuje okolo 3 000 mikroSievertů. Tato hodnota se v různých zemích liší v závislosti na geografické poloze. Příspěvek jaderných elektráren k této hodnotě u nejvíce zatížené skupiny obyvatel je asi tisíckrát menší.

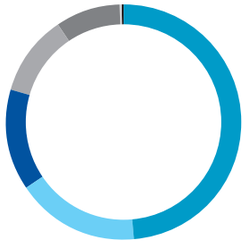
Povolení k vypouštění radioaktivních látek za normálního provozu vydává provozovatelům Státní úřad pro jadernou bezpečnost (SÚJB). Na základě modelů šíření radionuklidů do životního prostředí a modelů výpočtů dávek na člověka se stanovuje tzv. efektivní dávkový ekvivalent pro obyvatele žijící nejblíže jaderné elektrárně. SÚJB stanovil pro obě naše jaderné elektrárny tzv. autorizované limity pro efektivní dávkový ekvivalent: pro plynné výpustě 40 mikroSievert za rok a pro kapalné 6 (Dukovany), resp. 3 mikroSievert (Temelín) za rok.

Mýtus:
Jaderné elektrárny vypouštějí do okolí velké množství radioaktivních látek

Fakta:
Pro vypouštění radioaktivních látek z jaderných elektráren do okolí platí přísné limity. Skutečné vypouštěné množství je více než tisíckrát nižší, než způsobují přirozené zdroje radioaktivity (radon, kosmické záření apod.)

Skutečné výpustě z našich jaderných elektráren však představují značně nižší hodnoty dávek, než jsou tyto autorizované limity: u plynných je to cca 0,4 mikroSievert za rok, u kapalných 1 mikroSievert za rok. To znamená, že celková efektivní dávka pro kritickou skupinu obyvatel činí 1–2 mikroSievert za rok. Pro srovnání dávky pro obyvatele v ČR z přirozených zdrojů (zevní a vnitřní ozáření kosmickým, terestrálním zářením, produkty přeměny radonu, apod.) činí více než 3 000 mikroSievert za rok, tj. hodnota více než tisíckrát vyšší. Pro srovnání, 1 hodina letu letadlem představuje dávku asi 0,5 mikroSievert.

Rozdělení dávek obyvatelstvu



Radon v budovách	49,00 %
Gama Země	17,00 %
Kosmické	14,00 %
Lékařské	11,00 %
Přírodní radionuklidy v těle člověka	9,00 %
Spad Černobyl	0,30 %
Ostatní	0,13 %
z toho výpusť JEZ	0,04 %

Odhad rozdělení dávky obyvatelstvu v České republice. Příspěvek tzv. lékařského ozáření však roste např. s modernizací diagnostické techniky (tomografická vyšetření) a růstem počtu výkonů.

Nad jadernými elektrárnami v ČR, včetně ÚJV Řež, a. s., existuje tzv. bezletová zóna, kam nesmějí letadla vstoupit. Tato zóna je neustále monitorována. Pokud by se trasa nějakého letadla významně odlišila od stanoveného směru a výšky letu, okamžitě startují vojenská letadla, která letadlo upozorní a případně jej donutí ke změně směru. Po teroristickém útoku na newyorské mrakodrapy dne 11. 9. 2001 byla provedena v různých zemích řada studií posuzujících zranitelnost jaderných elektráren v důsledku teroristického útoku.

Tyto studie dokazují, že objekty jaderných elektráren, ve kterých je umístěn jaderný reaktor, jsou pro velká letadla těžko zasažitelným cílem. Vlastní ochranná obálka elektrárny – kontejnment, resp. reaktorová budova se systémem hermetických boxů, má více než metr tlusté stěny z pevného železobetonu a je projektována tak, že odolá jak nárazům velkých letadel, tak i vnějším explozím a požárům, což bylo dokázáno nejen matematickými výpočty, ale i reálnými zkouškami. U nově připravovaných projektů jaderných elektráren se předpokládá realizace dalších bariér s cílem dále omezit možnost přímého teroristického útoku na budovu reaktoru.

Mýtus:
Jaderné elektrárny lze zničit leteckým útokem a může uniknout velké množství radioaktivity

Fakta:
Teroristické napadení jaderné elektrárny je díky organizačním a technickým opatřením extremně málo pravděpodobné.

