



Středoškolská technika 2023

Setkání a prezentace prací středoškolských studentů na ČVUT

Fúzní energie

Vojta Vlk

Střední odborné učiliště stavební Benešov

Jana Nohy 1302, 2056 01 Benešov

Vedoucí práce: PhDr. Ing. Jana Křížová, jkrizova@sousbn.cz

Anotace:

Fúze, tj. proces, který pohání hvězdy jako Slunce, představuje téměř nevyčerpatelný a čistý zdroj elektřiny, který vyžaduje pouze malé množství paliva, jež lze získat z levných a celosvětově dostupných materiálů. Při procesu jaderné fúze se za vysokých teplot spojují atomy lehkých prvků, jako je vodík, z nichž vzniká helium při současném uvolnění obrovského množství energie. Fúze je podle odborníků ze své podstaty bezpečná, jelikož proces její reakce se nemůže spustit nekontrolovaně sám od sebe.

Annotation:

Fusion, the process that powers stars like the Sun, is an almost inexhaustible and clean source of electricity that requires only a small amount of fuel, which can be obtained from cheap and globally available materials. In the process of nuclear fusion, atoms of light elements such as hydrogen fuse together at high temperatures to form helium while releasing a huge amount of

energy. According to experts, fusion is inherently safe, as the process of its reaction cannot start uncontrollably by itself.

Prohlášení:

Prohlašuji, že jsem svou práci vypracoval samostatně a použil jsem pouze prameny a literaturu uvedené v seznamu zdrojů. Prohlašuji, že tištěná verze a elektronická verze soutěžícího projektu jsou shodné. Nemám závažný důvod proti zpřístupňování této práce v souladu se zákonem č. 121/2000Sb., o právu autorském, o právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů (autorský zákon) v plném znění.

V Benešově dne: 4.4.2023

Podpis: Vojta Vlček

Obsah

Úvod.....	4
Jaderná a nukleární fúze.....	5
Historický průlom.....	5
Vyplatí se to?.....	6
Kdy se fúzní energie dostane do sítě?	6
Poškození měřicích přístrojů?	7
Co se bude dít teď?.....	8
Zapojení českých vědců	9
Zajímavost.....	9
Závěr.....	10
Zdroje	11

Úvod

Práci jsem si vybral protože mě baví sledovat vývoj energii. O sledování vývoje energii by se dalo říct, že je to můj koníček zabývám se ním už od poloviny základní školy, kdy mě oslovila moje učitelka na fyziku, která mi řekla, jestli nechci udělat prezentaci na jadernou energii a pak jsem se začal zajímat o to to téma více. Ač v poslední době nemám moc času snažím se u tohoto tématu zůstat, jelikož jeto budoucnost naše i dalších generacích. Proč zrovna fúzní energie, protože je to nejnovější čistá energie pro člověka, která je starší než naše planeta. V momentální chvíli i moje nejoblíbenější energie co se vývoje tyče. V mé práci se zmiňuji o nejdůležitějších historických okamžicích, které se tykají fúzní energie.

Jaderná a nukleární fúze

Jaderná či nukleární fúze je typ jaderné reakce, při které dochází ke slučování atomových jader lehčích prvků v jádra těžších prvků a zároveň k uvolnění energie. Termojaderná fúze probíhající za vysokých teplot je zdrojem energie většiny hvězd včetně Slunce. Jaderná fúze je v principu opakem štěpení jader těžkých prvků.

Tedy fúzní energie je opak jaderné energie.

Jaderná fúze je opak štěpení atomů, které probíhá v současných atomových elektrárnách. Jedná se v podstatě o člověkem napodobené procesy uvolňování energie, k nimž dochází ve Slunci a dalších hvězdách. Při termonukleární fúzi se při extrémně vysokých teplotách spojují lehké atomy – například vodíku – tak, že stvoří jádra těžších prvků, jako je helium. Při tom se uvolňuje obrovské množství energie. Experimenty s fúzí se provádějí v zařízeních zvaných tokamak.

Pokud si lidstvo tento typ procesu osvojí a dokáže jej využít, zbaví se navždy – věří vědci – své závislosti na fosilních palivech a získá přístup k neomezenému zdroji bezuhlíkové energie.

