

# LÁTOGATÁS A CSERNOBILI ATOMERŐMŰBEN

## 2. rész: helyszíni tapasztalatok

Radnóti Katalin  
ELTE TTK Fizikai Intézet

Csernobilban, a reaktorban és az azt körülölelő 30 km sugarú zónában – e lezárt terület két részből épül fel: a 10 km sugarú zónamagból és a 30 km sugarú ellenőrzött részből – több expedíció is járt hazánkból.

1991 decemberében Marx György és Szabó Árpád szervezésében egy 10 főből álló csoport – amelynek jelen cikk szerzője is tagja volt – közel 2 órányi látogatást tett az atomerőműben és a 30 km sugarú, zárt, biztonsági zónában [5]. 2005. május végén, június elején a Magyar Nukleáris Társaság (MNT) és annak fiatal szakcsoportja szervezett több napos tudományos expedíciót Aszódi Attila vezetésével [6, 7]. 2017 júniusában az MNT Fiatalok a Nukleáris Energiáért szakcsoportja szervezett tanulmányutat a csernobili atomerőműbe és a körülötte kialakított, lezárt zóna megtekintésére.

Az 1991-es út során meglepetésként ért minket, hogy a 30 km-es zóna belseje nem kihalt, és ma sem az. Egyrészt körülbelül 1500 kitelepített idős ember visszaköltözését engedélyezték, hogy hátralévő éveiket itt éljék le. De Csernobil városában is van élet. A zónán belül abban az időben és most is több munkacsoport dolgozott. Az erőművi csoport tagjai az akkor még működő blokkokat üzemeltették. Ezeket azóta leállították, így az erőmű leszerelése és az új szarkofág megépítése lett a feladatuk. Az erőműtől körülbelül 50 km-re egy új várost, Szlavuticsot építettek fel, amely azóta kifejezetten szép kisvárossá fejlődött. Innen is sokan járnak dolgozni a zónába. A szarkofágnál látogatóközpontot építettek, ahol a szarkofág építésével és jelenlegi állapotával kapcsolatos legfontosabb információk kaphatók és az erőmű részletes makettje látható. Az expedíció résztvevői mindhárom alkalommal különböző dózismérőkkel voltak felszerelve. Megnyugtató, hogy a résztvevők egyik esetben sem kaptak a megengedettnél nagyobb, de még csak ahhoz közeli dózisterhelést sem.

### A 2017-es látogatás

A látogatóknak szigorúan megszabott öltözetet írtak elő, amely hosszú nadrág, zárt cipő és hosszú ujjú felső volt. Belépéskor ellenőrizték az útleveleket,



Radnóti Katalin az ELTE-n végzett kémiafizika szakos tanárként. A budapesti Kölcsey Ferenc Gimnáziumban nyolc éven keresztül tanított. Jelenleg az ELTE Fizikai Intézetében főiskolai tanár. Kutatási területe a fizika és a természettudományok tanításának módszertana. Publikációs tevékenysége is e témához kapcsolódik, tanári segédletek, tanulmányok, könyvek, könyvfejezetek. A *Nukleon*, a Magyar Nukleáris Társaság internetes folyóirata főszerkesztője.



7. ábra. Félkész hűtőtorny a soha be nem fejezett blokkokhoz.

majd két kísérő csatlakozott hozzánk. Összesen 7 órát töltöttünk a lezárt zónában. A zónába érkezés után a táj teljesen olyan volt, mint előtte hosszú kilométereken keresztül. Szép, fákkal szegélyezett út vezetett Csernobil városába. Itt természetvédelmi területet fognak kialakítani.

Csernobil és környéke a középkortól lakott terület volt. A település első írásos említése (Csornobil néven) 1193-ból származik, 1362-től a Litván Nagyhercegséghez tartozott, 1793-ban az Orosz Birodalom része lett. A polgárháború idején jelentős hadműveletek folytak a város környékén. A II. világháború alatt a német csapatok kétszer is megszállták a települést. A háború után a lakosság száma lassan növekedett, járási székhely lett. Az atomerőmű építkezéséhez kapcsolódóan komoly közműfejlesztések kezdődtek. A hetvenes évek közepétől Csernobil Pripjaty mögött a háttérbe szorult. A város 1991-ben az önállóvá vált Ukrajna része lett.

