

Fúzní elektrárna DEMO může být postavena v České republice

Slavomír Entler

První fúzní elektrárna se v Evropě začne stavět okolo roku 2040 a zprovozněna bude kolem roku 2050. Česká republika má všechny předpoklady, aby se stala zemí, v níž bude prototyp fúzní elektrárny postaven, například v lokalitě některé z bývalých uhelných elektráren.

Jaderná fúze je perspektivní nízkoemisní, nízkouhlíkový a nízkoodpadový energetický zdroj, který může zajistit dostatek energie bez negativních dopadů na životní prostředí po miliony let. Charakteristickým rysem využití jaderné fúze je velmi vysoká energetická kapacita fúzního paliva. Palivem v prvních fúzních elektrárnách budou izotopy vodíku deuterium a tritium. Fúzní elektrárna o elektrickém výkonu 1 GW (jako blok Jaderné elektrárny Temelín) spotřebuje za den provozu pouhý 1 kg paliva. Odpadem reakce přitom bude 0,7 kg inertního plynu helia.

Fúzní elektrárny budou zcela bezpečné bez rizika nekontrolované fúzní reakce, protože fúzní reakce není na Zemi možná bez externí podpory. Jakákoliv závažnější porucha povede k tomu, že se palivo ochladí a fúzní reakce se okamžitě zastaví. Navíc bude v reaktoru vždy jen velmi malé množství paliva, několik gramů, takže ani únik paliva nepůsobí žádné ohrožení životního prostředí. Ve srovnání

Budoucí elektrárny

Fúzní elektrárny budou vypadat podobně jako současné jaderné elektrárny.

s obnovitelnými zdroji budou fúzní elektrárny mnohonásobně výkonnější a nezávislé na počasí, denní nebo roční době. Umožní koncentrovat výrobu čisté elektřiny do průmyslových lokalit a budou tak chránit přírodní krajinu a rozsáhlé biotopy.

Fúzní elektrárna

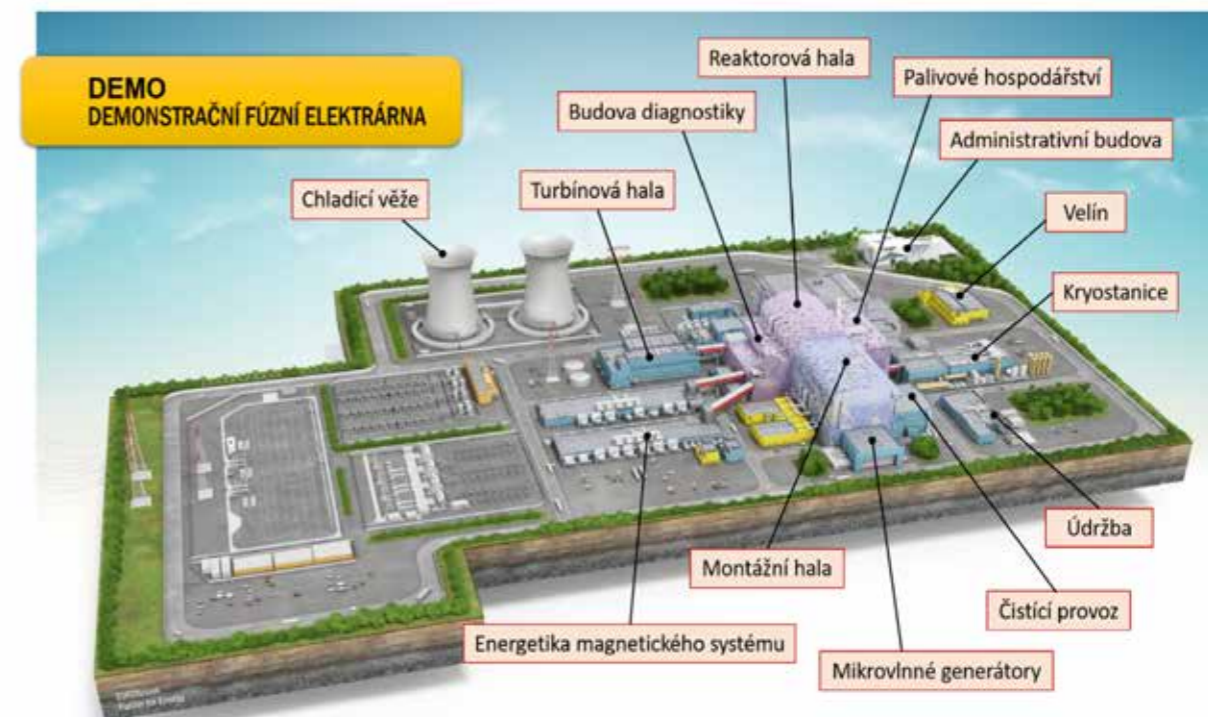
Fúzní elektrárny budou vypadat podobně jako současné jaderné elektrárny. Budou mít ochranný kontejnment, turbínovou halu a chladicí věže. Půjde o jaderné zařízení, které bude podléhat podobným předpisům jako současné jaderné elektrárny. Díky inherentní bezpečnosti fúzních reaktorů ale bude jejich povolování jednodušší a rychlejší.

