

## A CUNAMI

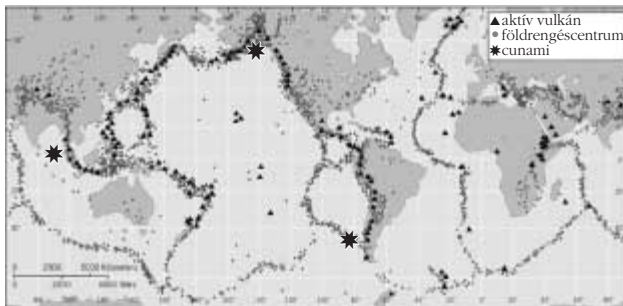
A cunami (japánul „cu” = kikötő, „nami” = hullám) egy óceánfelszíni hullámfajta, amely a nyílt vízben rendkívüli sebességgel terjed, de ott csekély magassága miatt például hajókról alig észrevehető. A part közeli sekély vízben azonban lelassul, több méter magasságúra torlódik fel, és a partra csapva akár kilométeres mélységben okozhat óriási pusztítást. Éppen emiatt övezi különleges figyelmet a cunamikkal kapcsolatos ismereteket, ugyanis a remények szerint jobb megértésük elősegítheti a károk csökkentését, a 2004-es szumátraihoz hasonló katasztrófák esetleges megelőzését.

A cunamik 86%-át tenger alatti földrengések okozzák. Jól ismert tény, hogy a földrengések hely szerinti eloszlása nem egyenletes, a szilárd kéreg mozgó tektonikus lemezeinek határán különösen nagy az aktivitás. Az 1. ábra mutatja, hogy 10 év rengési epicentrumainak térképen történő ábrázolása a vulkánokkal együtt meglehetősen jó képet ad a kéreglemezek elhelyezkedéséről. Nem csoda hát, hogy a legnagyobb feljegyzett cunamik forrása is ezen „forró zónákban” található.

Nem mindegyik erős földrengés okoz veszélyes nagyságú cunamit. Ennek oka, hogy a hasonló hullámok kelteséhez a vízfelszín lökésszerű, jelentős nagyságú kiemelkedése szükséges. Ez viszont csak akkor következik be, ha a földrengés során megcsúszó kéreglemezek elmozdulásának elegendően nagy a függőleges irányú komponense (2. ábra). A földrengések mellett cunamit okozhatnak a tenger alatti földcsuszamlások (ilyen következett be 1998-ban Pápua Új-Guinea partjai mentén), vulkáni tevékenység (Hawaii környékén gyakori), vagy a tengerbe csapódó nagyméretű aszteroidák (ilyenről modern megfigyelés szerencsére nincs).

A cunami előfordulása egyáltalán nem olyan ritka, mint gondolnánk (3. ábra). Szerencsére többségük nem okoz károkat, mert a part menti legnagyobb hullámmagasságuk nem haladja meg az adott helyen jellemző árpály-ingadozás, vagy a szokásos viharok hullámainak nagyságát, amire a part menti építményeket méretezték.

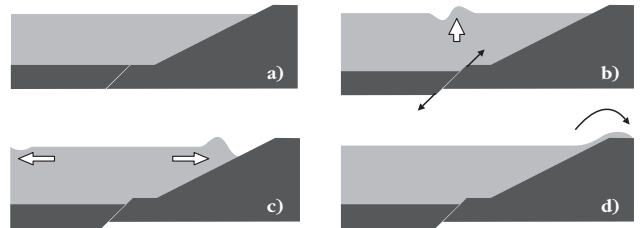
1. ábra. Földrengés-epicentrumok (1990–2000) és aktív vulkánok földrajzi elhelyezkedése. Az utolsó száz évben feljegyzett három legnagyobb cunamiforrás: 1958 Alaszka, 1960 Chile, 2004 Szumátra.