A baleset után Pripjaty 12 500 lakóját kitelepítették. A város meglévő infrastruktúrája miatt a mentesítési

8. ábra. Az 5. és a 6. „épülő” blokk maradványai.





9. ábra. A kiégett nukleáris üzemanyagok épülő, száraz típusú hulladéktárolója.

munkák vezetési központja Csernobil lett. Mivel az erőmű személyzete számára épült Pripjaty város a baleset következtében lakhatatlanná vált, az erőmű dolgozói az új alvóváros – Szlavutics – felépítéséig Csernobilba költöztek.

A balesetet követően 1986 nyarán–őszén Csernobil területén jelentős sugármentesítést végeztek annak érdekében, hogy a város adminisztratív központként továbbra is használható legyen, és látogatásunk idején is az volt.

Csernobilban folyamatosan körülbelül 3500 ember dolgozik, akik ideiglenesen laknak a városban. A személyzet tizenöt napos váltásokban dolgozik, azaz 15 napot töltenek az övezetben, 15 napot az övezeten kívül, akárcsak 26 évvel ezelőtti ottjártamkor. A városban az átmenetileg ott lakó alkalmazottak számára szükséges szolgáltatások működnek. A kitelepített övezetbe önként visszatelepülteknek Csernobilban van az egyetlen bevásárlási lehetőség, illetve az övezeten belül csak itt található kórház és szakorvosi

11. ábra. A buszból feltűnik az ezüstösen fénylő új szarkofág.



10. ábra. A busz szélvédőjén át látszik a vizes csatorna, jobb oldalt az új szarkofággal.

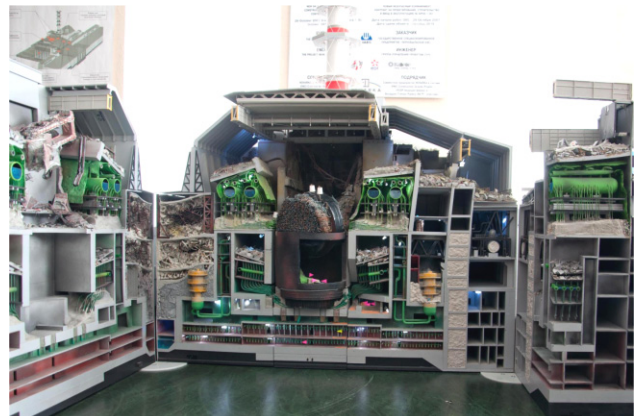
rendelő. Sok, a balesettel összefüggő eseménynek emléket állító szobrot is láttunk az út mentén.

Csernobil város elhagyása után az úgynevezett vörös erdőt pillantottuk meg, amely persze már nem vörös. Nevét onnan kapta, hogy a balesetet követő radioaktív kihullás ezt a korábban zöld fenyőerdőt – szemtanúk elmondása és fényképek tanúsága szerint – vörösesbarna árnyalatúvá változtatta. Ez a zóna legszennyezettebb része. 1986 nyarán a környék megtisztításakor az erdő egy részét ledőzerolták, majd a kiirtott fák helyére 1988 és 1990 között újakat ültettek.

Később a fel nem épült 5. és 6. blokk félkész hűtőtornyát (7. ábra) és épületeit pillantottuk meg, amelyek a mára rozsdáette darukkal együtt is ugyanúgy állnak, mint 26 éve (8. ábra).

A területen azonban új építkezés is van. Jelenleg a Csernobili Atomerőmű 1–3. blokkjaiból – nemzetközi nyomásra, az élettartalmuk lejárt előtti leállításukat követően – már kirakták az üzemanyagot, amely jelenleg a vizes átmeneti tárolóban van (HOJAT-1), most épül a száraz átmeneti tároló (HOJAT-2, 9. ábra), amely a 2017. novemberi átadása után fogadja a kiégett üzemanyagot. A végleges tárolás módjáról még nincs döntés.