Mýtus:
Jaderná energetika znamená nebezpečí šíření jaderných zbraní

Fakta:
Mezinárodní Smlouva o nešíření jaderných zbraní účinně zamezuje přístupu dalších států k technologii výroby jaderných zbraní. To zaručují přísné mezinárodní kontroly IAEA (International Atomic Energy Agency).

S cílem znemožnit šíření jaderných zbraní byla v roce 1970 uzavřena Smlouva o nešíření jaderných zbraní (Non-Proliferation Treaty – NPT), ke které přistoupila převážná většina zemí s významnějšími jadernými aktivitami. Zavázaly se, že o jaderné zbraně nebudou usilovat a podrobí se mezinárodní kontrole ze strany MAAE. Před 10 lety byla NPT zpřísněna tzv. Dodatkovým protokolem a zavedly se další kontrolní režimy. Navzdory těmto kontrolním režimům za 40 let od podepsání smlouvy pouze několik dalších zemí vyvinulo jadernou zbraň: Indie, Pakistán a Jižní Afrika, která asi před 10 lety vstoupila pod kontrolu NPT. V současné době se z neplnění NPT smlouvy podezírá Severní Korea a Irán.

Všechny ostatní země dodržují NPT a jadernou zbraň nevyvíjejí, což potvrzují kontroly IAEA. Týmy inspektorů IAEA navštěvují civilní jaderná zařízení včetně elektráren a analýzami vzorků, systémem monitorovacích zařízení a administrativními metodami ověřují, že žádný jaderný materiál nemůže být vojensky zneužit. Česká republika přistoupila k NPT v roce 1972 a plní všechny závazky, které ze smlouvy vyplývají.

Jaký je rozdíl mezi jaderným reaktorem a atomovou bombou?
U obou se energie získává štěpením uranu (plutonia) neutrony. Různé je však jeho obohacení – reaktor do 5 %, bomba přes 90 %. I jejich konstrukce jsou odlišné – aktivní zónu reaktoru tvoří palivové články, ze kterých chladivo (voda) odvádí teplo. Voda slouží jako moderátor (zpomalovač) neutronů. Kromě toho má reaktor soustavu tyčí z materiálů silně absorbující neutrony, které mohou reakci za provozu zastavit. Bomba sestává z několika podkritických množství vysoce obohaceného materiálu, které se výbuchem k sobě přiblíží a vznikne nadkritické množství a výbuch. Neobsahuje žádné chladivo, absorpční tyče a má zcela jinou konstrukci než jaderný reaktor.

IAEA
Atoms For Peace

Mýtus:
Přeprava jaderných a radioaktivních materiálů je riskantní

Fakta:
Přeprava jaderných a radioaktivních materiálů je bezpečná díky technickým a organizačním opatřením. Dokazují to celosvětové zkušenosti z přeprav.

V důsledku využívání jaderné energie, je ve světě roční počet přeprav radioaktivních látek a jaderných materiálů a radionuklidových uzavřených zářičů na úrovni milionů za rok. Přeprava probíhá po silnicích, železnicích, řekách, mořích a letecky.

Bezpečnost přepravy stojí na třech pilířích:

- Konstrukce přepravních kontejnerů musí prokázat odolnost vůči pádu, ohni, ponoření do vody a stínění vůči záření. Každý kontejner musí mít certifikát od orgánu jaderného dozoru (u nás SÚJB). Požadavky na odolnost kontejnerů závisí na aktivitě a typu přepravované radioaktivní látky/jaderného materiálu, jejich fyzikální a chemické formě, typu přepravy a dalších hlediscích.
- Druhým pilířem je realizace přepravy, která probíhá podle mezinárodních pravidel (např. ARD po silnici); v případě jaderného paliva má tato přeprava speciální režim ochrany a je v zájmu bezpečnosti přepravy ze zákona utajena. Pro závažnější přepravy je nutné povolení SÚJB.
- Třetím pilířem je připravený havarijní řád, který stanovuje činnost různých složek v případě havarijní situace.

Všechny země, postupují podle doporučení IAEA, aplikovaných do právních předpisů pro přepravy těchto látek/materiálů. Systém přeprav je bezpečný a spolehlivý. K havarijním situacím dochází zcela ojediněle a nevyvolaly žádné radiologické důsledky na osoby ani životní prostředí.

Mýtus:
Jaderné elektrárny jsou drahé, ekonomicky nevýhodné a u nás je platí daňoví poplatníci, protože ČEZ, a. s., je polostátní firma

Fakta:
Výstavba jaderné elektrárny je finanční investice, která je velmi výhodná a zaplatí se mnohem dříve, než skončí plánovaný provoz jaderné elektrárny. To platí i v případě jaderné elektrárny Temelín.

