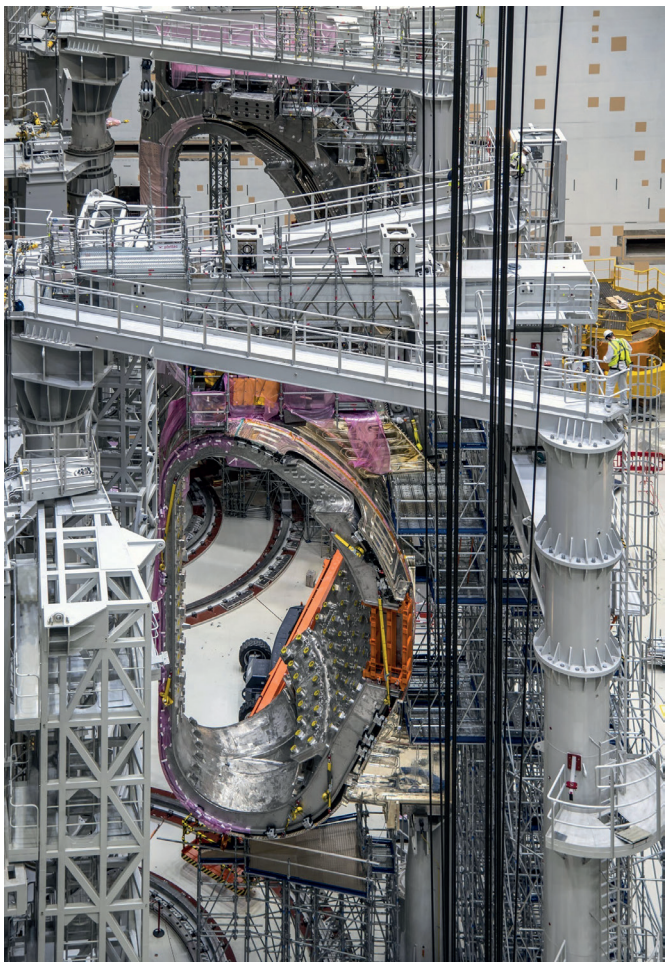
INNOWACJE

W poszukiwaniu świętego Graala fizyki

Europejscy naukowcy ogłosili wyniki eksperymentu, który stanowi przełomowy krok do uzyskania nowego źródła energii – z fuzji termojądrowej. Wśród instytucji zaangażowanych w przeprowadzone doświadczenie wymienionych na tablicy informacyjnej podczas konferencji prasowej nie dało się nie zauważyć polskiego Instytutu Fizyki Plazmy i Laserowej Mikrosyntezy.



Fragment konstrukcji ITER (źródło: www.iter.org)

W Culham pod Oksfordem w Wielkiej Brytanii międzynarodowy zespół naukowców dokonał kolejnego przełomu w badaniach nad generowaniem energii z fuzji termojądrowej. 9 lutego 2022 r. w trakcie konferencji prasowej prof. Tony Donné, dyrektor zarządzający Europejskiego Konsorcjum programu EUROfusion ogłosił wynik eksperymentu – w tokamaku JET wytworzono stabilną plazmę, uzyskując 59 MJ energii w stanie stacjonarnym trwającym 5 sekund. Tym samym ustanowiono nowy rekord, poprawiając prawie trzykrotnie wynik z 1997 r.

Energia fuzyjna będzie niskoemisyjna, bezpieczna, wydajna. Droga do jej uzyskania z kolei jest długa, pełna przeszkód i niespodzianek. Wymagająca również ścisłej współpracy najlepszych naukowców oraz inżynierów. Wystarczy przecież świadomość, że tokamak JET rozgrzewa gaz deuterowo-trytowy (lub plazmę) do temperatury 150 miliona stopni, czyli dziesięciokrotności tej, która panuje w jądrze Słońca. A wszystko dlatego, że sama fuzja jest zjawiskiem, które odbywa się właśnie wewnątrz tej gwiazdy. Nie jest więc zaskoczeniem, że minister nauki Wielkiej Brytanii George Freeman porównał naukowców pracujących nad fuzją do Rycerzy Okrągłego Stołu. Tym bardziej, że cele są szczytne, a mianowicie zapewnienie energii wypełniającej cele Zielonego Ładu, w dodatku bezpiecznej, praktycznie nieograniczonej i niewyczerpanej.