12. ábra. A baleset utáni állapotot bemutató makett.





13. ábra. A buszból kitekintve: lakóházak bújnak meg a sűrűn növő fák mögött.

A központi átmeneti kiégettüzemanyag-tároló építése Ivankin város mellett (ott tervezik átmenetileg tárolni az ukrainai atomerőművek kiégett üzemanyagát) még csak tervben létezik.

Majd a *vizes csatornát* pillantottuk meg (10. ábra), és kicsit odébb már feltűnt az új szarkofág ezüstös fénye (11. ábra). Elhaladtunk a körülbelül 150 m hosszú blokkok alkotta épületsor mellett, sorrendben 1-2-3-4-es blokkok, amelynek végén áll a régire rátolt, így azt teljesen eltakaró, ezüst színű, új szarkofág. A dózis – ha nem is jelentősen – picit magasabb volt a szarkofág körül.

Első megállónk a szarkofág előtt volt, itt egy maketten elmagyarázták a baleset lefolyását (12. ábra). Ez persze sok újat nem mondott nekünk.

Akkor és a másnapi múzeumi magyarázatok során is felfigyeltem arra, hogy kísérőink következetesen *tesztelésnek* és *nem kísérletnek* nevezik a balesetet kiváltó okot. Ezt az üzembe helyezés előtt kellett volna elvégezni, de politikai okok miatt nem tették meg, hiszen minél hamarabb a hálózatra kellett kapcsolni a blokkokat.

Az ebéd előtt még elmentünk *Pripjatyba*, a rózsák városába – egykor sok ültetett virága volt –, amelyet a

15. ábra. Az elhagyott sárga óriáskerék.



14. ábra. Pripjaty egykori szállodájánál is átvette a természet az uralmat.

baleset után teljesen kiürítettek. A várost 1970-ben alapították, nagyrészt az atomerőmű dolgozói és családjaik éltek itt, 49 400 lakos, ebből 15 406 gyermek. A lakók átlagéletkora 28 év volt.

A városban meglepő kép fogadott minket: magas fákkal körülvett kis ösvényfélén indult el a busz, de az ablakból figyelmesebben kinézve láttuk, hogy a fák között szinte megbújnak a sokemeletes házak (13. ábra). Majd kiszállhattunk és egy kisebb sétát tehetünk a város főtere és főbb épületei között (14. ábra).

Megnéztük az elhagyott város művelődési házát, szállodáját, éttermét, boltját, majd a város főterén saját szemünkkel láthattuk a sárga színű óriáskeréket (15. ábra) és a dodzsemeket (16. ábra), amelyek szinte az elhagyott város jelképévé váltak. A természet egyre jobban visszafoglalja a területet. A töredezett aszfalt réseiből növények nőnek, az elhagyott épületek mállásnak indultak.

Ezután ebédelni mentünk. Az ebédlőbe csak sugárvédelmi ellenőrzés után léphettünk be. Ez volt az első ellenőrzésünk.

Miután jóllaktunk az 1. blokk vezérlőtermét tekinthettük meg. Az épület előtt 26 évvel ezelőtt egy Le-

16. ábra. Árván maradt dodzsemek.





17. ábra. Érkezés az 1. blokk épületéhez.

nin-szobor állt, amely mostanra eltűnt. Ellenben a bejárat előtt több szobor és kis méretű, vörös kapukat tartalmazó park látható. Az erőmű falán pedig egy enyhén vöröses, némileg a rózsára hasonlító műalkotás (17. ábra). Közvetlenül a bejárat előtt néhány kóbor kutya sétált, belőlük elég sok található a lezárt területen.