Jaderná elektrárna je dlouhodobá investice. Nyní je známo, že 2 000 MWe výkonu v Temelíně stálo zhruba 100 miliard Kč, tj. 50 000 Kč na instalovaný kWe. Uvážíme-li, že Temelín bude v provozu minimálně 40 let, a že výroba elektřiny obou temelínských bloků bude po úplné stabilizaci provozu 15 TWh za rok, tak za tuto dobu vyrobí obrovské množství elektřiny – 600 TWh (za 40 let). Výrobní náklady nepřesahují 1,50 Kč na kWh. Elektrárna se zaplatí mnohem dříve, než skončí její provoz.

Výstavbu temelínské jaderné elektrárny neplatili daňoví poplatníci, ale elektrárenská společnost ČEZ, a. s., z vlastních zdrojů doplněných o úvěry bank, které se teď splácejí. Problémem jaderné energetiky je velikost investice, ale ČEZ, a. s., je silná energetická společnost (7. v Evropě) a má nejlepší předpoklady tuto investici v budoucnu zvládnout.

V současné době používaný tzv. otevřený palivový cyklus jaderné energetiky využívá jen asi 1–2 % uranu a zbytek zůstává ve vyhořelém palivu. Využití uranu se zefektivní zavedením rychlých reaktorů 4. generace, které se mají uvést do provozu po roce 2020. Tyto reaktory vyrábějí více paliva, než spotřebují, a jaderné palivo bude pak postačovat na tisíce let.

Těžba uranu je dlouhodobě nižší než jeho spotřeba, protože se k výrobě jaderného paliva pro elektrárny částečně přepracovává použité palivo. Existují jeho zásoby z minulého období a využívají se zásoby uranu a plutonia z jaderných zbraní. Do roku 2007 vzrostla cena uranu až na 140 USD/kg, ale od té doby poklesla asi na třetinu této ceny. Jaderné palivo se na výrobních nákladech podílí jen asi 15 %. U plynových elektráren tvoří cena plynu až 80 % nákladů na výrobu elektrické energie.

Podle současných odhadů se známé a těžitelné zásoby uranu pohybují kolem 6 milionů tun, což znamená, že za současného využívání uranu v jaderných elektrárnách vydrží zásoby jen do konce tohoto století. Nelze však vyloučit objevení nových nalezišť uranu, jejichž vyhledávání stále probíhá.

Kromě uranu existují geologické zásoby thoria, které se štěpí podobně jako uran a kterého je na zemi zhruba 3x více než uranu. Některé země, např. Indie, již připravují palivový cyklus spalování thoria v jaderných reaktorech.

Mýtus:
Zásoby uranu budou brzy vyčerpány

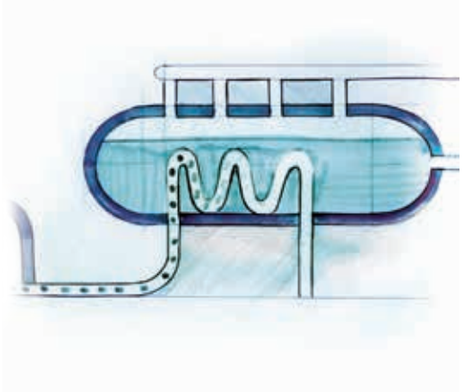
Fakta:
S nástupem nových reaktorů 4. generace vystačí uran na tisíce let

10 států, které dohromady těží přes 90 % uranu

Uran se u nás těžil od roku 1945 a stále se v menší míře těží. Po těžbě musí upravená ruda projít řadou procesů, než se jaderné palivo vloží do reaktoru: chemická úprava rudy na tzv. žlutý koláč, převod uranu na plynné sloučeniny uranu (Uf6), dále obohacování uranu z přírodního obsahu 0,7 % na 4–5 % U235, konverze na kysličník Uo2 a výrobu tabletek Uo2 stlačením a následným slinováním. Tyto tabletky se vkládají do trubek ze slitiny zirkonu (tzv. palivového proutku) a poté se umístí do konstrukce palivové kazety (stovky palivových proutků). Palivová kazeta pro jaderný energetický reaktor je zhruba 3 metry dlouhá.

