

# Erőfeszítések a földrengések előrejelzésére

## Bevezetés

Eredetileg egy valamivel részletesebb — az alapfogalmakat ismertető — bevezetés után szerettem volna ezt a munkát egy szélesebb olvasótáborral megismertetni (Magyar Nemzet), de túlságosan nehéznek találták a témát a szerkesztők.

Nem titkolt céloom volt a földrengések előrejelzésével kapcsolatos tévhitek eloszlatása. A minden alapot nélkülöző előrejelzések sajnos néha igen széles körben elterjednek, és a földrengés ügyekben tájékozatlan lakosság körében riadalmat kelthetnek.

Bizonyára sokan emlékeznek még a néhány évvel ezelőtti szóbeszédre, amely szerint a tudósok nagy földrengést prognosztizáltak Budapest környezetére. Ennek a rengésnek következtében a Gellért-hegy bele fog csúszni a Dunába. De hivatkozhatnék a legutóbbi várpalotai rengésre is, amikor felelőtlen elemek további nagy rengést jósoltak a városban, megadván a rengés keletkezésének időpontját(!) is (hajnali 4 óra). A földrengés ügyekben járatlan lakosság elhitte, és az éjszakát a szabadban töltötte.

Kollégáim javaslatára végül úgy döntöttem, hogy talán nem lesz érdektelen legalább a magyar geofizikus társadalmat megismertetni a földrengés előrejelzés néhány eredményével és nehézségével.

A következőkben látni fogjuk, hogy a sikeresnek tekinthető előrejelzések ellenére a végső megoldástól: a rengés keletkezési idejének, helyének és nagyságának megfelelő pontosságú prognózisától még

nagyon távol vagyunk.

A jelen munkában nem tekintem át az összes alkalmazott módszert, csupán igyekszem felvillantani néhány fontos és döntő mozzanatot, amelyek segítettek az előrejelzésben. Akik részletesebben kívánnak foglalkozni ezzel a témával, azoknak figyelmébe ajánlom a Tsuneji RIKITAKE szerkesztésében megjelent *Current Research in Earthquake Prediction* című munkát.

A következőkben a kínai, amerikai eredményeket és a hazai lehetőségeket kívánom röviden összefoglalni.

## Kínai tapasztalatok és eredmények

Elsősorban a kínai sikeres földrengés előrejelzések (I. táblázat) hatására szeizmológus körökben optimista hangulat lett úrrá a hetvenes évek elején. Úgy tűnt, hogy csupán néhány év, és a nagy rengések keletkezési idejének, helyének és méretének elfogadhatóan pontos ismerete rendelkezésre fog állni az aktív területeken.

A kezdeti optimizmust lehűtötte a tangsani rengés, amely több száz ezer áldozatot követelt, és mint az I. táblázatból látható, ennek a rengésnek közvetlen előrejelzése nem volt. Igaz ugyan, hogy a területen intenzív kutatások folytak, de kellő időben a lakosságot nem sikerült riasztani.

Szomorú tény, hogy ennek a rengésnek az áldozata lett az a szeizmológusokból, geofizikusokból

A LEGUTÓBBI NAGY KÍNAI FÖLDRENGÉSEK							
helység neve	tartomány	keletkezés időpontja	mérete M	előjelzés			
				hosszú	közép	rövid	közvetlen
Haicseng	Lisoning	1975. febr. 4.	7,3	x	x	x	x
Lungling	Jünnan	1976. máj. 29.	7,5 7,6	x	x	x	x
Tangsán	Hopej	1976. júl. 28.	7,8	x	x	x	o
Sungpan-Pingwu	Szecsuan	1976. aug. 16–22.	7,2 6,7 7,2	x	x	x	x
Yen yuan	Jünnan-Szecsuan határán	1976. nov. 1. 1976. dec.13.	6,9 6,8	x	x	x	x