A blokkvezérlőbe való bejutás, majd a kijutás, még a reptéri ellenőrzésnél is szigorúbb volt. Csak az útlevelünk és fényképezőgép vagy mobiltelefon lehetett nálunk. Névsorba kellett állnunk, így könnyítve az azonosítást, majd az ellenőrző ponton a fényképezőgépet és az esetleg még nálunk lévő fémtárgyakat letéve tudtunk átmenni. Az 1. blokk vezérlőjéhez való további eljutásunk enyhén *zombi* jellegű volt. Hasonlóan kellett beöltöznünk, mint 26 évvel ezelőtt, amikor a még működő 3-as blokk vezérlőtermét tekintettük meg: fehér köpenyt, fejdőt és nejlon cipővédőt kellett húzni. Már a folyosó (18. ábra) is a szocialista időkét idézte: sárga, mintás műanyagpadló, néhol világítás sem volt. A vezérlőben minden úgy maradt, ahogy annak idején az operátorok otthagyták (19. ábra). A falon a zóna képe, és sok kijelző, elsősorban analóg műszer (20. ábra). Itt is elmondták a baleset történetét.

19. ábra. A leállított 1. blokk vezérlőterme.



18. ábra. A „szocialista” út a vezérlőteremhez.

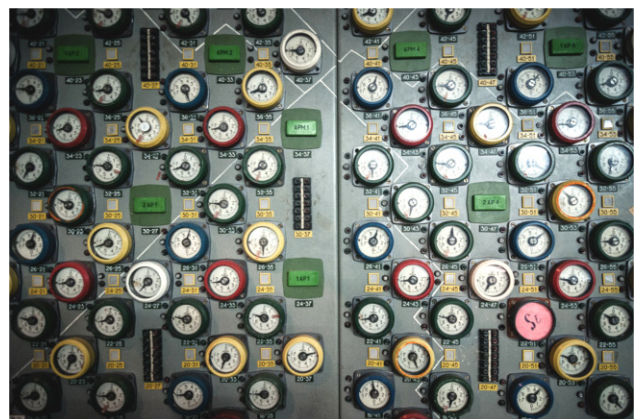
Látogatásunk zárásaként a Csernobili Atomerőmű vezérigazgató-helyettese és biztonsági főmérnöke a Magyar Nukleáris Társaság tagjaival beszélgetett. A látogatás megszervezésében az Ukrán Nukleáris Társaság volt segítségünkre.

A látogatás befejezése most is, akárcsak 26 évvel ezelőtt a műszakváltás idejére, 16:30-ra esett.

Befejezésül a csatorna jól megtermett harcsáit és Csernobil város tábláját (21. ábra) néztük meg, majd kiindultunk a zónából, ahol még két dózisellenőrzésen – először a 10 km-es, majd a 30 km sugarú zónahatáron – estünk át.

A külső, 30 km-es zónahatáron, a kijárat melletti épületmaradványban, a fal felé fordulva körülbelül 30 zsidó férfi imádkozott. E meglepő látványra Csernobil város történelme ad magyarázatot: a 17. század végétől askenázi zsidók települtek a városba, amely lassan a zsidó gazdasági és hitélet központjává vált. A 19. század végére lakosainak majd 60%-a izraelita volt. 1919-ben egy ellenforradalmi banda uralta a területet, módszeresen irtva annak zsidó lakosságát. E nagy pogrom után a megmaradt zsidók túlnyomó része Kijevbe menekült, majd később az Egyesült Államokba távoztak, ahol napjainkban is élő közösséget alkotnak.

20. ábra. Analóg műszerek kavalkádja a vezérlőterem falán.





21. ábra. Csernobil város táblájával búcsúzott tőlünk.

A következő napon a kijevei *Csernobil Múzeumot* tekintettük meg. A földszinten a fukushimai balesetről emlékeznek meg a tárlat készítői.

