

Prečo je fúzia budúcim zdrojom energie?

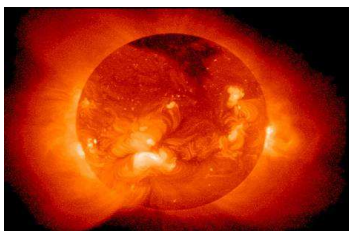
Spotreba energie rastie a tradičné zdroje miznú

Zabezpečenie dostatočného množstva energie pri jej narastajúcej spotrebe predstavuje pre ľudstvo dlhodobý cieľ. Výskum v oblasti získavania energie v súčasnosti prebieha v niekoľkých líniách. V oblasti konvenčného získavania energie z fosílnych palív či zo štiepenia jadra prebieha vývoj technológií, ktoré majú zabezpečiť produkciu energie šetrnejšiu k životnému prostrediu. Skúma sa aj efektívnejšie využívanie obnoviteľných zdrojov.



Veľkou nevýhodou spomínaných zdrojov, ktorá sa priamo dotýka súčasnej, ale najmä nasledujúcich generácií, je **vyčerpatelnosť konvenčných zdrojov energie a negatívny vplyv ich využívania na životné prostredie**. Z hľadiska miery spotreby energie sa predpokladá, že nebude možné nahradiť tradičné zdroje energie obnoviteľnými zdrojmi. Preto **nájdenie prakticky nevyčerpatelného a pre životné prostredie šetrného zdroja energie predstavuje jednu zo strategických priorit ľudstva**. Fúzia je jedným z takýchto zdrojov.

Fúzia je energia Slnka

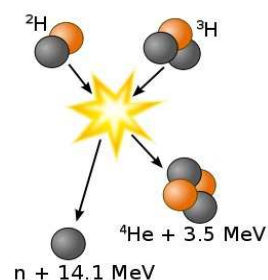


Fúzia je zdrojom energie Slnka a ostatných hviezd. Princíp fúzie, a teda spôsobu, akým produkuje Slnko energiu, je založený na zlučovaní jadier ľahkých atómov, ktoré je sprevádzané uvoľnením veľkého množstva energie. Cieľom výskumu fúzie ako zdroja energie je uskutočniť tento proces na Zemi. Fúziou by mohlo ľudstvo, v princípe, získať energiu po milióny rokov. Podmienky na dosiahnutie kontrolovanej fúzie na Zemi však nie sú jednoduché.

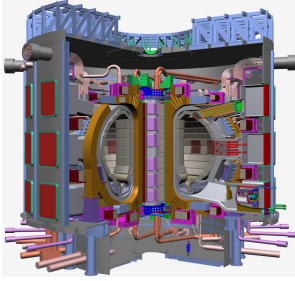
Fúzia je proces zlučovania jadier atómov, pričom sa uvoľňuje veľké množstvo energie. V Slnku prebieha niekoľko typov fúzných reakcií, no na dosiahnutie fúzie na Zemi je najvhodnejším kandidátom reakcia, pri ktorej dochádza k zlúčeniu jadier deutéria a trícia (dvoch izotopov vodíka). Výsledkom reakcie je vznik jadra hélia a neutrónu a obrovského množstva energie (vo forme pohybovej energie predovšetkým neutrónu).

Fúzii na Zemi pomôže horúca plazma

K fúznej reakcii nedôjde len tak. Obe jadrá atómov vstupujúcich do reakcie majú rovnaký elektrický náboj, a teda sa navzájom odpudzujú. Ak sa im však podarí dostať k sebe natoľko blízko, že jadrové sily, ktoré pôsobia len na veľmi malé vzdialenosti, prevážia nad odpudivou silou, dôjde k ich zlúčeniu. Takto sa uvoľní obrovské množstvo energie, niekoľkomiliónkrát väčšie ako pri chemickej reakcii (ako napr. pri spaľovaní uhlia). Aby sa jadrá atómov priblížili k sebe na dostatočne malú vzdialenosť, musia sa navzájom zrážať obrovskými rýchlosťami, čo znamená, že teplota plynu musí byť veľmi vysoká. Teploty plynu, pri ktorých toto nastáva, sú také vysoké, že jadrá a elektróny už netvoria atómy, ale sú navzájom oddelené a nezávislé, vytvárajúc tak **plyn nabitých častíc, známy ako plazma**. Plazma sa často nazýva aj štvrté skupenstvo hmoty popri pevných látkach, kvapalinách a plynch. Plazma tvorí viac ako 99 % všetkej hmoty vo vesmíre. Na Zemi sa vyskytuje pri elektrických výbojoch v atmosfére, akými sú napr. blesky, iným príkladom plazmy je plameň ohňa.



