

Az ITER projekt

Veres Gábor

MTA Wigner Fizikai Kutatóközpont

1121 Budapest, Konkoly-Thege Miklós út. 29-33.

Az ITER napjaink talán egyik legnagyobb, de mindenképpen a legkomplexebb, építési fázisban lévő tudományos-technikai vállalkozása. Elsődleges célja a mágneselesen összetartott plazmával történő magfúziós energiatermelés demonstrálására irányuló integrált fizikai és technológiai kísérletek megvalósítása. A kísérletek eredményei nyitnák meg az utat az első (még demonstrációs, de már ipari méretű) fúziós erőmű(vek) építéséhez.

A kezdetek

Mint olyan sok minden más, huszadik századi tudományos eredmény vagy projekt mögött, az ITER esetében is a politikát, mégpedig a nagypolitikát kell keresni. Természetesen nem arról van szó, hogy egy-egy új kutatási, fejlesztési projekt beindítása a tudományos környezettől függetlenül, *deus ex machina* pattanna ki a semmiből, hanem sokkal inkább arról, hogy a tényleges beindulás egy jól megfogható politikai mozzanathoz, politikai igényhez köthető.

Jelen esetben arról van szó, hogy a hidegháború vége felé közeledve a két szuperhatalom, az Egyesült Államok és a Szovjetunió nagyon szerették volna demonstrálni, hogy, ahogy ezt annak idején kifejezték, lehetséges a „két nagy világrendszer békés egymás mellett élése”, és ennek a demonstrálására egy közösen megvalósított tudományos projekt tűnt a legalkalmasabbnak. Hogy ez a bizonyos közös projekt miért éppen a szabályozott magfúziós energiatermelés megvalósítását célozta, jelenleg még az archívumok titka.

Annyit azonban biztosan lehet tudni, hogy 1985 novemberében Mihail Sz. Gorbacsov főtitkár a Ronald W. Reagan elnökkel történt genfi csúcstalálkozón (miután előzetesen egyeztetett Francois Mitterand francia elnökkel és Margaret H. Thatcher brit miniszterelnökkel) egy közös, békés felhasználást célzó magfúziós projekt megvalósítását javasolta, amit az amerikai elnök el is fogadott.

Az ITER (akkor még International Thermonuclear Experimental Reactor) megépítéséről szóló szerződést egy évvel később a fent említett felek reyjavíki találkozóján két további résztvevővel (Japán és EURATOM) kibővülve alá is írták.

A berendezés koncepcionális tervei 1988-ra készültek el, majd ezt követően 2001-re a részletes mérnöki tervek is a partnerek rendelkezésére álltak a következő, a megvalósítási projektfázis beindításához.

Ekkor viszont, nem meglepő módon, a költségek elosztása és az építés helyszínének kiválasztása intenzív vitákat keltett. Az USA 1999 és 2003 között ideiglenesen ki is lépett a projektből, viszont Kanada 2001 és 2003 között ideiglenesen

csatlakozott. Tartósan csatlakozott viszont a projekthez 2003-ban Kína és Dél Korea, valamint 2005-ben India. Az ITER Nemzetközi Szervezet (*ITER International Organization*, röviden *IO* [1]) 2007. október 24-i létrejötténél már hét partner bábáskodott, miután hosszú-hosszú viták és kompromisszumkeresés után sikerült a helyszínben és a költségek elosztásában is megállapodni. Ezek szerint a berendezés a dél franciaországi Cadarache közelében fog megépülni, mégpedig úgy, hogy a költségek 45 százalékát a házigazda EU, a többi a többi hat partner egyenlő arányban állja úgy, hogy az összköltségek megközelítőleg 10 százalékát adják csak össze készpénzben – mintegy az IO tagsági díjaként –, a többi ki-ki természetben teljesíti az IO által előállított specifikációk alapján. Így garantálni lehetett, hogy a résztvevők az általuk teljesítendő megrendelésekkel elsősorban saját hazai ipari partnereiket tudják támogatni.



1. ábra: Az ITER Megállapodás (teljes nevén: *Agreement on the Establishment of the ITER International Fusion Energy Organization for the Joint Implementation of the ITER Project*) ünnepélyes aláírása a párizsi Élysée Palotában 2006. november 21-én.

