

1. táblázat

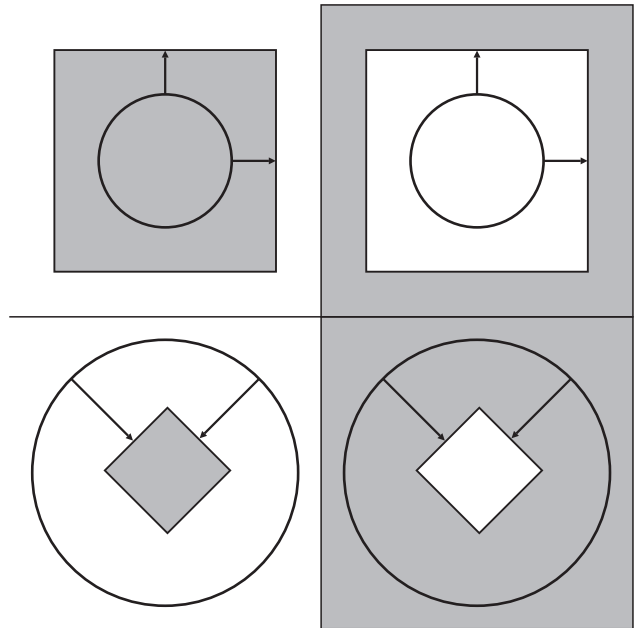
Kristálylapok gyakorisága gránát-kristályokon		
lapok indexei	oldási formán	növekedési formán
{111}	37%	2%
{bk0}	26%	5%
{100}	22%	5%
{bbl} $b > l$	14%	3%
{bll} $b > l$	< 1%	38%
{110}	0%	40%
{bkl}	0%	7%

Mivel több mint 500 mintatestet vizsgáltunk meg, lehetőségünk volt különféle statisztikákat készíteni, összeállítani. Az 1. táblázatban láthatjuk, hogy mely kristálylapok milyen gyakorisággal jelennek meg a gránát-kristályok oldási, illetve növekedési formáin (az utóbbi statisztikát az irodalomból vettük).

Kísérleteink azt mutatták, hogy a Lacmann-elmélet jobban írja le a valóságot mint Szmirnov elmélete.

Felmerülhet az a kérdés is, hogy egy „negatív” kristály, azaz egy kristály belsejében levő üreg, hogyan nagyobbodik, illetve zsugorodik. Erre ad választ a kristálynövekedési korrespondencia-elv (W. Kleber; 1931) [5]: Egy konvex kristálygömb növekedésekor ugyanazon kristálylapok alakulnak ki, mint egy konkáv gömbüreg továbbdoldásakor, illetve egy konvex kristálygömb oldódásakor ugyanazon kristálylapok alakulnak ki, mint egy konkáv gömbüreg kitöltődésekor. A kristálynövekedési korrespondencia-elvet szemlélteti a 4. ábra. Hogyan tudjuk egy kristályban lévő gömb alakú üreg viselkedését vizsgálni? A megoldás egyszerű, akárcsak a gordiuszi csomó esetében: a kristályt ketté kell vágni. Egy kristály felületén lévő félgömb alakú üreg továbbdoldásakor, illetve kitöltődésekor hasonló folyamatok játszódnak le. Gránát-kristályokon igazoltuk a fenti elvet is.

A kristály alakja nemcsak a kristály belső szerkezetétől, hanem a túltelítéstől, a környező közeg hőmérsékletétől és összetételétől is függ. Ha az egyensúlytól való eltérések meghaladnak bizonyos mértéket, dendrites, illetve szkeletes formák alakulhatnak ki [2–3]. Kényszerítő külső feltételek esetén a kristály alakja ezeket tükrözi. Gőzből történő növekedéskor az egy-



4. ábra. A kristálynövekedési korrespondencia-elv szemléltetése.

kristály az öt környező kvarc ampulla alakját veszi fel. Szabályozott Czochralski-növesztésnél henger alakú kristályt kapunk, amelyen csak a kristályvarratok utalnak a kristály belső szerkezetére. Olyan kristálynövesztési módszert is kifejlesztettek már, amelyen cső alakú zafír egykristályt tudunk növesztetni.

L'art pour l'art-nak tűnhet a kristályformákkal való foglalkozás. A gyógyszerek felszívódását a bennük lévő mikrokristályok oldódása határozza meg. Milliméter nagyságú gránát kristálygömböket a mikroelektronikában használtak.

