

VIDA! školám - propojení formálního a neformálního vzdělávání

CZ.02.3.68/0.0/0.0/16_032/0008290

Program: Dva dny s energií

Podkladový materiál – informační karty pro hru v ekocentru Alternátor ve variantě pro střední školy. Cílové informace jsou stejné jako pro žáky ZŠ, ale je potřeba se zorientovat ve větším množství textu a dokázat jej kriticky zhodnotit, tedy získat potřebné informace.

Karty je vhodné zalaminovat do fólie.



EVROPSKÁ UNIE
Evropské strukturální a investiční fondy
Operační program Výzkum, vývoj a vzdělávání



MINISTERSTVO ŠKOLSTVÍ,
MLÁDEŽE A TĚLOVÝCHOVY

Energie z jádra – ano či ne?

Dukovany, od našeho zpravodaje René Ozářeného

V minulém týdnu proběhla v jaderné elektrárně Dukovany široká diskuse mezi odborníky a veřejností o budoucnosti jaderné energetiky v ČR. Největší zájem byl o téma „**Co přináší využití jaderné energie**“. Pro naše čtenáře jsme připravili výběr nejdůležitějších závěrů, na kterých se shodla většina přítomných odborníků. Mezi nesporné výhody výroby elektrické energie z jádra patří:

- jedná se o velmi spolehlivý a stabilní zdroj
- obrovský výkon je soustředěn do poměrně malého prostoru
- množství spotřebovaného paliva je ve srovnání s uhelnými elektrárnami velmi malé
- světové zásoby uranové suroviny vystačí při současné spotřebě na více než 100 let
- spotřebované palivo lze po použití skladovat v areálu elektrárny
- tento způsob výroby má nejnižší náklady na 1 kWh
- životnost jaderné elektrárny je minimálně 30 let
- elektrárna neprodukuje žádné škodlivé emise (CO₂, oxidy dusíku apod.)

Větší pozornost byla samozřejmě věnována negativním dopadům

provozování jaderné energetiky. K hlavním nevýhodám odborníci zařadili zejména tyto body:

- obrovská vstupní investice při výstavbě elektrárny
- technologie je velmi náročná na přesnost a bezpečnost
- vyhořelé palivo je nebezpečným radioaktivním odpadem a musí s ním být nakládáno pod velmi přísnou kontrolou
- pokud nebude vyhořelé jaderné palivo dále přepracováno, musí být vyřešeno jeho trvalé a bezpečné uložení
- často velmi negativní postoj veřejnosti, zvláště v oblastech předpokládané výstavby
- i když je pravděpodobnost havárie díky dobře propracovanému bezpečnostnímu systému elektráren velmi malá, nelze ji nikdy vyloučit.

Jednotlivé výhody a nevýhody výroby elektrické energie z jádra byly na zmíněné diskusní konferenci předloženy k široké diskuzi také veřejnosti. Zdá se, že počet příznivců i odpůrců jaderné energie je přibližně vyrovnaný. Teprve v budoucnosti uvidíme, k jaké energetické vizi se přikloní vláda ČR při svém strategickém rozhodování.



Jaderné štěpení a jeho využití v energetice

Petr Proton, Jana Štěpná¹

¹ Ústav jaderné energetiky, Uranová 235, Umpalumpa

Abstrakt: Princip udržení řetězové štěpné reakce je založen na obohacování přírodního uranu, který je běžnou součástí zemské kůry. Dobře propracované technologické postupy umožňují bezpečné využití jaderné energie pro získávání elektrické energie bez emisí CO₂.

Průměrný obsah uranu v zemské kůře je 2,7 ppm. Jsou však místa, kde byl díky geologickým procesům koncentrován do podoby ložisek a je možné jej efektivně exploatovat. Nejdůležitější uranové rudy jsou uraninit a coffinit.

V přírodě se uran vyskytuje jako směs 3 radioaktivních izotopů ²³⁴U, ²³⁵U a ²³⁸U, poslední izotop je nejstabilnější s poločasem rozpadu 4,51 miliard let. Relativně snadno je štěpitelný izotop ²³⁵U, který je však v přírodním uranu obsažen jen 0,7 %. Většina v současnosti používaných jaderných reaktorů potřebuje palivo obohacené na hodnotu 2,1-4,5 % ²³⁵U. Některé jiné typy reaktorů používají jako palivo plutonium nebo thorium.

Princip jaderného štěpení spočívá v nárazu letícího neutronu do vhodného jádra, které je rozštěpeno na dvě dceřiná jádra a uvolní se 2-3 volné neutrony. Tyto pak mohou štěpit další vhodná jádra a vzniká štěpná řetězová reakce. Produkty štěpení mají obrovskou kinetickou energii, která ohřívá celé prostředí a vzniklého tepla je možné využít.