PER ASPERA AD ASTRA... AD TERRAM

Droga do celu prowadzi przez JET, lecz kolejnym krokiem będą badania w większym i lepiej przystosowanym urządzeniu – tokamaku ITER. Ten pierwszy, działający od 1983 r., zostanie wkrótce zastąpiony urządzeniem nowej generacji budowanym w Cadarache niedaleko Marsylii. Trzecia generacja – tokamak DEMO – będzie już de facto prototypem termojądrowej elektrowni.

Ale dziś to właśnie JET jest najpotężniejszym urządzeniem fuzyjnym na świecie. Tokamak w komorze o kształcie torusa utrzymuje zjonizowany gaz – plazmę, której pierścień podtrzymywany jest za pomocą pól magnetycznych. O wyjątkowości JET stanowi fakt, że jest to jedyne urządzenie fuzyjne mogące pracować z izotopami wodoru – deuterem i trytem, zwanymi, odpowiednio ciężkim wodorem i superciężkim wodorem, a właśnie takie paliwo ma w przyszłości napędzać ITER i przyszłe siłownie termojądrowe.

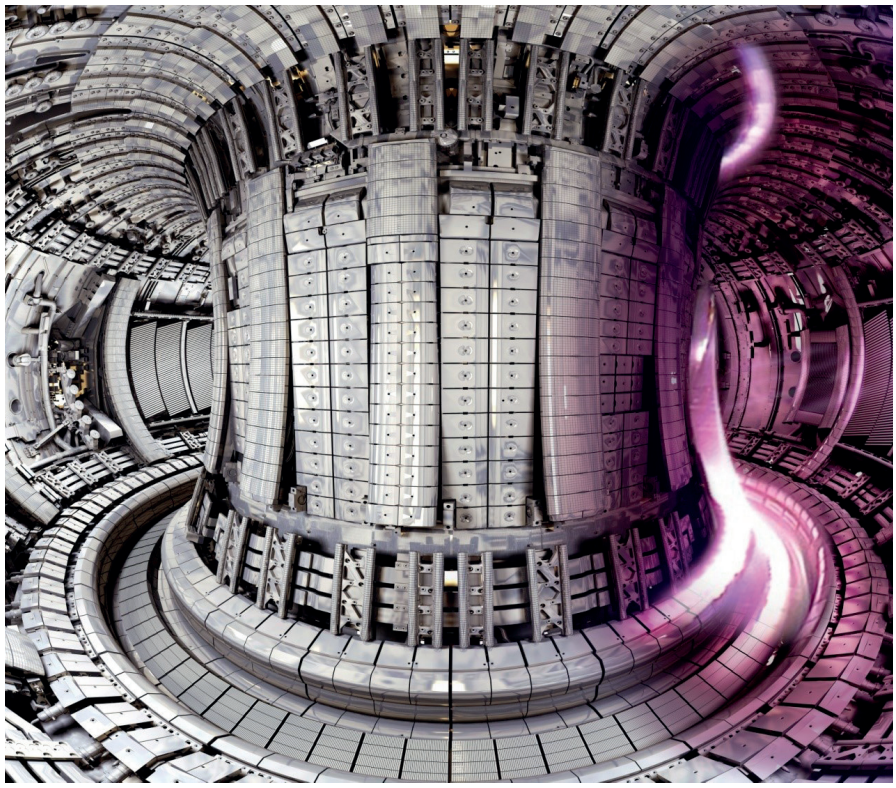
Misją tokamaka ITER jest pokazanie naukowej i technicznej możliwości wykorzystania energii fuzyjnej dla pokojowych działań. Przewidywany termin ukończenia to 2025 r., a dr Tim Luce, zastępca dyrektora ds. nauki i wdrożeń ITER, ocenia zaawansowanie prac konstrukcyjno-budowlanych na ok. 80% (m.in. działające obecnie urządzenia chłodzące, elektryczne, składana jest komora). Przedsięwzięcie jest niełatwe w wykonaniu, gdyż ważne są ramy czasowe, a eksperymentalny charakter urządzenia wymaga uprzedniej wiedzy o działaniu poszczególnych elementów. I taka jest rola JET: działanie przy użyciu mieszanki deuteru i trytu (w skrócie: DT) pozwala na przewidzenie możliwości tokamaka ITER. Chodzi tu nie tyle o konstrukcję, która jest już opracowana, ale o dobre praktyki zastosowane w JET, jak np. systemy zdalnej obsługi. I tak JET dostarcza wiedzy dla ITER, a ITER stworzy warunki do budowy elektrowni.

