

HOGY ELKERÜLJÜK AZ IPARI KATASZTRÓFÁKAT...

Hargittai István
Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem

A vörösiszap-katasztrófa tükrében időszerű az, amit Teller Edétől az ipari biztonság tekintetében tanulhatunk. Az a szabályozás, amit az 1940-es évek végén, elnöklete alatt az amerikai Reaktorbiztonsági Bizottság kidolgozott, ma is példaértékű lehet bármely iparágban működő „veszélyes üzem” számára.

A 2010. október 4-i vörösiszap-katasztrófa tíz emberéletet követelt és sok sebesültet, hatalmas károkat okozott jószágban és anyagiakban, környezetkárosító hatása pedig hosszú távon velünk marad. A vörösiszap az alumíniumtermelés mellékterméke, amelynek tárolása, minden jel szerint, továbbra is időzített bomba. Az érintett vállalat és a felügyeletért felelős hatóságok csak azzal védekezhetnek, hogy évtizedek óta nem történt baleset a beváltnak látszó megoldások nyomán. Ez a hozzáállás elavult, és az október 4-i tragédia után, a jövőre nézve, különösen elfogadhatatlan.

Ami az ipari katasztrófák megelőzését és bekövetkezésük esetére a védekezés megtervezését illeti, érdemes visszagondolni arra, hogyan közelítették meg ezt a kérdést a nukleáris technológiák indulásakor. Amikor a nukleáris energiatermelés megjelent a színen, az érintettek tisztában voltak azzal, hogy az új iparág elfogadhatóvá tételéhez új – az addigi gyakorlattól eltérő – biztonsági megközelítést kell alkalmazni. Az amerikai Atomenergia Bizottság 1947. január elsejével kezdte el működését, tagjai inkább üzletemberek és közéleti személyiségek voltak, mintsem tudományos kutatók. Ezért, felállásával egyidejűleg, mellette létrehozták az Általános Tanácsadó Testületet, amelyben nagytekintélyű tudósok kaptak helyet. Ez a testület albizottságok felállításával szervezte meg sokrétű munkáját és egyik ezek közül a Reaktorbiztonsági Bizottság lett. Négy alapító tagja között három fizikus, *Richard Feynman*, Teller Ede és *John A. Wheeler*; valamint egy kémikus, *Joseph Kennedyszerepelt*. Elnöküknek Tellert választották meg. Feynman hamarosan kivált a bizottságból, amelyet viszont vegyész-mérnök, geofizikus, meteorológus és közegészségügyi szakemberekkel

egésztettek ki. A bizottság megalakulása idejére már összegyűlt valamennyi tapasztalat a nukleáris reaktorok működtetésére vonatkozóan.

Teller a nukleáris energia elkötelezett híve volt, és ezt a megbízatását ugyanolyan elszántsággal teljesítette, mint minden mást hosszú élete során. Tudatában volt annak, hogy a nukleáris energia termelését csak akkor fogadja el a közvélemény, ha az biztonságos. Azzal is tisztában volt, hogy a biztonsági szabályozást nem alapozhatja a már megtörtént balesetek tanulságára, hanem minden elképzelhető biztonsági kockázatot és balesetveszélyt figyelembe kell venni ahhoz, hogy a megfelelő előírásokat kialakíthassák. Nyilvánvaló volt, hogy egyetlen nagyobb nukleáris baleset ennek az úttörő technológiának a végét is jelentheti.

Első pillantásra lehetetlennek tűnhet a még be nem következett katasztrófák elleni védekezés kidolgozása, de Teller és kollégái a feladatot méltó kihívásnak tekintették. Úgy határoztak, hogy az új reaktorok tervezőit arra kötelezik, dolgozzák ki az elképzelhető legsúlyosabb balesetek forgatókönyvét és ennek megfelelően a szükséges védekezést is. A bizottság a reaktortervezőket a legszigorúbb vizsgáknak vetette alá, amelyek során mindkét kérdéscsoportból próbára tették őket. A reaktorok tervezésében pedig arra kötelezték a tervezőket, hogy az így elképzelt balesetek elleni védekezést is építsék bele a tervekbe. Ez a biztonsági megközelítés *a maximálisan elképzelhető baleset koncepciója* elnevezést kapta, és az idők során maradéktalanul beváltotta a hozzá fűzött reményeket. A balesetek lehetőségét már a tervezés szakaszában figyelembe vették és beépítették a tervekbe, és ezt azok a szakemberek tették, akik erre a legjobban fel voltak készülve.

Érthető, hogy Teller és bizottsága nem volt túlságosan irigylésre méltó helyzetben akkor, amikor mereven ragaszkodott szigorú előírásai betartásához. Még az Atomenergia Bizottság köreiből is ellenséges hangulat alakult ki működésükkel kapcsolatban, és azzal vádolták őket, hogy eltúlozzák a veszélyeket és egy elképzelt reaktorbaleset lehetséges következményeit.¹ Voltak, akik a bizottságot a „Reaktor Meggátlási Bizottság” gúnynévvel illették. Visszatekintve azonban, a bizottság



Teller Ede közvetlenül a 2. világháborút követő időben (a Los Alamos Nemzeti Laboratórium színességéből)

Nemrég jelent meg a szerző Teller-életrajza: I. Hargittai: *Judging Edward Teller: A Closer Look at One of the Most Influential Scientists of the Twentieth Century*. Amherst, NY, Prometheus, 2010.