#### Irodalom

1. C. J. Schneer (szerk.): *Crystal form and structure*. Dowden, Hutchinson & Ross Inc., Strudsburg, Pennsylvania, 1977.
2. D. T. J. Hurle (szerk.): *Handbook of crystal growth*. North-Holland, Amsterdam, 1993.
3. G. Müller, J. J. Métois, P. Rudolph (szerk.): *Crystal growth: from fundamentals to technology*. Elsevier, Amsterdam, 2004.
4. L. D. Landau, E. M. Lifsic: *Statistikus fizika I*. Tankönyvkiadó, Budapest, 1981.
5. R. B. Heimann: *Auflösung von Kristallen*. Springer-Verlag, Wien–New York, 1975.
6. E. Hartmann, E. Beregi, *J. Cryst. Growth* 128 (1993) 74–81.
7. A. Pimpinelli, J. Villain: *Physics of crystal growth*. Cambridge University Press, Cambridge, 1998.

## ÜZEMIDŐ-HOSSZABBÍTÁS A PAKSI ATOMERŐMŰBEN

A Paksi Atomerőmű 2001-ben megfogalmazott stratégiai céljai között – illeszkedve a Magyar Villamos Művek Rt. hosszú távú terveihez – szerepel atomerőművi blokkjainak tervezési üzemidőn (azaz 30 éven) túl 20 évvel történő üzemeltetése.

A tervezett üzemidő-hosszabbítás engedélyköteles tevékenység. A Nukleáris Biztonsági Szabályzatok

szerint ahhoz, hogy az atomerőmű blokkjai az előzetesen tervezett üzemidőn túl is működtethetők legyenek, meg kell újítani az üzemeltetési engedélyt. A tervezett üzemidő meghosszabbítására irányuló szándékot 4 évvel a tervezett üzemidő lejártá előtt kell bejelenteni az Országos Atomenergia Hivatal Nukleáris Biztonsági Igazgatóságának (OAH NBI), amellyel

egyidejűleg be kell nyújtani a tervezett üzemidőn túli üzemeltethetőség feltételeinek megteremtésére előirányzott programot. A továbbüzemelésre vonatkozó engedélykérelmet pedig blokkonként kell benyújtani az OAH NBI-hez, legkésőbb a tervezett üzemidőre érvényes üzemeltetési engedély lejárta előtt 1 évvel. (Ez az 1. blokk esetében, amely 1982 óta üzemel, a 2011. évet jelenti.) Ehhez a műszaki dokumentáción túl mellékelni szükséges egyéb hatósági engedélyeket, amelyek közül kiemelt jelentőséggel bír a környezetvédelmi engedély. Az üzemidő-hosszabbítás nukleáris engedélye csak érvényes környezetvédelmi engedély birtokában adható ki.

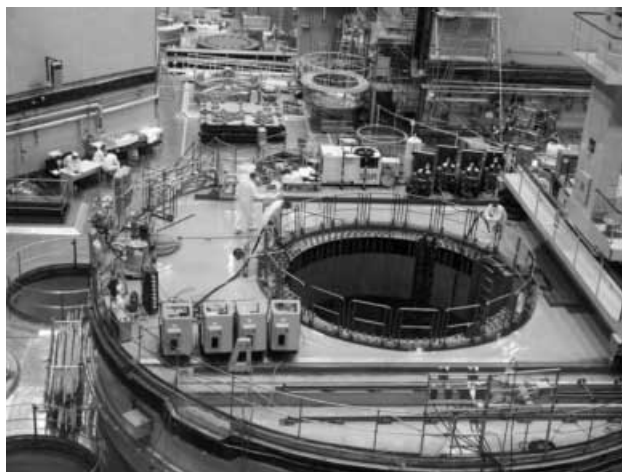
## Környezetvédelmi engedélyezés

Az üzemidő-hosszabbítás környezetvédelmi engedélyezési eljárásához kapcsolódóan 2006-ban elkészült *A Paks-i Atomerőmű 1–4. blokk. A paksi atomerőmű üzemidő-hosszabbítása. Környezeti Hatástanulmány* című dokumentum. Az atomerőmű 2006. március 13-án – az erőmű blokkjainak 20 éves üzemidő-hosszabbítására vonatkozóan – benyújtotta a környezetvédelmi engedélykérelmet az Alsó-Duna-völgyi Környezetvédelmi, Természetvédelmi és Vízügyi Igazgatósághoz.