Az emeletre vezető lépcső felett a kiürített települések neve olvasható, a lépcsőfokok függőleges részén egy almafa képe látható az almákkal, amely a továbbélést szimbolizálja (22. ábra). A kiállítás maga az épület első emeletén, három teremben található. Ebből kettő U alakban fonódik egymásba, amely a baleset létrejöttének körülményeit és annak utóhatásait mutatja be rendkívül korrekten, sok eredeti dokumentum, újságcikk, gépelt jelentések, fényképek, a mentéshez használt ruházatok, mérőeszközök stb. felhasználásával. Itt van a reaktor háromdimenziós, mérethű makettje (23. ábra), amely jól mutatja a reaktor bonyolult szerkezetét a hűtővizet áramoltató csővezeték-hálózzal együtt. Egy háromdimenziós hatású animáció a baleset fő mozzanatait – az ép reaktor, a baleset, a tűzoltók, majd a helikopterek megjelenése – mutatja be. Múzeumi vezetőnk is elmondta a baleset lefolyását. Kiemelte, hogy a hűtőközeg, esetünkben a víz, elvesztését (Loss-of-Coolant Accident, LOCA) nem tartották veszélyesnek, hiszen összességében jóval kevesebb víz keringett a rendszerben, mint egy vízmoderátoros reaktorban, amelyben az aktív zóna értelemszerűen egy vízzel teli tartályban helyezkedik el. Sőt, kísérőnk szerint az akkori szakemberek egyáltalán nem tartották veszélyesnek a reaktort. Úgy gondolták, hogy semmiféle baj nem történhet<sup>1</sup>, ezért egyáltalán nem készült balesetelhárítási terv.

A következő teremben egy háromdimenziós térkép látható a lezárt zónáról. A sugárszennyezettség mértékét színekkel jelölték, rajta jól látható, hogy a szomszédos Fehéroroszországban is vannak erőteljesen szennyezett területek.

A harmadik, különálló nagy terem inkább az érzelmi részt ragadja meg. Ennek közepén a zóna tetejé-

<sup>1</sup> Emlékezzünk vissza e cikksorozat első részére: instabilitásuk okán az ilyen típusú reaktorokat az 1950-es években – *Teller Ede* javaslatára – Amerikában leállították.



22. ábra. A múzeum lépcsője a kiürített települések nevével.

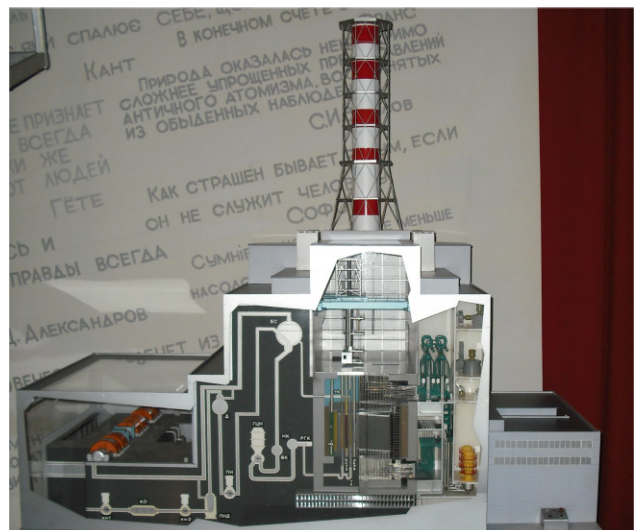
nek mérethű felső körülbelül 10 cm-nyi része látható majdnem az összes kazettával. A közepén, bő 2 m × 2 m-es területen mintegy 20 cm mély, vízzel teli medence fölött egy csónak lebeg, tele plüssállattal és babával (24. ábra). A terem két oldalán, a fal előtt az akkori háztartásokban és munkahelyeken használatos eszközöket állították ki. A középső falon 4 darab, zónaszerűen elrendezett montázs gyerekfényképekkel, középen pedig egy leukémiás kisgyereké gyertyával. Az itt található számítógép a balesetet követő légköri mozgást mutatja be.

A látogatást egy, az áldozatokra emlékező megrázó film megtekintésével fejeztük be.

## Konklúzió

Mintegy hetven éve sok – jelenleg több mint 400 – nukleáris erőmű működik a világban, az általuk termelt – évente több mint 2 millió gigawattóra – energiához képest alig, összesen 4 baleset történt. A két súlyos

23. ábra. A reaktor háromdimenziós, mérethű makettje.



reaktorbalesetből azt a következtetést is le lehet vonni, hogy a további súlyos nukleáris baleseteket nagy valószínűséggel el lehet kerülni.