Palivem nových typů reaktorů by měly být deuterium a tritium, tedy izotopy vodíku.

Deuterium ze sklenice vody by mohlo stačit na zásobení domácnosti na rok. Tritium je vzácnější, lze je ale získat synteticky.

„Stačí vám jen malé množství vodíku, a ten je nejhojnějším prvkem. Vodík se nachází ve vodě, takže palivo, které je třeba k tomuto zdroji energie, je neomezené a čisté,“ vysvětlil CNN Julio Friedmann z kalifornského státního vědeckého ústavu Lawrence Livermore National Laboratory, kterému se průlomový objev podařil.

Historický průlom

Američtí vědci v úterý představili výsledky průlomového objevu v hledání prakticky neomezeného zdroje čisté energie. Poprvé v historii se jim podařila jaderná fúze, tedy sloučení jader atomů, a to za uvolnění většího množství energie, než bylo do pokusu vloženo. Vzniklo 2,5 megajoulu energie, tedy o 20 procent více, než kolik bylo spotřebováno při provedení fúze samotné.

Informovaly o tom listy Financial Times (FT) a The Washington Post (WP), podle kterých je to oficiální průlom v jaderné energetice

„Jde o průlomový úspěch pro vědce a zaměstnance národní laboratoře, kteří zasvětili své kariéry tomu, aby se jaderná fúze stala realitou. Tento milník nepochybně podnítl další objevy,“ uvedla na úterní tiskové konferenci ve Washingtonu americká ministryně energetiky Jennifer Granholmová, kterou citovala agentura AP.

Podle WP se jedná o výrazný krok vpřed, průmyslové využití jaderné fúze bude podle něj ale možné nejdříve za jedno či více desetiletí.

Objev vědců z kalifornského ústavu Lawrence Livermore National Laboratory (LLNL) se podle ní zapíše do dějin. Americká média referují o svatém grálu v oblasti energetiky.

Vyplatí se to?

Zatímco náklady na vývoj nové technologie budou patrně astronomické, až si věda a po ní průmysl nově objevovaný proces osahá a osvojí, měla by jít cena strmě dolů. Příslib cenově velmi dostupného zdroje energie dává především palivo – všeobecně dostupný vodík.

Podle Mezinárodní agentury pro atomovou energii by navíc fúzní reakce měla vyprodukovat čtyřikrát víc energie na kilogram než jaderné štěpení a čtyřmilionkrát víc energie než pálení uhlí nebo ropy.

Při jaderné fúzi by navíc neměl vzniknout téměř žádný odpad a ten, který by reaktor vyprodukoval, by navíc byl radioaktivní jen po krátkou dobu, uvedla stanice BBC.