V ČR se provádí pouze první část palivového cyklu: těžba uranové rudy a její úprava do žlutého koláče. Zařízení na obohacování uranu ani na výrobu palivových tablet nemáme, a proto úpravu vytěžené rudy na palivo nakupujeme v zahraničí.

Těžba uranu v ČR je zhruba 400 tun ročně (žlutý koláč) a jeho spotřeba v 6 provozovaných blocích v Dukovanech a Temelíně je zhruba 86 tun (tabletky Uo2) za rok. Ze zbylého vytěženého uranu se utvářejí strategické rezervy. V případě uranové rudy tedy nejsme závislí na vnějších zdrojích, jako je tomu v případě plynu nebo ropy. Na rozdíl od ropy nebo plynu lze nakoupené jaderné palivo skladovat. Proto je možné vytvářet zásoby jaderného paliva na několik let dopředu a využít přitom různé výrobce. Spotřeba jaderného paliva v jaderné elektrárně je navíc nižší než u fosilních paliv (desítky tun jaderného paliva za rok oproti miliónům tun uhlí za rok).



Mýtus:
Jaderné palivo si umíme vyrobit sami

Fakta:
Uran se u nás těží řadu let, ale jaderné palivo nevyrábíme. Stejně jako řada jiných zemí ho dovážíme. Ve skladech lze vytvářet zásoby jaderného paliva a proto, že existuje řada jeho výrobců, nelze mluvit o závislosti na jednom dodavateli.

Energetické využití řízené termonukleární reakce (tj. slučování lehkých jader D+T) je perspektivní, ale až v budoucnosti. Výzkum řízené termonukleární energie probíhá ve světě několik desítek let a dosáhlo se v něm značného pokroku (zařízení typu Tokamak a Stelarator). Současné největší zařízení na světě JET (Joint European Torus) v Anglii dosahuje parametrů blízkých řízené termonukleární reakci, např. ohřátí plasmy na teploty zhruba 100 milionů stupňů a energetický výtěžek 60 % vložené energie.

V roce 2008 začala v Cadarache (Francie) stavba termonukleárního zařízení ITER (International Thermonuclear Energy Reactor). Na tomto velkém mezinárodním projektu se podílejí EU, USA, Rusko, Čína, Japonsko a Indie. Reaktor s tepelným výkonem 500 MW by měl být uveden do provozu v roce 2020 a bude v provozu do roku 2040. Po něm bude následovat demonstrační reaktor DEMO. Průmyslové využití termonukleární reakce lze očekávat v druhé polovině tohoto století.

Mýtus:
Brzy nás spasí jaderná syntéza (využívání termonukleární reakce)

Fakta:
Výzkum jaderné syntézy (fúze) probíhá již řadu let a v roce 2006 došlo k mezinárodní dohodě o stavbě velkého termonukleárního zařízení ve Francii – ITER. Průmyslové nasazení fúze pro výrobu elektřiny lze očekávat po roce 2050.

Mýtus:
Riziko selhání lidského faktoru v jaderných elektrárnách je vysoké

Fakta:
Riziko selhání lidského faktoru v jaderných elektrárnách je nízké díky zdravotním a psychologickým testům, výcviku, tréninku a opakovaným zkouškám operátorů na simulátorech. Chyby se analyzují a vyvozují se z nich opatření, která mají zabránit výskytu jejich opakování.

Jako u všech složitých technologických zařízení a komplexů existuje i v jaderných elektrárnách určité riziko selhání lidského faktoru. U nových typů jaderných elektráren se ale klade zvýšený důraz na uplatnění pasivních bezpečnostních systémů, které využívají fyzikální zákony (např. gravitaci) a nevyžadují zásah člověka při havarijních situacích. S růstem spolehlivosti technologických zařízení se zvyšuje relativní (nikoliv absolutní) podíl selhání člověka v těchto zařízeních. V jaderné energetice se uvádí, že až 70 % událostí bylo způsobeno nebo ovlivněno lidským faktorem. Výběr kandidátů na operátora reaktoru je velmi přísný a obsahuje náročné zdravotní a psychologické testy.

Provozovatelé jaderných elektráren věnují spolehlivosti lidského faktoru velkou pozornost. Všechny chyby pracovníků, ke kterým dojde, se analyzují a vyhodnocují s cílem nalézt příčiny a stanovit nápravná opatření, aby se událost neopakovala. Lidský faktor se však může projevit i pozitivně v přechodových, havarijních nebo neočekávaných situacích (kvalifikované odhady, rychlost reakce, apod.), na které nejsou počítačové řídicí systémy naprogramovány.