OD MITU DO FAKTU

Na wynik przełomowego eksperymentu składają się lata pracy zespołów eksperckich. Wybór ciężkiego i superciężkiego wodoru dla przyszłych elektrowni stanowi wyzwanie dotyczące konstrukcji i wyboru materiałów ściany komory. Doświadczenie z 1997 r. i ówczesny rekord 22 MJ uzyskany w tokamaku JET wiązał się z odkryciem, że znaczna część trytu – zbyt duża dla komercyjnych elektrowni – pozostała uwięziona w ścianie. Podjęto się ogromnego projektu inżynieryjnego (16 tys. komponentów, 4 t metalu, zaawansowane techniki robotyki)

w celu przebudowy wnętrza. W rezultacie zmniejszono ilość uwięzionego trytu ponad dziesięciokrotnie, ale nowa konstrukcja spowodowała zmianę w przebiegu samej fuzji. Takich i podobnych wyzwań było do pokonania wiele, a każdy krok mógł potencjalnie wywołać kolejną zagadkę. W tym przypadku, dzięki inwencji naukowców i inżynierów ostatecznie przywrócenie parametrów plazmy powiodło się, a ponieważ nowa ściana jest analogiczna do konstrukcji w ITER, wyniki eksperymentu dostarczają cennych materiałów dla specjalistów zaangażowanych w prace przy tokamaku drugiej generacji.

Podczas eksperymentu uzyskano temperaturę w centrum plazmy w wysokości 150 milionów stopni Celsjusza. Z użytego 0,1 mg trytu i 0,07 mg deuteru udało się uzyskać 59 megadżuli w czasie 5,3 sekundy, podobną wartość do efektu spalania ponad 1 kg gazu ziemnego lub 2 kg węgla kamiennego.



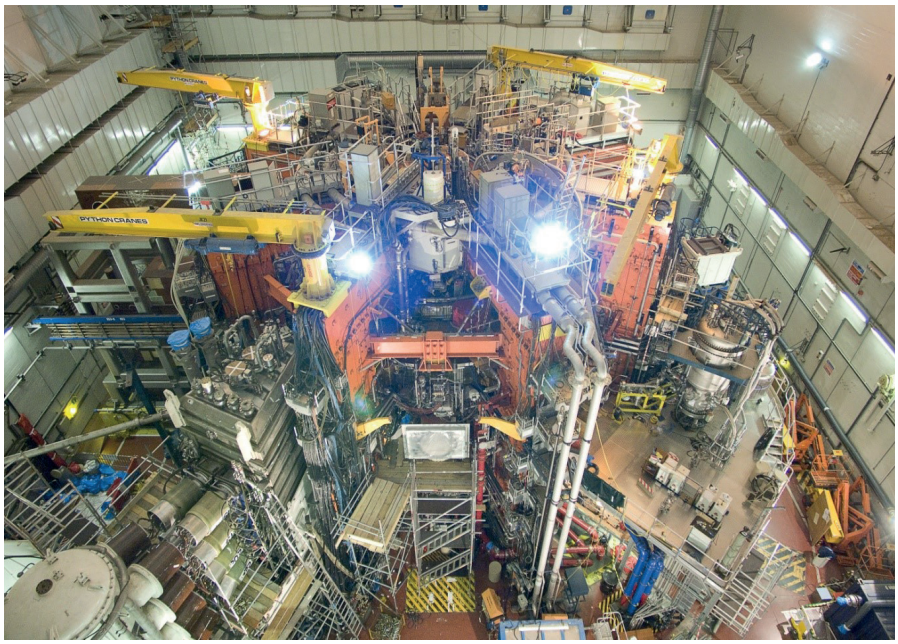
Wnętrze tokamaka JET (źródło: UKAEA)