Még 1998-ban, a részletes mérnöki tervek elkészítése közben kiderült, hogy a projekt megvalósítása, ahogyan azt a 88-as koncepció alapján elképzelték, vállalhatatlan pénzügyi kihívást jelent a partnerek számára, és a tervezőknek elő kellett állniuk egy csökkentett (mintegy 50 %-os) költségvetésű (és persze műszaki paraméterű) változattal. Az

így megszületett ITER-FEAT egy fontos területen marad el az eredeti ITER-től: míg az eredeti tervekben égő, azaz önfenntartóan fúzióra képes plazma szerepelt, addig a csökkentett tervek 10-szeres teljesítménysorozást céloznak meg, azaz azt várják, hogy a plazma fenntartásához szükséges teljesítmény tízszerese keletkezzen fúziós teljesítményként.

Mivel az ITER-FEAT már túl hosszú név lett volna, viszont különbséget is akartak tenni az eredeti ITER koncepcióval szemben, az a salomoni döntés született, hogy az ITER nevet használják az ITER-FEAT-re is, azonban a név már nem az eredeti betűszót jelenti, hanem egyszerűen a latin „út” jelentéssel bír.

A célkitűzések

Az ITER, mint projekt célkitűzéseit az IO legfelsőbb döntéshozó és irányító testülete, a tagok miniszteri szintű képviselőiből álló ITER Tanács (*ITER Council*, röviden *IC*) által jóváhagyott Projekt Specifikációk¹ dokumentum tartalmazza. Eszerint „az ITER célja a békés célú fúziós energiatermelés tudományos és technikai megvalósíthatóságának igazolása”.

Az ITER a mágneses összetartás tokamak koncepcióján nyugszik. A tokamak egy olyan, tórusz topológiájú berendezés, melyben a plazma egyensúlyát külső mágneses terek, valamint a plazma saját mágneses tere együttesen biztosítják. A külső mágneses tér egyben a plazma elszigetelését is biztosítja az őt befogadó vákuum kamrától.

A technikai célkitűzéseket az alábbi táblázat összegzi.

Fúziós teljesítmény	500 MW
Teljesítménysorozás	10
Plazmakisülés hossza	300-500 sec

A fenti paraméterek elérését szem előtt tartva megszülettek a tokamak berendezés előbb koncepcionális, majd részletes mérnöki tervei.

A munka megindul

Az ITER Megállapodás azt is rögzítette, hogy a projekt résztvevői, hozzájárulásuk teljesítésének koordinálására, úgynevezett Hazai Ügynökségeket (*Domestic Agency*, röviden *DA*) hoznak létre. Ilyen módon jött létre hét szervezet a hét ITER partnernek megfelelően: EU-DA, USA-DA, JA-DA, KO-DA, RU-DA, IN-DA és CN-DA. Az európai ügynökségnek a hét tagszervezet között betöltött domináns szerepét is kihangsúlyozandó külön neve van: European Joint Undertaking for ITER and the Development of Fusion Energy, röviden F4E [3].

A cikk írásakor, 2016 elején, befejeződött a tokamak épület alagsorának kialakítása, ami során kiöntötték a 11 500 m² nagyságú, 1,5 m vastagságú, földrengés elnyelő oszlopokon nyugvó vasbeton „lemez”, amire a teljes tokamak felépítmény mind a 360 000 tonnája nehezedni fog. Ezen túl felépült a poloidális tekercsek gyártásának otthont adó épület (a tekercsek olyan nagyok, hogy a helyszínen kell legyártani

őket, mert a szállításuk nem megoldható) és a tokamak épület szomszédságában a tokamak összeszerelését biztosító segéd épület is közel szerkezetkész állapotban van.

A telephely infrastruktúrája kialakításának munkálatai jó ütemben haladnak, bár a tokamak komplexum épületének szigorú nukleáris előírásoknak kell megfelelni, és a francia hatósági engedélyezési eljárások lezárása pár hónapot elcsúszott az eredeti tervekhez képest.



2. ábra: Az ITER telephely a 2015. augusztusi állapot szerint. (forrás: F4E)