Mýtus:
Naše jaderné elektrárny jsou horší než ty západní

Tento mýtus byl populární zejména na počátku 90. let 20. století. V současnosti jsou ve světě v provozu převážně tlakovodní reaktory (PWR), kde je chladivem i moderátorem obyčejná voda při tlaku zhruba 150 barů a teplotě okolo 350 °C – je jich asi 70 %.

Do této skupiny patří i bloky ruské provenience VVER (celkem 52 reaktorů v provozu), provozované v ČR. Je pravda, že naše reaktory mají některé konstrukční odlišnosti, např. palivový článek a palivová kazeta, kontrolní tyče, počet chladících smyček, materiál tlakové nádoby a primárního potrubí, systém řízení a regulace a další, nicméně tyto odlišnosti lze přirovnat k odlišnostem různých značek aut. Bezpečnostní filozofie bloků VVER však odpovídá mezinárodně přijaté víceúrovňové „ochraně do hloubky“. Jaderné elektrárny s reaktory VVER mají dlouhodobě velmi dobré provozní výsledky. Jaderná elektrárna Loviisa ve Finsku a jaderná elektrárna Dukovany v ČR patří mezi pětinu nejlépe provozovaných jaderných elektráren na světě. V žádné jaderné elektrárně typu VVER dosud nedošlo k radiační havárii.

V současnosti je ve více než 30 zemích světa v provozu asi 440 jaderných bloků. Jaderná elektrárna má 1–8 jaderných bloků (Dukovany mají 4, Temelín má 2). Většina zemí provozujících jaderné elektrárny má i bloky starší 40 let a plánuje jejich prodloužení na 60 let.

Nelze tedy tvrdit, že bloky VVER jsou horší, než současně provozované bloky v jiných vyspělých zemích. Provedená zdokonalení jaderné elektrárny Temelín (systémy kontroly a řízení a další technické úpravy) řadí tuto elektrárnu mezi ty nejmodernější v Evropě.

Fakta:
Naše jaderné elektrárny typu VVER patří mezi nejčastěji se vyskytující typ ve světě. Jde o tzv. tlakovodní reaktory – PWR. Bezpečnostní filozofie i provozní výsledky ukazují, že jsou srovnatelné s obdobnými stejně starými jadernými bloky na západě.

Mýtus:
Vyřazování jaderných elektráren z provozu je drahé a není finančně zajištěno

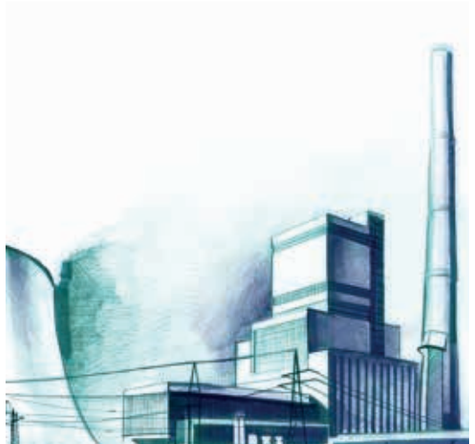
Cílem vyřazování jaderné elektrárny z provozu je její uvolnění k využití pro jiné účely, resp. likvidace po ukončení provozu reaktoru. Při vyřazování jsou prováděny zejména dekontaminace, demontáže, demolice, nakládání s radioaktivními odpady, nakládání s použitým jaderným palivem apod.

Tento proces se od ukončování provozu jiných průmyslových zařízení liší pouze v tom, že u běžných průmyslových staveb nevznikají při likvidaci technologie a stavby radioaktivní odpady. Mohou však vznikat jiné nebezpečné odpady, jejichž likvidace je rovněž náročná a nákladná. U jaderných elektráren se problematika ukončení provozu a vyřazování z provozu sleduje jako samostatný proces a je součástí všech stupňů dokumentace pro povolení dle atomového zákona č. 18/1997 Sb. K žádosti o povolení provozu jaderné elektrárny je nutné zpracovat návrh způsobu vyřazování včetně odhadu nákladů na vyřazování.