Srdcem prvních fúzních elektráren budou reaktory typu tokamak. Tokamaky generují silné magnetické pole, které udržuje horké palivo uprostřed toroidální vakuové nádoby a izoluje jej od stěn. Magnetické cívký budou supravodivé a budou chlazeny na kryogenní teploty.

Vakuová nádoba a masivní nosná konstrukce reaktoru budou vyrobeny z austenitické nerezové oceli, jaderná zóna reaktoru obklopující palivo bude vyrobena z nízkoaktivovatelné feriticko-martenzitické oceli a wolframu. Celý reaktor bude umístěn ve vakuovém kryostatu, který umožní udržovat magnetické cívký na nízkých teplotách. Výška reaktoru bude přibližně 30 m, průměr bude okolo 40 m.

Palivo se v reaktoru ohřeje na vysokou teplotu zhruba 160 milionů °C a tím se spustí fúzní reakce. Ohřev paliva zajistí systém ohřevu elektrickým proudem, vstříkáváním urychlených atomů paliva a elektromagnetickými vlnami. Uvolňovaný výkon se bude z reaktoru odvádět chlazením jaderné zóny primárními chladicími okruhy. Chladicím médiem bude helium nebo voda. Každé z těchto médií má své výhody a nevýhody, takže pravděpodobně budou postaveny elektrárny jak s heliovým, tak s vodním chlazením. Elektrárny budou dvoukruhové a pro výrobu elektřiny bude

Obr. 1 Podoba DEMO elektrárny



Zdroj: EUROfusion

použit Rankin-Clausiovův parní cyklus, stejně jako v současných jaderných elektrárnách. Později se plánuje také využití tepelného cyklu se superkritickým oxidem uhličitým.

DEMO

Výstavba prvních prototypů fúzních elektráren bude zahájena do 20 let. V současnosti probíhá kompletace největšího fúzního reaktoru na světě – mezinárodního termojaderného experimentálního reaktoru ITER. Diskuse o projektu ITER započaly v roce 1985, avšak jeho výstavba začala až po dlouhých politických jednáních v roce 2007 v jihofrancouzské Provence za partnerství Evropské unie, USA, Japonska, Korejské republiky, Číny, Indie a Ruské federace. Plného výkonu 500 MW reaktor dosáhne v roce 2036. Projekt má za cíl otestovat vyvinuté fúzní technologie při vysokém výkonu. Na ITER bude navazovat výstavba prvních prototypů fúzních elektráren.