A környezeti hatástanulmány részletesen elemzi és értékeli az atomerőmű környezetének állapotát, az atomerőmű jelenlegi és az üzemidő-hosszabbítás időszakára vonatkozó környezeti hatásait. A hatástanulmány megállapításait összegezve elmondható, hogy a jelenlegi környezeti hatásokhoz képest a meghosszabbított üzemidejű erőmű működése időszakában sem volumenben, sem erősségben, sem terheléstípusban nem várhatók lényegi, meghatározó változások. A 20 éves továbbüzemelés alatt (a megfelelő karbantartási, biztonsági gyakorlat megőrzésével, fejlesztésével) nem várható az üzemzavarok gyakoriságában, súlyosságában és nagyságrendjében változás.

2006. folyamán hazai, és – az Espooi Egyezmény alapján – nemzetközi, környezeti hatásvizsgálati engedélyezési eljárás zajlott. Hatósági, illetve önkormányzati szervezésű közmeghallgatás Pakson és Kalcson történt. A nemzetközi eljárásban Ausztria, Románia és Horvátország kívánt részt venni. Így közmeghallgatásra és hatósági konzultációra került sor Mattersburgban, Nagyváradon (Oradea) és Eszéken (Osijek). Az esooi eljárás lezárultát mindhárom ország írásban elfogadta.

A szakhatósági állásfoglalások, a szakértői vélemények, a közmeghallgatásokon felmerült kérdések és válaszok figyelembe vételével a környezetvédelmi felügyelőség 2006. október 25-én kiadta az üzemidő-hosszabbítás környezetvédelmi engedélyét. Az Energia Klub Környezetvédelmi Egyesület a határozat ellen fellebbezést nyújtott be. A fellebbezést az Országos Környezetvédelmi, Természetvédelmi és Vízügyi Felügyelőség nem találta megalapozottnak, és 2007. január 31-én kelt határozatában az elsőfokú határozatot egy pontban megváltoztatta, egyebekben helybenhagyta.



Karbantartás közben

A határozat ellen az Energia Klub keresetet terjesztett elő a Baranya Megyei bíróságon. 2007. szeptember 24-én tartották az üzemidő-hosszabbítás környezetvédelmi engedélyével kapcsolatos első bírósági tárgyalást. Ekkor alapvetően tényismertetés történt. A második bírósági tárgyalásra 2007. december 5-én került sor, amelyen a Baranya Megyei Bíróság ítéletet hirdetett. Ebben elutasította az Energia Klub Környezetvédelmi Egyesület keresetét, amelyben a felperes a környezetvédelmi engedély tárgyában hozott határozat felfüggesztését és szükség esetén új eljárásra történő kötelezését kérte. Az ítélet ellen nincs helye fellebbezésnek.

## Az üzemidő-hosszabbítás előkészítésének műszaki feladatai

A műszaki feladatok közül először azon rendszerek és rendszerelemek körét kell meghatározni, amelyek a blokk tervezett élettartamán túli biztonságos üzemeltetéséhez szükségesek. Meg kell határozni azon öregedési folyamatokat, amelyeket a blokk tervezett élettartamán túli üzemeltetés engedélyezése kapcsán kezelni kell. Fel kell mérni a terjedelmébe tartozó rendszerek, rendszerelemek állapotát, értékelni kell a működő öregedéskézelési programokat, szükség esetén módosítani kell azokat, illetve új programokat kell kidolgozni. Meg kell határozni a blokk tervezett élettartamán túli üzemeltetés engedélyezésében érintett, korlátozott időtartamra érvényes elemzések szükséges terjedelmét, azok érvényességét, kiterjeszhetőségét értékelni kell. Gondoskodni kell a minősített állapot fenntartásáról. Mindezek után meg kell határozni az előzőekből következő intézkedéseket.

A fenti tevékenységek elengedhetetlen feltétele volt egy korszerű informatikai rendszer létrehozása, amely egységes formában, minden felhasználó számára hozzáférhetően tartalmazza az erőmű működésével kapcsolatos információhalmazt.

Elsősorban az említett feladatok eredményeinek figyelembe vételével került sor az egyes blokkok tervezett üzemidejének lejártáig elvégzendő feladatlista összeállítására. A program részvénytársasági ellenőrzése, jóváhagyása.

gyása után a Nukleáris Biztonsági Szabályzat által előírt legkésőbb 2008. december 15-i határidő előtt egy hónappal a programot benyújtottuk az OAH NBI részére.