Rozsah dokumentace je provozovatel povinen aktualizovat jednou za 5 let. Návrh způsobu vyřazování schvaluje Státní úřad pro jadernou bezpečnost (SÚJB) s tím, že je současně předloženo ověření nákladů na vyřazování, které vyhotovuje Správa úložišť radioaktivních odpadů (SÚRAO). Na základě tohoto odhadu nákladů se stanoví výše tvorby roční finanční rezervy, kterou je provozovatel povinen ukládat na zvláštní vázaný účet. Kontrolu tvorby finanční rezervy na vyřazování provádí SÚRAO.

V okamžiku ukončení provozu reaktoru má provozovatel jaderné elektrárny k dispozici dostatečné finanční prostředky na vyřazování z provozu, které jsou odhadovány ve výši zhruba 10 % z nákladů na výstavbu.

Fakta:
S vyřazováním jaderných elektráren z provozu se počítá už od zahájení stavby. Provozovatelé jsou povinni ukládat finanční prostředky na zvláštní účet, aby po ukončení provozu mohl vyřazení zrealizovat.



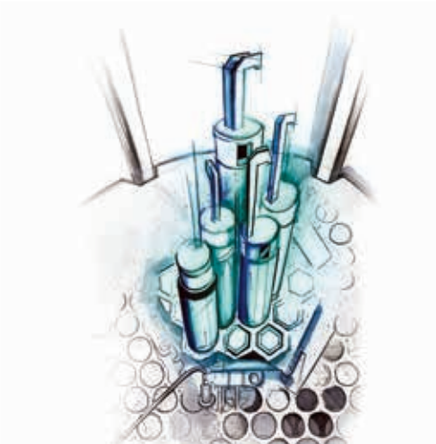
Je pravda, že v jaderné elektrárně Temelín lze odstavit reaktor za 6 vteřin?
Jaderný reaktor lze bezpečně odstavit během okamžiku a štěpení uranu se zastaví. Reaktor v Temelíně je možné odstavit za 3,5 vteřiny. Vyhořelé palivo však dále produkuje tzv. zbytkové teplo vznikající radioaktivním rozpadem štěpných produktů.

Mýtus:
Pro chlazení jaderných reaktorů se používá voda z moře nebo z řeky. Mořská voda je však účinnější.

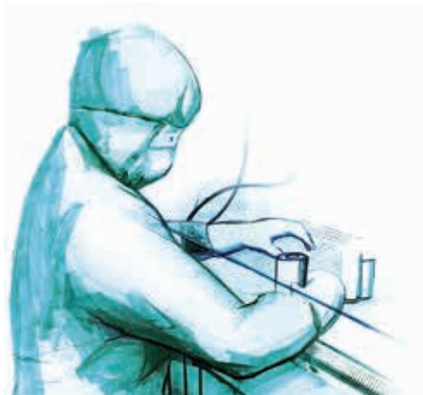
Fakta:
V provozu jaderné elektrárny se používá demineralizovaná voda. Ve varných reaktorech je tato voda bez dalších příměsí. Chrání se tím vnitřní vestavba a palivo před korozí. Mořská nebo říční voda se používají ke chlazení kondenzátorů turbín.

Všechny reaktory chlazené vodou používají v primárním okruhu vysoce čistou vodu, aby se zajistila kompatibilita materiálu. Chlazení mořskou vodou je nouzovým opatřením v jaderných elektrárnách stojících u pobřeží (např. Fukušima). Vzhledem k vysokému obsahu soli a agresivních chloridů v mořské vodě dochází ke korozi kovových konstrukčních materiálů. Uvedení takové jaderné elektrárny znovu do provozu je vyloučeno. Po odpaření mořské vody sůl krystalizuje a tato suchá sůl již vůči materiálům není agresivní.

Chladící okruhy reaktorů jak v jaderné elektrárně Temelín, tak i v elektrárně Fukušima jsou uzavřené. Ani jeden z reaktorů není chlazen mořskou nebo říční vodou. Mořská voda (v případě Fukušimy) nebo říčná voda (v případě Temelína) se využívají pro chlazení kondenzátorů turbín, kde kondenzuje pára pohánějící turbíny.