Výstavba evropské demonstrační fúzní elektrárny, zkráceně nazývané DEMO, bude zahájena kolem roku 2040. K připojení elektrárny do elektrizační sítě by mělo dojít v období

2050–2055. Cílem výstavby DEMO je získání informací a know-how, které umožní investorům a energetickým firmám zahájit výstavbu komerčních fúzních elektráren.

Technologie

Tepelný výkon reaktoru DEMO bude 2,5 GW, čistý elektrický výkon elektrárny bude 400 MW. Elektrárna bude dvoukruhová se čtyřmi skupinami primárních okruhů o různých tepelných potenciálech. Sekundární okruh bude založen na Rankin-Clausiově parním cyklu.

Mezi klíčové technologie bude patřit:

- dvouplášťová vakuová nádoba ve tvaru toroidu,
- silný supravodivý magnetický systém,
- napájecí zdroje,
- masivní podpůrná konstrukce reaktoru,
- vakuový systém ultravysokého vakuu,
- kryogenní heliový systém,
- systém ohřevu paliva,
- robotický systém vzdálené údržby reaktoru,

- palivové hospodářství,
- 4 skupiny primárních okruhů,
- zásobník tepelné energie,
- turbínový ostrov,
- MaR, řídicí systém.

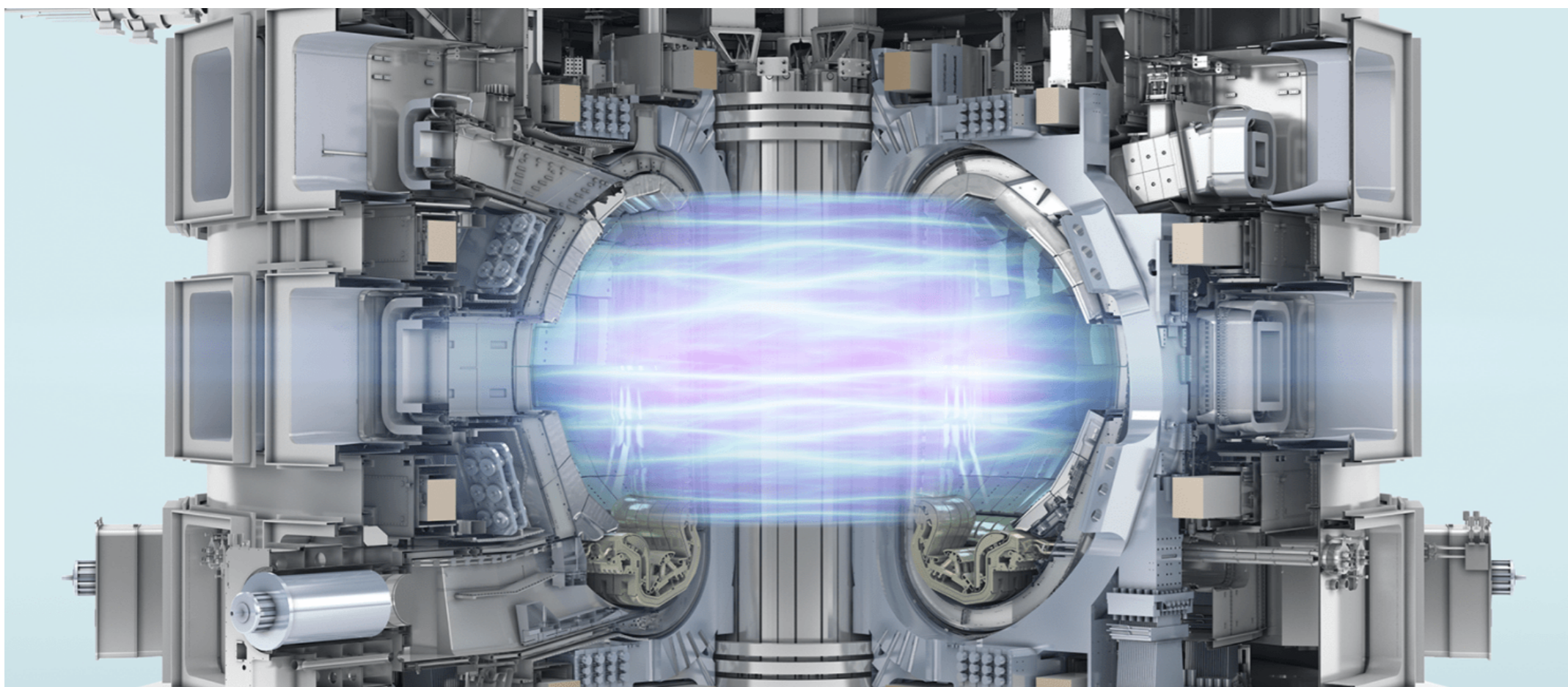
Výstavba elektrárny

Požadavky DEMO na infrastrukturu jsou z mnoha hledisek podobné těm pro umístění klasických elektráren. Rozloha areálu by měla být nejméně 80 ha. V areálu by měla být k dispozici chladicí voda v dostatečném objemu a kapacitní připojení elektrické sítě. Důležitá je dostupnost areálu po

Náklady na výstavbu

Investiční náklady na výstavbu elektrárny DEMO budou srovnatelné s náklady na výstavbu jaderných elektráren.

Obr. 2 Mezinárodní termojaderný experimentální reaktor (ITER - International Thermonuclear Experimental Reactor) je mezinárodním vědeckým experimentem, jehož cílem je poskytnout vazbu mezi vědeckým studiem fyziky horkého plazmatu a budoucími komerčními elektrárnami založenými na jaderné fúzi



Zdroj: ITER Organization

silnici, železnici a lodí pro přepravu velkoobjemových dílů. Protože půjde o první prototyp nového zařízení, je také důležité vědecké a vývojové zázemí pro vědce a techniky z celé Evropy.