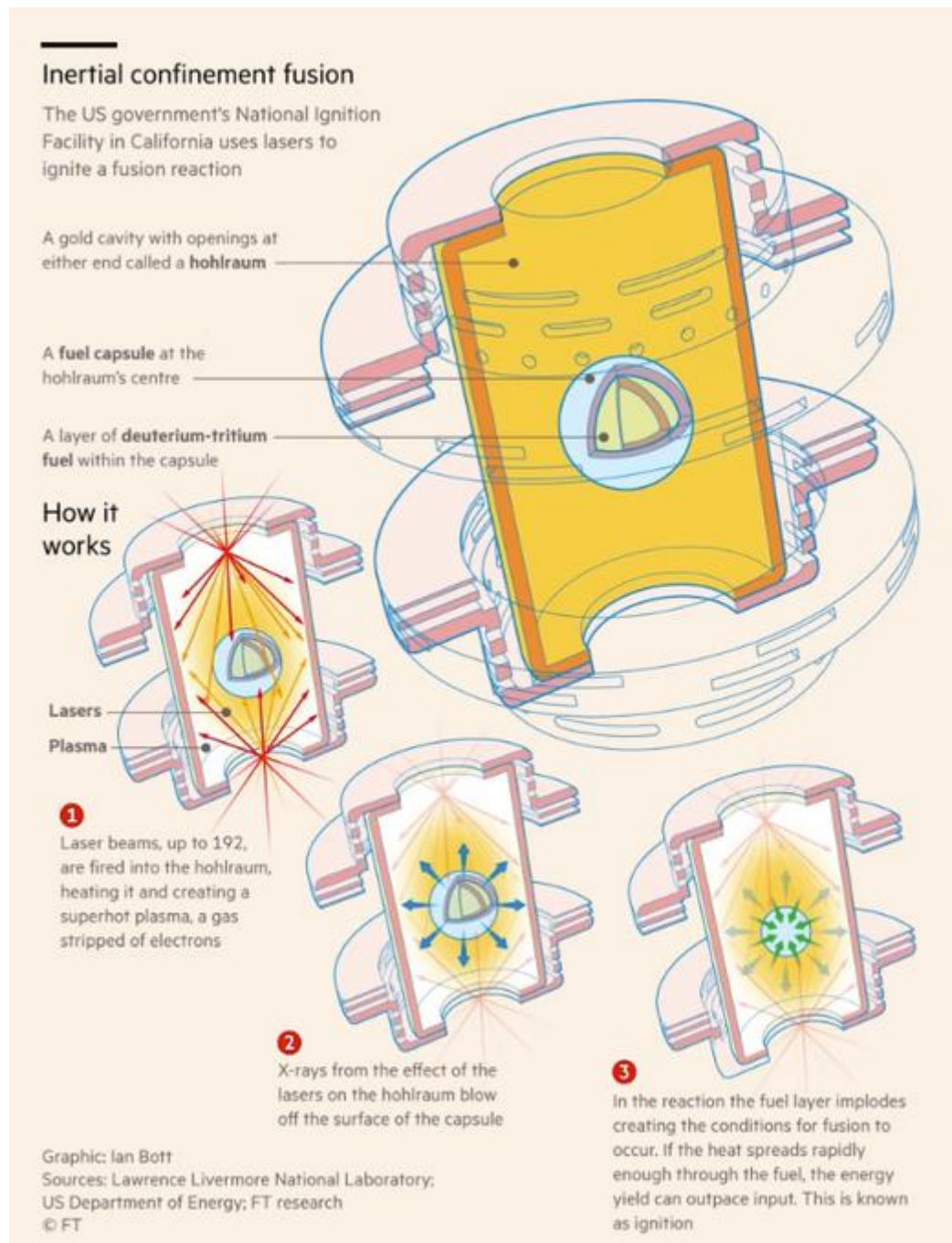
Kdy se fúzní energie dostane do sítě?

V příštím roce ani napřesrok to nebude. Všechno je zatím na začátku. Samotné získávání energie z fúze funguje na stejném principu jako při štěpné reakci. Uvolněné teplo lze využít k ohřevu vody, její odpařování pak pohání turbíny a pohyb turbín vyrábí elektřinu.

Potíž je v tom, jak fúzní reakci udržet a mít pod kontrolou dostatečnou dobu. Zvládnutí tohoto procesu v dostatečně velkém měřítku může trvat roky.

„Zatím se podařilo získat energii jen k ohřevu asi deseti konvic vody. Abychom z toho udělali elektrárnu, musíme dosáhnout většího zisku energie – potřebujeme, aby to bylo podstatně více,“ vysvětlil Jeremy Chittenden z Centra pro studia fúze na Imperial College v Londýně.

Přesto se podle něj jedná o důležitý milník, protože je to vůbec poprvé, kdy se fúze podařila realizovat celá – řetězec reakce se v průběhu nezastavil či nerozpadl. A především poprvé skončil v energetickém plusu. Všechny dosavadní pokusy spotřebovaly více energie, než vyprodukovaly.



Obr. č.1 [Dostupné z: <https://www.novinky.cz/clanek/veda-skoly-uspech-evropskeho-tokamaku-vedci-dosahli-rekordni-energie-z-jaderne-fuze-40386640>]

Poškození měřicích přístrojů?

Pokud se to potvrdí, bylo by to poprvé při tomto druhu jaderné reakce. Vědci výsledky experimentu stále analyzují. Podle deníku FT se při něm totiž poničily některé měřicí přístroje.

Jadernou fúzi označuje deník WP za „svatý grál“ ve snaze vytvořit bezuhlíkovou energetiku. Na tento zdroj energie velmi sází i americká administrativa prezidenta Joea Bidena, která chce do dalšího výzkumu masivně investovat. Průmyslové využití jaderné fúze však bude podle médií při neoptimističtějších odhadech možné právě až za desítku, ale možná i několik desítek let.