A fukushimaihoz hasonló baleset valószínűsége igen kicsi, hiszen ott olyan, földrengést – amelyet a reaktor még sértetlenül átélt – követő cunami pusztított, amilyen szerencsére csak nagy ritkán (ott korábban még soha nem) történik. A földrengés és a cunami kivédhetetlen, ezek akkor rengeteg halálesetet, sérülést, anyagi kárt okoztak (és nemcsak Fukushima-ban). E közvetlen következményekhez képest a nukleáris baleset igen kevés áldozatot követelt.

A csernobili baleset pedig elkerülhető lett volna, ha a személyzet nem követ el sorozatos hibákat, azaz lényegesen nagyobb technológiai fegyelemmel a további balesetek megelőzhetők. A tragédiát fokozta, hogy a mentésben résztvevők nem voltak kellőképpen felkészítve a feladatra. A lakosság sugárterhelése kisebb lett volna, ha hamarabb tájékoztatják az embereket, kezdik meg a kitelepítést. Ez azonban már túlmutat a technikai felkészültségen, egy zárt, diktatórikus társadalom következménye. Napjainkra már összehasonlíthatatlanul nagyobb eséllyel kerülhet el egy hasonló méretű baleset, illetve a következmények mérséklésére is több lehetőség van.



24. ábra. A múzeum legmegindítóbb terme.

A nukleáris reaktorok biztonsági rendszere többszörös, így csupán *egy műszer* vagy alkatrész meghibásodása, vagy *egy emberi mulasztás*, sőt ezek halmozódása sem vezet tragédiához. Csernobilban az operátorok *sok egymást követő súlyos hibája* – amit a mai biztonsági rendszerek kikapcsolhatatlanul(!) nem engednek meg – vezetett a balesethez. A közlekedés, ahol a legtöbb esetben egyetlen hiba elegendő a tragédiához, csak hazánkban több áldozatot szedett már, mint az összes reaktorbaleset. Az energiatermelés többi módja bőven tartogat veszélyeket a súlytőlégrobbanástól a duzzasztógátak szakadásáig, a savas esőktől az üvegházhatású gázok kibocsátásáig.

## A FIZIKA TANÍTÁSA

# HOLOGRÁFIA A TANTEREMBEN

Gombkötő Balázs, Bokor Nándor

Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem, Fizika Tanszék

A holográfia feltalálásakor és az első látványos hologramok készítésekor az alkalmazott technológia csak kutatólaboratóriumokban állt rendelkezésre. Sokáig csak egy nem sokkal szélesebb közönség, az egyetemi hallgatók találkozhattak testközelből hologramok

készítésével, mivel az alkalmazott eszközök és anyagok drágák és veszélyesek voltak. Pár éve azonban már odáig jutott a fejlődés ezen a területen, hogy akár otthoni, akár iskolai, tantermi környezetben is bemutatható, sőt, diákok által is elvégezhető feladat egy



*Gombkötő Balázs* egyetemi adjunktus a BME-n szerzett mérnök-fizikus diplomát 2001-ben, majd ugyanott PhD fokozatot 2004-ben. Kutatási területei az optikai mérés-technika, fázis-visszaállítás, további érdeklődési körei a holográfia, optikai örvények és a komplex klasszikus mechanika.



*Bokor Nándor* egyetemi docens a BME-n szerzett villamosmérnök diplomát 1993-ban, majd ugyanott fizikából PhD fokozatot 1999-ben. Munkájában – az optika számos területén végzett kutatásai mellett – legszívesebben a fizika, azon belül kiemelten a relativitáselmélet oktatásának pedagógiai kérdéseivel foglalkozik. Ez utóbbi témában számos publikációja jelent meg a *Fizikai Szemlében*, valamint a *Physics Education* és a *European Journal of Physics* folyóiratokban.