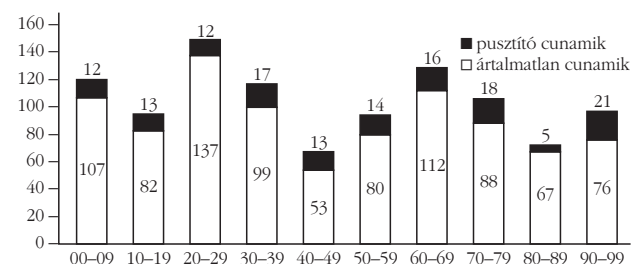
A vízfelszíni hullámok fizikája jelentős múltra tekint vissza. A sűrűdásmentes folyadékok mozgásegyenletét Euler 1755-ben írta fel. (Az csak véletlen, hogy ugyanebben az évben az Európa környékén valaha feljegyzett legerősebb cunami – a kiváltó földrengéssel együtt – teljesen lerombolta Lisszabont, a közvetlen áldozatok számát az akkori 250 ezres lakosság negyedére becsülik.) A cunamihoz hasonlóan „elkent”, viszonylag csekély magasságú, gyengén csillapodó, alakját őrző hullámformát John Scott Russel „fedezte fel” 1834-ben. E nemlineáris hullámok viselkedését jól közelíti a Korteweg–deVries-egyenlet (1895), melynek első analitikus (szoliton) megoldása csak mintegy ötven éve ismert. A cunami fizikája lényegében nem különbözik a „közönséges” felszíni hullámokétól, a viszonylag jól értett jelenségek közé tartozik.

A viharos szél által keltett felszíni hullámok 100–200 méteres tipikus hullámhosszához képest a cunamik vízszintes kiterjedése sokszorososan nagyobb, jellemzően 100–500 kilométer (nem elírás). Minthogy az óceánok mélysége nem nagyon haladja meg az 5–6 kilométert, a cunamik terjedésének jellemzésére jól használhatóak az úgynevezett „sekély folyadék” egyenletek. Eszerint a  $c$  terjedési sebességüket lényegében a  $b$  vízmélység határozza meg a  $c = \sqrt{g b}$  egyszerű formulának eleget téve ( $g$  a nehézségi gyorsulás), ez körülbelül 800–1100 km/h értékű, ami megfelel egy utasszállító repülőgép sebességének. A nagy kiterjedés és szédítő sebesség mellett

2. ábra. A cunamik leggyakoribb fajtájának vázlatja. a) Kezddő állapot: nyugodt vízfelszín. b) Jelentős függőleges elmozdulással járó tenger alatti földrengés, amely lökésszerű kiemelkedést okoz a felszínen. c) A forrástól gyorsan távolodó, nagyon széles, kis magasságú hullámok a sekély partmenti vizekben összehúzódnak, de eközben fel is torlódhatnak. d) A szárazföld közelében a meredek hullámok átbuknak (hullámtörés) és a partra csapnak, energiájuk legnagyobb része ilyenkor szabadul fel.



3. ábra. Cunami-előfordulások a múlt században, évtizedes bontásban.



csúcsmagasságuk a nyílt vízben alig haladja meg a néhány decimétert. A hasonlóan szétkent, lapos hullámok a szomszédos folyadékelemek rendkívül csekély relatív elmozdulásával terjednek, ezért a belső súrlódás (viszkózitás) szerepe elhanyagolható: ha csak a víz belső súrlódása fékezne a cunamikat, lecsengésükhöz több száz évre lenne szükség.

A mélységfüggő sebesség a part közelében szükségképpen lassuláshoz vezet, a hullám eleje lefékeződik. Ez a kontinuitás miatt torlódáshoz vezet: a szállított energia egyre rövidebb, ám egyre magasabb hullámhegyben összpontosul. Tetszőleges magasságú hullámok azonban nem alakulhatnak ki, mert egy kritikus frontoldali meredekség elérése esetén a hullám hegye átbukik, és lejátszódik a hullámtörés jelensége. Az átbukáshoz tartozó kritikus  $a_c$  magasságot szintén a vízmélység határozza meg elsődlegesen. A kísérletek és numerikus szimulációk segítségével megerősített  $a_c/b \approx 0,8$  empirikus összefüggés minden esetben teljesülni látszik. Ezen egyszerű összefüggés ismeretében gyaníthatjuk, hogy – például az interneten oly kedvelt – felhőkarcoló magasságú „cunamik” nem fordulhatnak elő a valóságban, hiszen az leg-

alább 200 méteres vízmélységet feltételez a part közelében, ez pedig valóságos tengeröblökben igen ritka.