Z fúze pochází veškeré světlo a teplo ze Slunce a dalších hvězd. Umělá fúze by mohla být bezpečným, udržitelným a ekologickým zdrojem energie. Při termonukleární fúzi se při extrémně vysokých teplotách spojují lehké atomy – např. vodíku – tak, že stvoří jádra těžších prvků, jako je helium. Při tom se uvolňuje obrovské množství energie. Experimenty s fúzí se provádějí v zařízeních zvaných tokamak.

JET (Joint European Torus) je fúzní experimentální zařízení typu tokamak, které dokáže vytvořit plazma o teplotě až 150 milionů stupňů Celsia, tedy desetkrát teplejší než střed Slunce.

Tokamak (slovo pochází z ruštiny) je zařízení vytvářející toroidální a nesmírně výkonné magnetické pole, používané jako magnetická nádoba pro uchovávání vysokoteplotního plazmatu.

Úspěch tokamaku JET, největšího a nejvýkonnějšího tokamaku na světě, provozovaného Úřadem pro atomovou energii Spojeného království (UKAEA) v Oxfordu, více než dvojnásobně překonává dosavadní rekord v množství energie generované z jaderné fúze, kterého zde bylo dosaženo v roce 1997 a jenž tehdy činil 21,7 megajoulu.

Jeden megajoul energie stačí k tomu, aby byly přibližně tři litry vody o teplotě 20 stupňů přivedeny k varu.

Co se bude dít teď?

Badatelé musí vyřešit dvě zásadní věci. Jak to, co objevili, provést v mnohem větším měřítku a mnohem levněji tak, aby bylo možné pomýšlet na komerční využití. To zabere roky, možná desetiletí.

„Mluvíme tu o rozdílu mezi škrtnutím zápalkou a zažehnutím plynové turbíny,“ dodal Friedmann.

Na tento zdroj energie velmi sází americká administrativa prezidenta Joea Bidena, která chce do dalšího výzkumu masivně investovat.

„Udržení fúze deuteria a tritia na této úrovni výkonu – téměř v průmyslovém měřítku – je pro všechny, kdo se podílejí na celosvětovém vývoji fúzního zdroje energie, jednoznačným

potvrzením potenciálu této technologie,“ poznamenal k rekordním 59 megajoulům energie v podobě tepla generální ředitel projektu ITER Bernard Bigot.

Dodal, že pro ITER jsou výsledky získané na tokamaku JET silným posílením důvěry, že „jsme na správné cestě k demonstraci plného fúzního výkonu“.

„Pokud dokážeme udržet fúzní reakci po dobu pěti sekund, dokážeme ji udržet i po dobu pěti minut a poté po dobu pěti hodin v budoucích zařízeních,“ poznamenal Tony Donné, programový manažer organizace EUROfusion.

Zapojení českých vědců

Do projektu JET jsou zapojeni i čeští vědci z Ústavu fyziky plazmatu Akademie věd ČR. V Česku ostatně bude fungovat další zařízení pro experimenty s jadernou fúzí, tokamak COMPASS Upgrade, které bude též podporou projektu ITER.

Podle ředitele Ústavu fyziky plazmatu AV ČR Radomíra Pánka jsou nynější zprávy z Británie velkým úspěchem celé evropské fúzní komunity.

„Jaderná fúze představuje pro lidstvo velkou naději v podobě čistého, bezpečného a téměř nevyčerpatelného zdroje energie, který v budoucnu umožní přechod na nízkoemisní energetiku při uchování vysoké životní úrovně. Jsem velmi rád, že náš ústav hraje v tomto celoevropském úsilí významnou roli,“ nechal se slyšet.

Zajímavost

Odpověď Radomíra Pánka na dotaz Novinek, jaký byl u pokusu poměr vynaložené a získané energie:

- Otázka, kolik spotřeboval tokamak JET na zapálení termonukleární reakce a generaci oněch cca 60 MJ, je sice pochopitelná, ale v tomto kontextu zavádějící. Tokamak JET je experimentální zařízení naprojektované na to, aby nám bylo schopno poskytnout co nejvíce informací o chování plazmatu tvořeného směsí paliva využívaného v budoucích reaktorech (deuterium a tritium) a probíhajících reakcích za podmínek co nejbližších budoucím fúzním reaktorům. Proto se v něm snažíme vygenerovat co nejvíce energie z fúzní reakce v absolutním čísle. JET ale není zařízení zkonstruované a optimalizované na co nejučinnější produkci energie, kde by pak mělo smysl tato čísla srovnávat - nemá supravodivé cívky a další technologie výrazně snižující spotřebu energie, které bude mít fúzní elektrárna.