Podmínkou nutnou ke štěpení jader uranu je zpomalení neutronu, který se při vysoké rychlosti od jader odráží, ale štěpení nespustí. Moderátor je látka, která zpomaluje rychlost volného neutronu a umožňuje vznik reakce. Velmi dobrým moderátorem je voda (H₂O), těžká voda (D₂O) nebo grafit. Aby mohlo dojít k využití uvolněné energie, musí být celý proces říditelný. Reaktor je potřeba dostat do *kritického stavu*, při kterém štěpná reakce pokračuje, ale nerozrůstá se.



Pro zvýšení výkonu reaktoru je potřeba zavést *nadkritický stav*, kdy se štěpná reakce začíná lavinovitě šířit reaktorem.

Uranium Scientific Magazine, 2016, vol. 36.

Hlavními složkami jaderného reaktoru jsou následující součásti. *Palivo* tvoří palivové tablety obohaceného uranu uspořádané do proutků a jejich svazek tvoří palivovou kazetu. Celá tato kazeta se pak zasunuje do aktivní zóny reaktoru. *Moderátor* je médium vyrábějící pomalé neutrony, pokud je to pro daný typ reaktoru potřeba. *Absorbátor* je ve formě tyčí zasouván do aktivní zóny a míra zasunutí reguluje výkon celého reaktoru. Podobnou roli hrají havarijní tyče, které v případě havárie spadnou do reaktoru a zcela zastaví štěpnou reakci. *Chladivo* je médium určené k odvodu vyrobeného tepla. Konstrukce celého bloku reaktoru je zhotovena z tlakové nádoby odolné vůči teplu a proudu neutronů a to vše je uloženo v železobetonové kobce odolné vůči přírodním i umělým katastrofám (zemětřesení, pád letadla).

Vlastní výroba elektrické energie probíhá zpravidla v dvouokruhovém systému. Zahřátá voda z reaktoru koluje primárním systémem a svoji energii předává ve výměníku (parogenerátor) vodě v sekundárním okruhu. Teprve v sekundárním okruhu se vyrábí pára, která roztáčí turbínu a vyrábí se elektrická energie. Tento systém minimalizuje možnost úniku radioaktivní vody z primárního okruhu a zvyšuje tak bezpečnost celého systému.

Celosvětově nejpoužívanějším typem reaktorů (více než polovina) je tlakovodní reaktor VVER s výkonem 1000 MW. Moderátorem i chladivem je voda, výstupní teplota vody z reaktoru je 320 °C. Výměna paliva se provádí při odstaveném reaktoru jednou za 18-20 měsíců, kdy se nahradí 1/3 vyhořelého paliva.

Závěr

Principy jaderných štěpných reakcí jsou velmi dobře známy a technologicky dobře zvládnuté. Bezpečnost provozu jaderných



EVROPSKÁ UNIE
Evropské strukturální a investiční fondy
Operační program Výzkum, vývoj a vzdělávání



MINISTERSTVO ŠKOLSTVÍ,
MLÁDEŽE A TĚLOVÝCHOVY

elektráren je na velmi vysoké úrovni, celý proces výroby elektrické energie probíhá bez emisí CO₂. Jediným nebezpečným odpadem je vyhořelé jaderné palivo. Na technologiích jeho dalšího využití v současnosti pracují početné týmy vědců. Hlavním problémem ve využití jaderné energie je tak v současnosti především veřejné mínění.

Ekonomické rozhledy

Tematický měsíčník liberálních průmyslníků, ročník XXII, 2017, číslo listopad

Ekonomika jaderné elektrárny po 5 letech jejího provozu

V minulém čísle jsme se zabývali ekonomickou rentabilitou uhelných tepelných elektráren, dnes jsme si připravili rozbor jaderné energetiky z pohledu ekonomiky a dosažitelných výkonů v posledních pěti letech.

Zdroj: https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Overview_of_Dukovany_Nuclear_Power_Plant_in_Dukovany,_T%C5%99eb%C3%AD%C4%8D_District.JPG



Náš stát před 5 lety uvedl do provozu dva bloky jaderné elektrárny typu VVER-1000, každý blok s výkonem 1 000 MW. Náklady na jejich výstavbu dosáhly celkové částky 320 miliard Kč,

včetně nákladů na půjčku z Evropské rozvojové banky.

Během pěti let provozu spotřebuje jeden reaktor VVER-1000 palivo s 7 560 kg obohaceného uranu (obsah ²³⁵U je 3,9 %). Na každý kilogram výroby takového paliva je v centrifugách potřeba 1 tuny vytěžené uranové suroviny za ceny, které aktuálně platí na světové burze.

Výměna paliva v reaktoru se provádí jednou za 20 měsíců a nahradí se vždy jedna třetina celkového objemu paliva v reaktoru. Po dobu pěti let musel být každý reaktor třikrát odstaven na dobu 10 dní, které jsou nezbytné pro výměnu 1/3 palivových tyčí.



EVROPSKÁ UNIE
Evropské strukturální a investiční fondy
Operační program Výzkum, vývoj a vzdělávání



MINISTERSTVO ŠKOLSTVÍ,
MLÁDEŽE A TĚLOVÝCHOVY

K době nečinnosti elektrárny je potřeba připočítat čas potřebný na standardní údržbu a opravu vzniklých závad. Z těchto důvodů byl každý z reaktorů za pět let své činnosti mimo provoz celkem 115 dní.