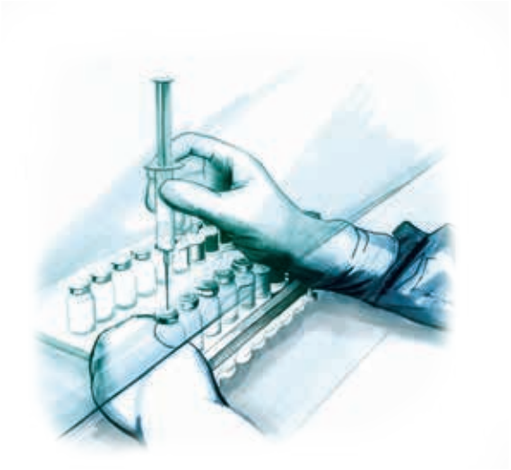
Po podání radiofarmaka se pacient na několik hodin opravdu stane určitým zdrojem záření. V případě nejčastěji používaného PET radiofarmaka 18F-fluórodeoxyglukózy vykazuje pacient zvýšenou úroveň radioaktivity přibližně po zbytek dne. V tuto dobu je doporučeno zachovávat zvýšenou opatrnost při kontaktu s jinými lidmi, zejména těhotnými ženami nebo malými dětmi, případně zvážit cestu hromadnými dopravními prostředky.



Mýtus:
Když se člověku podá radioaktivní látka, stane se na dlouhý čas zdrojem záření a bude nebezpečným pro své okolí.

Fakta:
Záleží na konkrétním radiofarmaku a jeho radioaktivní složce. Na krátkou dobu však člověk po přijetí radiofarmak bude radioaktivní.

Radiofarmaka se používají jak pro diagnostické, tak pro terapeutické účely. Radiofarmaka určená čistě pro diagnostiku vydávají ionizující záření, díky kterému jsou pro tento účel vynikajícími, ale účinky jejich záření na okolní tkáň jsou minimální. Není tedy nutné se obávat, že by radiofarmaka nějak poškodila tělo. Pro léčbu (a ničení nádorových buněk) se používají úplně odlišné typy radiofarmak a o jejich nasazení rozhoduje lékař.

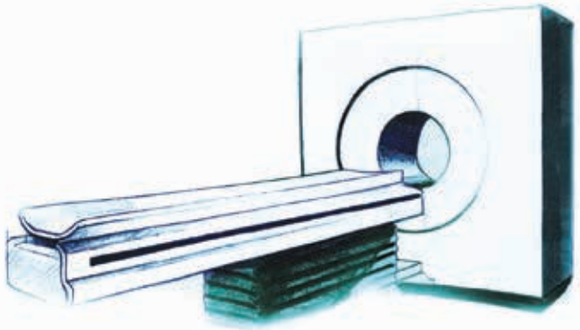


Mýtus:
Radioaktivní látky v těle ničí buňky nádorů. Je zbytečně škodlivé nechat si do těla zavádět radioaktivitu jen kvůli zobrazování.

Fakta:
Radiofarmaka pro diagnostické účely jsou vynikající právě díky svému ionizujícímu záření. Účinky jejich záření na okolní tkáň jsou však minimální.

Samotná diagnostika pomocí CT (computer tomograf) dokáže identifikovat, že se v těle nachází objekt, který tam nepatří. Díky kombinaci s PET (pozitronový emisní tomograf) se lze dozvědět, zda se jedná o nádor či třeba jen o cystu. V případě, že se jedná o nádor, je také možné zjistit, zda jde o nádor nebezpečný nebo relativně neškodný. Kombinace s PET navíc umožňuje získat více informací za kratší čas a předejít nutnosti dalších vyšetření. Ve výsledku se tak radiační zátěž těla může dokonce snížit.

Mýtus:
Při vyšetření pomocí CT dostane tělo poměrně velkou dávku záření (podobně jako na rentgenu). Diagnostika s využitím PET a CT tělo zatěžuje dalším zdrojem radioaktivity a výrazně mu škodí!



Fakta:
Díky kombinaci CT s PET (pozitronový emisní tomograf) se lze dozvědět, zda objekt, který se v těle pacienta utvořil, je nebezpečný nádor nebo jen neškodná cysta. Doba vyšetření se tím navíc zkrátí a potenciálně se tak sníží celková radiační zátěž těla.

Radiofarmaka pomáhají lidem nejen v onkologii, ale i v dalších lékařských oborech. Využití mají například v diagnostice nemocí nervové soustavy a mozku (Alzheimerova nemoc, Parkinsonova nemoc, epilepsie, duševní poruchy, cévní mozkové příhody), nebo v kardiologii (infarktové stavy, potransplantační stavy). Používají se ale také i v interní medicíně při lokalizaci zánětlivých ložisek či v ortopedii při vyhodnocování stavu zraněných kostí. Vždy se zvažuje přínos vyšetření v porovnání s ozářením, jemuž je pacient vystaven.