Fúzia na Zemi musí prebiehať za iných podmienok, aké sú v Slnku, kde je hustota plazmy z dôvodu obrovskej gravitácie veľmi vysoká. V pozemských podmienkach je kvôli nemožnosti dosiahnutia takej hustoty plazmy ako v jadre Slnka pre vznik dostatočného množstva fúzných reakcií deutéria s trícium potrebná teplota na úrovni 150 miliónov $^{\circ}\text{C}$ (10-krát vyššia teplota ako v jadre Slnka). Samozrejme, žiadny materiál neodolá takejto teplote, a preto je nutné plazmu udržiavať mimo kontaktu s pevnými materiálmi. Plazma je tvorená elektricky nabitými časticami, ktoré je možné udržať vo vymedzenom priestore (aby plazma nebola v kontakte s vnútornými



stenami plazmovej nádoby) aplikovaním a vhodnou konfiguráciou magnetického poľa. Táto technika sa nazýva magnetické udržiavanie plazmy. Najrozšírenejšie zariadenie, ktoré využíva túto technológiu, sa nazýva **tokamak**. Ide o plazmovú nádobu tvaru pneumatiky obklopenú vodičmi, ktorými pretekajú elektrické prúdy vytvárajúce tak magnetické pole na udržanie plazmy vnútri nádoby.

Palivo pre fúziu je prakticky nevyčerpatel'né

Zásoby deutéria na Zemi sú obrovské – na 1 m³ vody pripadá 33 gramov deutéria, pričom jeho ťažba nie je nákladná. Trícium sa síce v prírode vyskytuje veľmi vzácnne, ale je ho možné vyrábať vo fúznej elektrárni z lítia – jedného z najrozšírenejších ľahkých kovov v zemskej kôre. Množstvo paliva, ktoré budúca fúzna (termojadrová) elektrárňa spotrebuje, je veľmi nízke – za jeden rok prevádzky elektrárne s výkonom 1 000 MW sa spotrebuje cca 100 kg deutéria (obsiahnutého v 2 800 m³ morskej vody) a cca 150 kg trícia (obsiahnutého v 10 tonách lítiovej rudy). Na porovnanie, uhľoňá elektrárňa s rovnakým výkonom spotrebuje za rovnaký čas 2,7 milióna ton uhlia.

Riešením je bezpečná fúzna elektrárňa bez skleníkových plynov

Fúzna reakcia nie je reťazová reakcia, aká prebieha v jadrových reaktoroch. Z tohto dôvodu sa nemôže fúzna reakcia vymknúť spod kontroly. Stačí iba prerušiť prívod paliva do reaktora a reakcia sa zastaví v priebehu niekoľkých sekúnd. Navyše, parametre plazmy, pri ktorých môže prebiehať zlučovanie jadier atómov, sú natoľko špecifické, že pri akejkoľvek ich odchýlke od optimálnych hodnôt dôjde k poklesu teploty a hustoty plazmy, čím sa v reaktore samovoľne preruší proces fúzie.



Z hľadiska vplyvu prítomnosti rádioaktívnych materiálov vo fúznom reaktore na životné prostredie v porovnaní s jadrovými elektrárnami ide o obrovský pokrok smerom k šetrnejšej produkcii energie. Hoci samotné produkty fúznej reakcie, hélium a neutróny, nie sú same osebe rádioaktívne, aktiváciou dielcov reaktora vystaveným toku neutrónov vznikajú rádioaktívne materiály. Pri použití vhodných materiálov je možné doceliť, aby ich rádioaktivita bola asi o tri rády nižšia ako pri súčasných jadrových elektrárnach.

Navyše, v porovnaní s konvenčnými jadrovými elektrárnami **pri fúzii nevzniká rádioaktívny odpad** vo forme vyhoreného jadrového paliva a rovnako tu odpadá potreba sústavného ťaženia a dopravy rádioaktívneho materiálu do elektrárne. Trícium, ktoré vstupuje do fúznej reakcie, je síce rádioaktívnym izotopom vodíka, ale s polčasom rozpadu iba 13,3 roka, pričom sa bude vyrábať priamo vo fúznej elektrárni, regulovane, v malých množstvách.

Fúzne elektrárne nebudú produkovať žiadne skleníkové plyny ani iné plyny, ktoré by mohli mať neželaný vplyv na životné prostredie.