SUKCES POLAKÓW

Rekordowy wynik to efekt zaangażowania naukowców z konsorcjum EUROfusion, w skład którego wchodzi 30 instytucji badawczych z UE oraz Ukrainy, Szwajcarii i Wielkiej Brytanii. Za instytucjami stoi 150 uniwersytetów, organizacji i przedsiębiorstw, a w sumie nad projektem pracuje ok. 4800 naukowców.

W Polsce europejskie badania nad fuzją z upoważnienia Ministra Edukacji i Nauki koordynuje Instytut Fizyki Plazmy i Laserowej Mikrosyntezy w ramach konsorcjum Nowe Technologie Energetyczne CeNTE zrzeszającym polskie instytucje, m.in. NCBJ, IFJ PAN, Uniwersytet w Opolu. Polscy naukowcy współpracują na miejscu i na świecie w ramach współpracy międzynarodowej w konsorcjum EUROfusion, a w IFPiLM działa od lat krajowy punkt kontaktowy ds. fuzji termojądrowej.

Polscy naukowcy z IFPiLM w pracach badawczych na urządzeniu JET biorą udział już od 2005 r.A wkład w przeprowadzenie zwieńczonego sukcesem eksperymentu był wielostronny, łącznie z pełnieniem funkcji lidera sesji doświadczalnej. Polski instytut m.in. specjalizuje się w dziedzinie modelowania plazmy, więc zadania obejmowały również analizę i interpretację danych z różnych diagnostyk plazmy (m.in. spektroskopia, bolometria). Dodatkowo badano zachowania zanieczyszczeń plazmy, przeprowadzano diagnostykę produktów syntezy termojądrowej – neutronów i cząstek alfa (szybkich cząstek helu), uczestniczono w rozwijaniu i zastosowaniu programów numerycznych modelujących procesy fizyczne dla ekstrapolacji wyników i prognoz dla plazmy DT i tokamaka ITER. Fizycy z Instytutu brali również udział w tworzeniu innowacyjnych detektorów do pomiarów miękkiego promieniowania rentgenowskiego i kalibracji systemu diagnostyk neutronowych dla energii 14 MeV w tokamaku JET.



Widok hali z tokamakiem JET (źródło: UKAEA)

Energia fuzyjna zatem, będąca energią przyszłości, to wspólne przedsięwzięcie dla wspólnoty globalnej. W warunkach globalnej pandemii, z pomocą pracy zdalnej, ponad 300 naukowców, z których ok. ¼ należy do młodego pokolenia, uzyskało efekt stanowiący kolejny kamień milowy w badaniach nad syntezą jądrową. Naukowcy są zgodni: eksperyment stanowi potwierdzenie faktu, że fuzja pozostaje realną propozycją dla światowego miksu energetycznego w przyszłości. Utrzymanie stabilnej plazmy i wyprodukowanie znaczącej ilości energii udowadnia skuteczności proponowanej mieszanki deuteru i trytu, które mają być zastosowane w prototypowej elektrowni fuzyjnej.

Anna Bielska