## További feladatok

A paksi blokkok üzemidő-hosszabbításának megvalósításáig elvégzendő feladatokat az üzemidő-hosszabbítás program foglalja össze, amely három fő részből áll:

1) Az engedélyezés kötelező feladatai, amelyeket az Nukleáris Biztonsági Szabályzat határoz meg. Itt azok a feladatok szerepelnek, amelyeket még el kell végezni az üzemeltetési engedély kérelem megalapozásához.

2) Az engedélyezéshez szükséges egyéb feladatok. Ezek elsősorban az üzemidő-hosszabbítás engedélykérelmének összeállításához közvetlenül szükséges

feladatok: külső szakértői támogatások, független szakértői véleményezések, Nemzetközi Atomenergia Ügynökség véleményezése stb.

3) Paksi Atomerőmű Zrt. szintentartási programja, amely az atomerőmű önálló és átfogó programja. A szintentartási program funkcióját tekintve az élettartam-gazdálkodás fontos integráló programja, s összefüggései miatt az üzemidő-hosszabbítás program egészébe tartozik annak érdekében, hogy az üzemidő-hosszabbítás prioritásai érvényesíthetők legyenek. A szintentartási program a Paksi Atomerőmű Zrt. teljes vagyona megkövetelt műszaki állapotának fenntartását szolgáló beruházásokra vonatkozik, az üzemeltetés, karbantartás infrastruktúrájára, az üzemeltető szervezet működésének feltételeit jelentő eszközökre (vagyontárgyakra) terjed ki.

*Kovács Ferenc*

Paksi Atomerőmű Zrt.

# TISZA LÁSZLÓ

1907–2009

Április 25-én elhunyt *Tisza László*, az Amerikában élő híres magyar fizikus. 1907. július 7-én született, két hónap múlva töltötte volna be 102. életévét. Akik ismerték, a legutóbbi évekig fáradhatatlan gondolkodónak, beszélgető és levelező társnak ismerhették, aki a róla készült írásokat is nagy alaposággal javítgatta – ezt a megemlékezést már nem lesz alkalma javítani.

Munkásságának az a része, amely számára meghozta a világhírt, egy olyan fontos tudományterülethez kapcsolódik, amely a tizenkilencedik-huszedik század fordulóján született: a nagyon hideg anyagok fizikájához. Az abszolút nullához közeli hőmérsékletekre lehűtve, a legtöbb gáz először cseppfolyósodik, majd kristályossá fagy. Nevezetes kivétel a hélium, amely cseppfolyósodik, de nem fagy meg. Ehelyett

Martinás Katalinnal és Ropolyi Lászlóval Veszprémben, 1990-ben.



valami sokkal izgalmasabb történik vele: át megy *szuperfolyékony*, azaz belső sűrűlódás nélküli állapotba. Ennek első elméleti magyarázatát adta meg Tisza László 1938-ban a híres *kétfolyadékos modell* létrehozásával, amely máig is a folyékony hélium fizikájának maradandó és megkerülhetetlen keretét jelenti.

Ezzel Tisza László – akarva, nem akarva – műfajt teremtett a fizikában: a *fél-fenomenologikus elmélet* műfaját. Ez átmenetet jelent a megfigyelt jelenség és annak atomi szintű, mikroszkopikus magyarázata között. Tisza arra jött rá, hogy a szuperfolyékony hélium furcsán kétarcú viselkedése – sűrűlódásmentes átfolyás egy kapillárison, sűrűlódásos örvénylés egy tágasabb forgó edényben – a hidrodinamika nyelvén úgy írható le, mintha a folyadék egy viszkozitás nélküli és egy normális viszkozitású folyadék keveréke lenne. Ez a leírásmód azonnali gyümölcsöt is hozott: Tisza László ennek alapján jóslta meg a *második bang*, a csak ilyen extrém körülmények között fellépő hullámszerű hővezetés jelenségét, amit szinte azonnal elvégzett kísérletek igazoltak. A kétfolyadékos kép máig is tökéletesen működik; ami feladat a mikroszkopikus elméletre marad, az a látszólagos keveréket alkotó két folyadék tulajdonságainak magyarázata.

Tisza számára a kétfolyadékos modell együtt született egy kézenfekvőnek látszó mikroszkopikus szereposztással: az első pillanattól kezdve úgy gondolta, hogy a viszkozitás nélküli, szuperfolyékony komponens egy azonos kvantumállapotú héliumatomokból álló *Bose–Einstein-kondenzátum*, a normális viszkozitású komponenst pedig a kondenzátumból kimaradó atomok gázszerű együttese alkotja.