K nákladům na provoz jaderné elektrárny nesmíme zapomenout připočítat povinný poplatek 0,05 Kč za

každou vyrobenou 1 kWh elektrické energie, který je odváděn do státního fondu na likvidaci vyhořelého nebezpečného paliva.

Náklady na běžný provoz (platy, údržba, opravy) jaderné elektrárny po dobu dosavadních 5 let byly 10 miliard Kč, předpokládaná životnost je ještě dalších minimálně 25 let.

Autor: Bohumil Nákladový

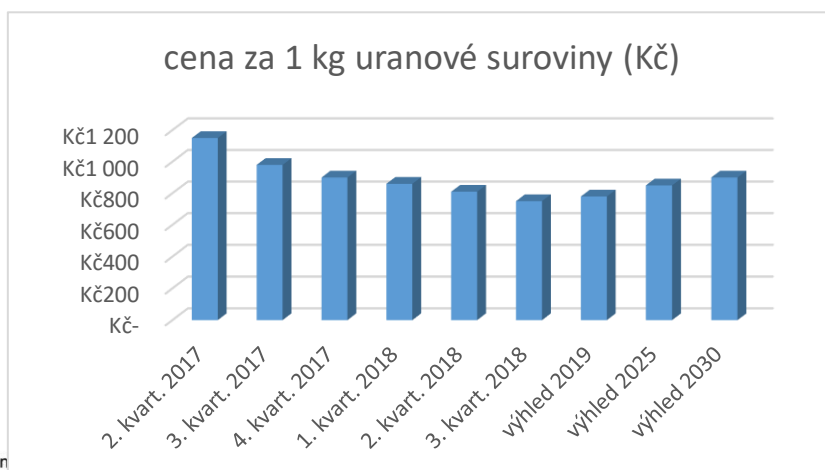
Burzovní věstník, 2018, oddíl A – Nerostné suroviny, číslo 4

Vývoj cen uranu na světovém trhu

Každoměsíční souhrnná zpráva o vývoji cen uranové suroviny na světových trzích doplněná o hlavní závěry zprávy konsorcia RUP (Regulátor uranového průmyslu) zabývající se světovými zásobami a prognózami těžby uranu s výhledem na dalších 15 let.

Předmětem této zprávy je uranová ruda používaná k výrobě obohaceného paliva pro jaderné elektrárny odpovídajícího typu. Po velmi neklidném vývoji cen uranové suroviny v minulém roce, kdy v první polovině roku jsme zaznamenaly nárůst cen z lednových 650 Kč za kilogram na květnových 1 150 Kč za kilogram (téměř 90 %!!!) a následném poklesu v druhém pololetí na průměrnou hodnotu 940 Kč za kilogram, je vývoj v letošním roce velmi příznivý a ceny kolísají v rozptylu do 10 %.

Od února tohoto roku došlo k pozvolnému poklesu cen **na současných 750 Kč** za kilogram uranové suroviny. Za stabilizací a mírným poklesem cen stojí oznámení největší kazachstánské těžařské firmy Uranofert o objevu dalšího ložiska uranových rud se zásobou 50 tisíc tun suroviny. Také australské a kanadské těžařské firmy oznámily ochotu k navýšení těžby, na což reagovala cena



EVROPSKÁ UNIE
Evropské strukturální a in
Operační program Výzkum, vývoj a vzdělávání

MINISTERSTVO ŠKOLSTVÍ,
MLÁDEŽE A TĚLOVÝCHOVY

suroviny mírným poklesem.

Analytici konsorcia

RUP se domnívají, že
deklarovaný dostatek

Graf vývoje cen uranu na světovém trhu a předpoklad vývoje cen
do roku 2030.

uranové suroviny bude

udržovat ceny v příštím roce 2019 pod hranicí 800 Kč za kilogram. Ve výhledu do roku 2025 se předpokládá zvyšující se tlak na snižování emisí CO₂ v energetice a tím i nárůst zájmu o stavbu další bloků jaderných elektráren. Ceny uranové suroviny se tak pravděpodobně dostanou na hodnoty 850 Kč za kilogram a mírně zvyšující trend se předpokládá až do roku 2030 (900 Kč/kg).

V dlouhodobém výhledu je však velká nejistota, zejména s ohledem na možná technická řešení využití již „vyhořelého“ paliva. Pokud by se ve větším měřítku rozšířily tyto technologie, lze předpokládat dramatický pokles cen uranu, který by byl využíván už jen v dobíhajících „starých“ typech reaktorů.



EVROPSKÁ UNIE
Evropské strukturální a investiční fondy
Operační program Výzkum, vývoj a vzdělávání



MINISTERSTVO ŠKOLSTVÍ,
MLÁDEŽE A TĚLOVÝCHOVY