¹ Ibid., p. 208.

működését egyértelműen eredményesnek és sikeresnek ítélik meg. Idővel a bizottság tekintélye megkopott és Teller érdeklődése is más irányokba fordult. A későbbiekben már nem foglalkozott hivatásszerűen reaktorbiztonsággal, de a téma élete végéig érdeklődésének egyik legfontosabb tárgya maradt. A már halála után megjelent, valószínűleg legutolsó dolgozatában éppen a biztonság érdekében azt javasolta, hogy a reaktorokat süllyesszék a földfelszín alá.²

² R. W. Moir, E. Teller: Thorium fueled underground power plant based on molten salt technology. *Nuclear Technology* 151 (2005) 334–340.

Teller Edének a reaktorbiztonság területén végzett tevékenysége munkásságának ritka ellentmondásmentes területei közé tartozott. Ezzel kapcsolatban jegyezték meg életművének első méltatói, hogy ebben „megelőzte korát.”³ Sajnos, a közelmúlt tragédiája azt mondatja velünk, hogy Teller ebbéli munkássága a mi időnket is megelőzte. Érdemes lenne a Telleréhez hasonló hozzáállást nemcsak a nukleáris technológiában, hanem más veszélyes üzemek működtetésében is megvalósítani.

³ H. Brown, M. May: Edward Teller in the Public Arena. *Physics Today* (August 2004) 51–53.

HÍREK – ESEMÉNYEK

FIZIKAI NOBEL-DÍJ 2010

Tapasztó Levente
MTA MFA

2010. október 5-én Stockholmban bejelentették, hogy a fizikai Nobel-díj idei nyertesei, fele-fele arányban megosztva, *Andre Geim* és *Konstantin Novoselov*, orosz származású fizikusok (mindketten Manchesteri Egyetem), a grafénkutatás elindítói. Az indoklás szerint az első kétdimenziós kristály izolálásáért, azonosításáért és újszerű elektromos tulajdonságainak tanulmányozásáért érdemelték ki a legmagasabb tudományos elismerést.

Geim és Novoselov közös munkássága a Nijmegeni Egyetemen indult, ahol Novoselov Geim egyik PhD hallgatója volt. Érdekes módon tudományos munkásságuk ebben az időben erősen szerteágazó volt, a szupravezetéstől a biomimetikus anyagokon át a levitációig. (Ez utóbbival kapcsolatban Geim 2000-ben Ig Nobel-díjban részesült, egy élő béka mágneses lebegtetéséért.) A közös munka olyan gyümölcsözőnek bizonyult, hogy 2001-ben közösen mentek át a Manchesteri Egyetemre, ahol a gekkóktól lopott ötlet alapján kifejlesztett biomimetikus ragasztószalagok után végül a grafén felfedezése is megtörtént, szintén egy ragasztószalag segítségével.

Ha pusztán csak definiálni szeretnénk a grafén fogalmát, akkor igen könnyű dolgunk van, ugyanis a grafén nem más, mint az évszázadok óta ismert grafit kristály egyetlen atomsíkja. Elméleti munkákban már több mint hatvan éve alkalmazzák a grafén fogalmát, ez szolgált kiindulópontként a grafit sávszerkezetének számításához. Egyáltalán nem volt azonban világos, hogy önálló atomsíkként is létezhet. Épp ellenkezőleg, bizonyos elméleti megfontolások ezt a lehetőséget el is vetették, olyan alapon, hogy a kétdimenziós kristályok instabilak a termikus fluktuációkkal szemben. 2004-ben a most kitüntetett tudósok mégis siker-

esen izoláltak egyetlen atomi réteg vastag grafitcsíkokat, azaz a grafént. Talán még meglepőbb, hogy az előállítás nem a modern anyagtudomány valamelyik korszerű, „state of the art” nagyberendezésével, hanem egy megdöbbentően egyszerű, akár otthon is elvégezhető kísérlet segítségével történt. Természetes grafitkristály felületéről egy ragasztószalag segítségével leválasztottak néhány makroszkopikus grafit pikkelyt, amelyeket a ragasztószalag ismételt összeállításával és szétválasztásával addig vékonyítottak, amíg átlátszóvá váltak a pikkelyek a szalagon. Ezután a szalagot egy szilíciumkristály felületéhez érintették, majd leválasztották. Ekkor a szilíciumkristályon – a számos, optikai mikroszkóp alatt könnyen észlelhető, sokrétegű grafit pikkely mellett – néhány, csak speciális körülmények között megfigyelhető monoréteg is jelen volt. Ma már azt is tudjuk, hogy nagy valószínűséggel mindannyian állítottunk már elő grafént, miközben ceruzánkkal írtunk. Azonban a papíron hagyott ceruzanyomban gyakorlatilag lehetetlen azonosítani az egyrétegű grafénlemezeket. Ebből is jól látható, hogy a grafén felfedezésének legfőbb akadályát nem magának az anyagnak az előállítása, hanem ezen egyedülálló atomsíkok azonosítása jelentette. A most díjazott tudósok ezt a problémát egy igazán frappáns ötlettel hidalták át. Úgy gondolkodtak, hogy az egyre vékonyabb grafitpikkelyek egyre átlátszóbbak lesznek, így egy bizonyos rétegszám alatt már nem képesek annyi fényt elnyelni, hogy megfelelő kontrasztot adjanak az optikai mikroszkópban való észlelésükhöz. Felismerték viszont, hogy akár egyetlen réteg is képes lehet arra, hogy a rajta áthaladó fény fázisát jelentősen eltolja. Ezért Novoselovék a szilíciumkristály felületén létrehoztak egy 280 nm vastag szilícium-dioxid réte-