A szumátrai katasztrófát követően ismét felvetődött egy világméretű cunamifigyelő és -figyelmeztető hálózat kiépítésének ötlete. Ezzel kapcsolatban a fő gond, hogy a földrengések mai tudásunk szerint egyáltalán nem jelezhetőek előre. Minthogy nem minden rengés vált ki erős cunamit, a valódi veszély detektálásához tengerfenékre telepített nyomásérzékelők szükségesek. Az USA partjai mentén hat hasonló szonda már üzemel, de ez csak a Csendes-óceán medencéjében használható előrejelzésre. Biztató azonban, hogy ha egy földrengés a partoktól elegendően távol következik be, melynek hullámkeltő hatását nyomásmérő szondák is megerősítik, akkor a létrejött cunami terjedése viszonylag jól modellezhető. Japánban például igen komoly figyelmeztető rendszer üzemel, mert az előző száz évben feljegyzett 1043 kisebb-nagyobb cunami közül (3. ábra) mintegy 200 Japán partjait közvetlenül is érintette.

Jánosi Imre

ELTE TTK Komplex Rendszerek Fizikája Tanszék  
Kármán Környezeti Áramlások Laboratórium

## KÖNYVESPOLC

# VERMES MIKLÓS, A LÍCEUMI DIÁK

Írta és szerkesztette Nagy Márton középiskolai tanár,  
kiadta a Vermes Miklós Tehetségkutató Alapítvány, 2005. Sopron, 148 old.

Vermes Miklós tanár úr a 20. század csaknem egyedülállóan legendás hírű középiskolai tanáregyenisége, a fizika és a fizika tanításának lángelkű apostola száz évvel ezelőtt született. Ez a kötet e tanáregyeniség pályafutásának bemutatásával állít emléket. Mégpedig sajátos módon: mert alig egy tizedrésze a kötetnek a kortársak, pedagógusok és *Mastalir Márta*, egykori (1992. évi) gimnáziumi tanuló diákkorában írt dolgozata mellett a Vermes-dokumentumok egész sora szerepel a kötetben. Vermes Miklós levele a szerzőhöz (kézírás fotokópiája) a tanár úr feljegyzései, személyes iskolai dokumentumai. A kötet fő részét azonban Vermes Miklós diákként készített dolgozataiból terjedelmesebb részletek alkotják. Így például *Erdély természeti kincseiről* készített pályamunkájából *A fémek* és *Az ásványok*, *Az épületanyagok* és *Energiaforrások* fejezetek az 1920–21 tanévből, amikor a tanár úr még csak 15 éves volt. Majd *A kupola története* című dolgozat. Ezt követi a nyolcadikos tanuló korában készített és díjat nyert pályamunka *A spektroszkópia* címmel. Ez a mintegy félszáz oldalas reprodukció a könnyen olvasható zsinórírásos kézirat formájában is rendkívül tanulságos. Ezt követően a kötet részleteket mutat be *Az evangélikus főgymnázium ifjúsági Magyar Társaság* jegyzőkönyvé-

ből, amely Vermes tanár úr kézírását őrzi. A kötet záró fejezete *Vermes Miklós iskolája – a Soproni Líceum, Tollí Balázs*, a Berzsenyi Dániel Evangélikus Gimnázium igazgatójának írása. A kötetet színes felvételek gyűjteménye illusztrálja, részben a Gimnázium fizikaszertárának eszközleíról, részben a tanár úr emléktáblájáról (a felvételen a tábla előtt *Habsburg Ottó* áll) és a Vermes Miklós-díj, a Vermes Miklós Emlékverseny és a „Muki bácsi”-emlékérem fotója, majd végezetül *Soproni képeslapok Muki bácsi korából* című gyűjtemény, melynek fő része *Magyarné Derszib Eti* 16 soproni tájékművésznőjének reprodukciója.

A sajátos méltóságú kötet emberi oldaláról mutatja be Muki bácsit, aki kitörölhetetlen nyomot hagyott azokban, akik hosszabb-rövidebb ideig kapcsolatban lehettek vele. Az impozáns kötet ötletét, kidolgozását és azt a bizonyára nem mindennapi erőfeszítést, ami a megvalósítás anyagi feltételeit biztosította, mind *Nagy Márton* tanár úrnak köszönhetjük. A nagy élményért, melyet Muki bácsiról bennünk, a „tanítványokban” felidézett, hálás szívvel köszönjük. (A kötet megrendelhető a Vermes Miklós Alapítványnál, Sopron, Mátyás Király u. 24.)

Abonyi Iván