Stavbu elektrárny DEMO bude financovat Evropská unie s cílem maximálního zapojení evropského průmyslu. Přípravné práce na projektu probíhají od roku 2012 v rámci evropského konsorcia výzkumných organizací EUROfusion, které má za úkol DEMO navrhnout. Návrh nejaderných technologií je zpracováván na základě komerčně dostupných technologií ve spolupráci s průmyslovými firmami.

O umístění evropské elektrárny DEMO nebylo zatím rozhodnuto. V rámci České republiky probíhá diskuse o kandidatuře na umístění tohoto unikátního projektu. Výběr dodavatelů všech částí stavby bude probíhat formou otevřených výběrových řízení a případná realizace v ČR by pro české

Obr. 3 Aktuální stav staveniště ITER



Zdroj: ITER Organization

firmy znamenala velkou obchodní příležitost. Důležitou roli při výběru dodavatelů bude také hrát zajištění dopravy vyrobených a často nadrozměrných dílů na staveniště, což částečně zvýhodní místní výrobce.

Investiční náklady na výstavbu elektrárny DEMO budou srovnatelné s náklady na výstavbu jaderných elektráren, protože stavební práce, turbínový ostrov a řada dalších technologických dodávek budou podobné. V případě jaderného ostrova a palivového hospodářství půjde o nové technologie a jejich cena může být oproti jaderným elektrárnám o něco vyšší. Celkové náklady na výstavbu DEMO se odhadují na 500 miliard korun. ■

Slavomír Entler

Pracuje v Ústavu fyziky plazmatu AV ČR a přednáší na Fakultě strojní a Fakultě jaderné a fyzikálně inženýrské ČVUT. Zabývá se vývojem senzorů pro fúzní reaktory a problematikou integrace jaderné fúze do energetiky. Dříve působil jako vedoucí výzkumné aktivity Technologie první stěny fúzního reaktoru v Centru výzkumu Řež, byl členem Evropské projektové rady pro vývoj divertoru reaktoru DEMO konsorcia EUROfusion a zástupcem ČR v Radě evropských fúzních laboratoří při agentuře Fusion for Energy.