- Cílem aktuálních experimentů navíc nebylo dosažení co nejvyššího poměru generovaného výkonu vůči spotřebovanému. Cílem bylo dosažení stabilní fáze „hoření“ termonukleární reakce, abychom díky novým diagnostickým metodám mohli detailněji „nahlédnout“, co se v této fázi v plazmatu děje. Zajímalo nás, zda za těchto extrémních podmínek produkty fúzních reakcí mají vliv na nestability v plazmatu; jak v této fázi funguje ohřev plazmatu pomocí mikrovln; jak interaguje plazma s tzv. první stěnou atd. A to vše především proto, abychom byli co nejlépe připraveni na spuštění tokamaku ITER a naplnění jeho cílů.
- Problematika účinnosti se bude řešit částečně v projektu ITER, ale zejména poté v následném projektu DEMO – demonstrační prototyp fúzní elektrárny, který se začne stavět okolo roku 2040.

Závěr

Zajímavosti, které jsem zjistil během vypracování této práce, si myslím, že jsou pro mě užitečné, protože mě zajímá svět fyziky a získávání energií z netradičních zdrojů. Aktuálně oznámené rekordní výsledky jaderné fúze jsou každopádně podle citovaných expertů „za poslední čtvrtstoletí nejjasnějším důkazem potenciálu energie získávané z jaderné fúze pro zajištění bezpečného, udržitelného a ekologického zdroje energie“.

Zdroje

<https://www.novinky.cz/clanek/veda-skoly-uspech-evropskeho-tokamaku-vedci-dosahli-rekordni-energie-z-jaderne-fuze-40386640>

<https://www.novinky.cz/clanek/veda-skoly-vedci-zrejme-poprve-provedli-jadernou-fuzi-s-celkovym-ziskem-energie-40417207>

[https://www.novinky.cz/clanek/zahranicni-amerika-americanum-se-povedla-jaderna-fuze-kdy-zlevni-elektrina-](https://www.novinky.cz/clanek/zahranicni-amerika-americanum-se-povedla-jaderna-fuze-kdy-zlevni-elektrina-40417311?#dop_ab_variant=0&dop_source_zone_name=novinky.sznhp.box&dop_req_id=Lc4vAmvkMb3-202212131859&dop_id=40417311&source=hp&seq_no=1&utm_campaign=abtest203_personalizovany_layout_varBB&utm_medium=z-boxiku&utm_source=www.seznam.cz)

[40417311?#dop_ab_variant=0&dop_source_zone_name=novinky.sznhp.box&dop_req_id=Lc4vAmvkMb3-](https://www.novinky.cz/clanek/zahranicni-amerika-americanum-se-povedla-jaderna-fuze-kdy-zlevni-elektrina-40417311?#dop_ab_variant=0&dop_source_zone_name=novinky.sznhp.box&dop_req_id=Lc4vAmvkMb3-202212131859&dop_id=40417311&source=hp&seq_no=1&utm_campaign=abtest203_personalizovany_layout_varBB&utm_medium=z-boxiku&utm_source=www.seznam.cz)

[202212131859&dop_id=40417311&source=hp&seq_no=1&utm_campaign=abtest203_personalizovany_layout_varBB&utm_medium=z-boxiku&utm_source=www.seznam.cz](https://www.novinky.cz/clanek/zahranicni-amerika-americanum-se-povedla-jaderna-fuze-kdy-zlevni-elektrina-40417311?#dop_ab_variant=0&dop_source_zone_name=novinky.sznhp.box&dop_req_id=Lc4vAmvkMb3-202212131859&dop_id=40417311&source=hp&seq_no=1&utm_campaign=abtest203_personalizovany_layout_varBB&utm_medium=z-boxiku&utm_source=www.seznam.cz)