Mýtus:
Radiofarmaka se podávají jen onkologickým pacientům, u kterých se už ozáření bere jako menší z možných zel.

Fakta:
Radiofarmaka se využívají nejen v onkologii, ale i v dalších lékařských oborech (neurologie, kardiologie, ortopedie, interní lékařství).

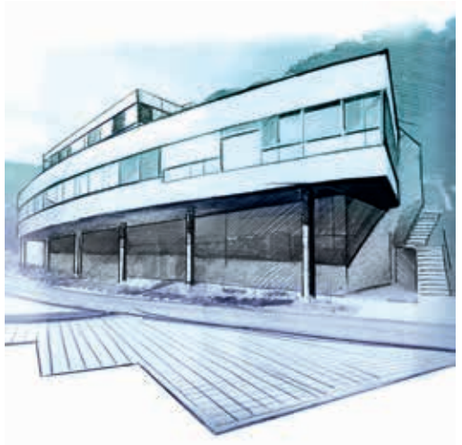
Mýtus:
V případě, že lékař vystaví doporučení na vyšetření do PET centra, bude tam rovnou zahájena vaše léčba.

Fakta:
PET centrum slouží k výrobě PET radiofarmak, diagnostice pacientů a vyhodnocení nálezů. Následující lékařská péče se opírá o výsledky těchto vyšetření.

V PET centru se realizuje výroba PET radiofarmak, jejich diagnostická aplikace a vyhodnocení nálezů. Výstupy z PET centra slouží jako podklady lékařům pro určení následující lékařské péče.

Radiofarmaka se polykají nebo pijí?
PET radiofarmaka se podávají nitrožilně injekcí či infuzí („kapačkou“). Ve výjimečných případech (u plynných PET radiofarmak) lze tyto přípravky také vdechovat (kyslík-15).

Je aplikace radiofarmaka bolestivá?
V případě nitrožilního podání je to srovnatelné s odběrem krve či infuzí.



Vybrané hodnoty radioaktivních dávek

Zdroj	Dávka (mSv)
Průměrná roční dávka v bydlišti blízko jaderné elektrárny	0,002
RTG plic	0,02
Transatlantický let	0,025
Průměrná roční dávka v bydlišti blízko uhelné elektrárny	0,04
Mamografie (screening)	0,1
Kouření 20 cigaret denně/1 rok	0,36
Průměrná roční dávka pracovníka JE Dukovany	0,4
Průměrná roční dávka pracovníka v nukleární medicíně	0,9
Scintigrafie ledvin SPECT (99mTc-DMSA)	2,1
Přírodní ozáření na osobu za rok v ČR (z vesmíru, vzduchu, země a potravin)	3,2
Scintigrafie mozku SPECT (99mTc-ECD)	5,9
CT hrudníku	8
PET vyšetření FDG (část těla)	9
PET vyšetření FDG (celé tělo)	15
Průměrná roční dávka obyvatele v oblasti Ramsar v Iránu (oblast s nejvyšším přírodním pozadím na světě)	250
Dávka způsobující zdravotní obtíže (jednorázová)	500
Smrtelná dávka pro člověka	10 000
Dávka pro sterilizaci zdravotnických materiálů	25 000 000

Legislativní roční limit pro obyvatele mimo lékařské ozáření a ozáření z přírodních zdrojů	1
Legislativní roční limit pro radiační pracovníky	20

Užitečné odkazy:

Zahraniční:
Nuclear Energy Agency OECD www.nea.fr
International Atomic Energy Agency www.iaea.org
Organisation for Economic Co-operation and Development www.oecd.org
World Nuclear Association www.world-nuclear.org
Nuclear Energy Institute www.nei.org

České:
ÚJV Řež, a. s. www.ujv.cz
Česká nukleární společnost www.csvts.cz/cns
Centrum výzkumu Řež s.r.o. www.cvrez.cz
Státní úřad pro jadernou bezpečnost www.sujb.cz
Správa úložišť radioaktivních odpadů www.surao.cz
Státní úřad radiační ochrany www.suro.cz
Otázky a odpovědi týkající se havárie JE Fukushima (Japonsko) http://otazky-fukusima.cvrez.cz

© 2013 ÚJV Řež, a. s.
Hlavní 130, Řež, 250 68 Husinec
Česká republika
www.ujv.cz

Design, produkce: TOP Partners, s.r.o., 2013

www.ujv.cz