A tokamak

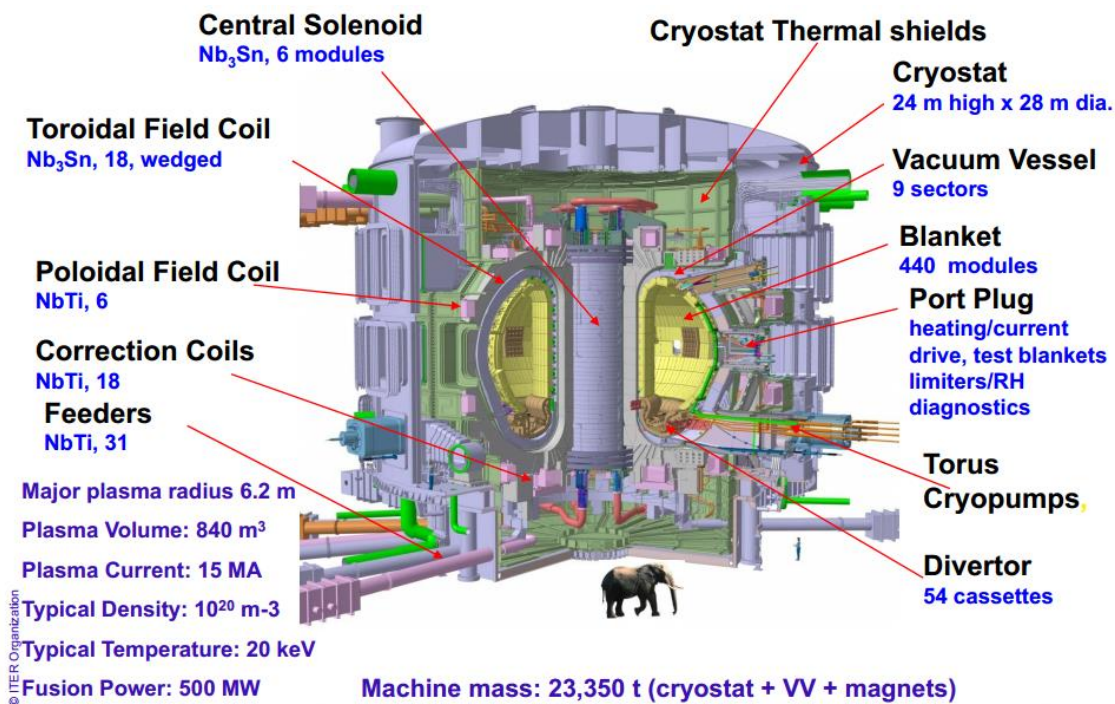
Az ITER projekt központi eleme természetesen nem más, mint maga a berendezés, a tokamak, amelynek legfontosabb méreteit és adatait az alábbi táblázat tartalmazza.

Plazma nagysugár	6,2 m
Plazma kissugár	2,0 m
Plazmaáram	15 MA
Plazmatérfogat	837 m ³
Jellemző plazmasűrűség	10 ²⁰ részecske×m ⁻³
Jellemző plazmahőmérséklet	20 keV
Toroidális mágneses tér	5,2 T

Mivel a plazma egyensúlyának fenntartásához és összetartásának biztosításához erős mágneses terekre van szükség, nem mindegy, hogy a mágneses terek előállításához szükséges tekercsekben mekkora veszteségek keletkeznek. Hogy ezeket, a tekercsekben keletkező ohmikus veszteségeket minimalizálják, az ITER mágneses tereit szupravezető tekercsek fogják előállítani. A szupravezető állapot fenntartásához szükséges infrastruktúrák (pl. kriosztát, hő pajzs, köpeny elemek), nagymértékben meghatározzák a tokamak főbb alkatrészeit. Az alábbi ábra szemlélteti a fontosabb szerkezeti elemeket és a berendezés méreteit.

Az alkatrészek legtöbbjének gyártására a tendereket már kiírták, és a gyártást – az 1:1 méretarányú prototípusok tesztelése után, a közeljövőben meg is kezdik.

¹ A jelenleg érvényben lévő dokumentum verziója 2.0 és 2010. november 15-én hagyta jóvá az IC [2].



3. ábra: Az ITER tokamak fontosabb szerkezeti elemei. (forrás: F4E)

Mivel, mint fentebb írtuk, a tokamak épület építése késedelmet szenvedett, és emiatt az összeszerelést is csak késve tudják majd megkezdeni, az ITER telephelyen átmeneti raktározó helyeket kell felépíteni a már legyártott és leszállított alkatrészek számára, ami az időkésésen túl többletköltségekkel is jár.

Össességében – a csúszások ellenére is – megállapíthatjuk, hogy a projekt megvalósítása halad és minden remény megvan arra, hogy a 2020-as évek közepén az ITER megkezdje a működését és ezzel egy újabb mérföldkövet érünk el a szabályozott magfúziós kutatások területén.

Irodalomjegyzék

- [1] <http://www.iter.org>
 [2] Project Specification, ITER_D_2DY7NG v2.0, 2010. november 15.
 [3] <http://fusionforenergy.europa.eu/>