1. táblázat

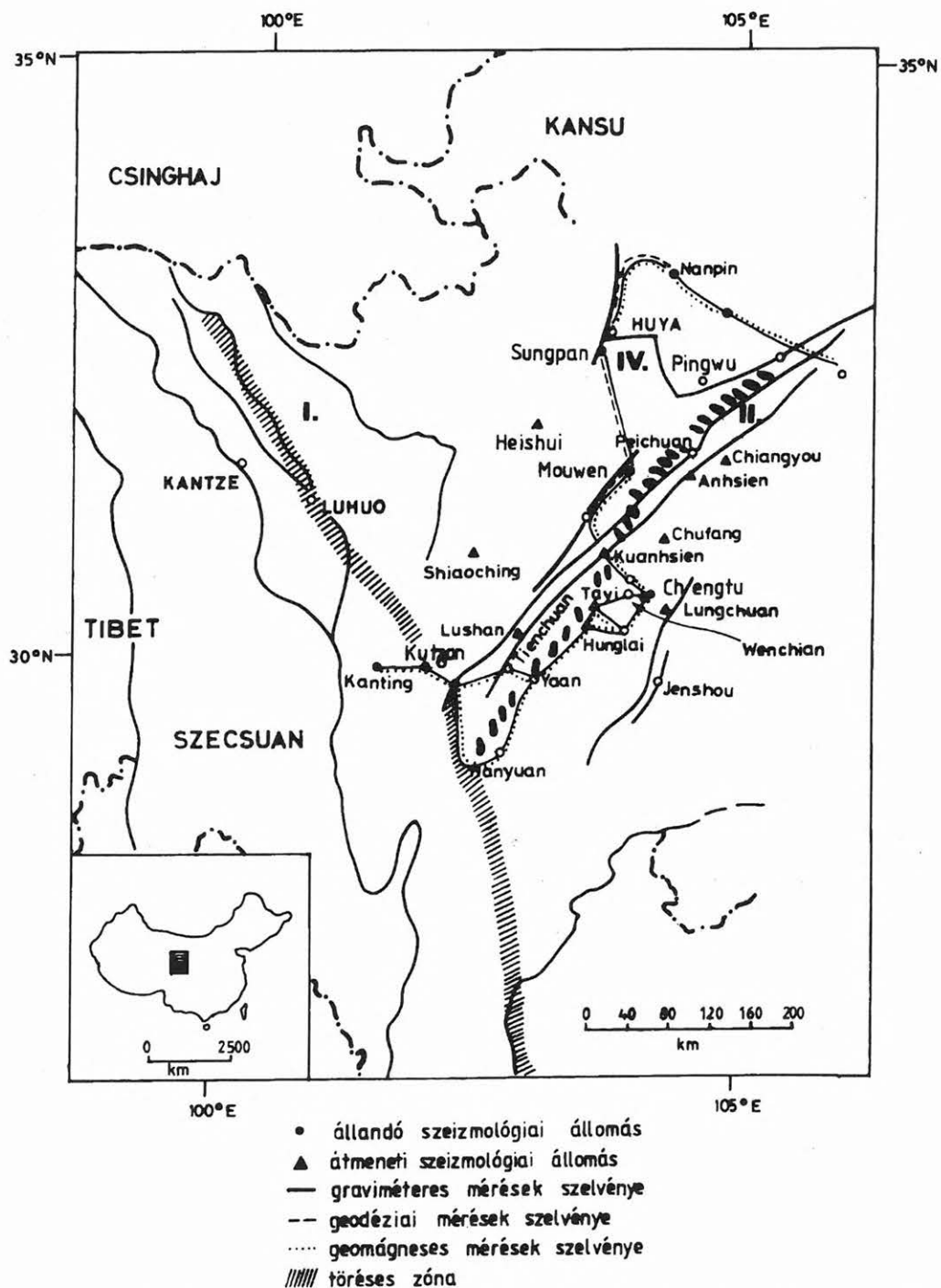
és geológusokból álló héttagú kutatócsoport is, amely a közeledő rengés előjeleit kutatva tartózkodott a majdani epicentrális területen. A rengés kiptartását megelőző napon a terepi megfigyelésekből visszatérve szállásukra, mind meghaltak szállodájuk romjai alatt.

A tangsani rengéssel egy időben Szecsuan tartományban is folytak vizsgálatok a földrengések előrejelzésére. A kínaiak ezeket az előrejelzéseket eredményesnek tekintették.

WALLACE R. R. és Ta Liang TENG kutatók a helyszínen járva megpróbálták kideríteni az alkalmazott módszereket, és az empirikus összefüggéseket, amelyek az előrejelzést lehetővé tették.

A jelen dolgozatban rövidített formában igyekszem végigkövetni azokat az alapvető méréseket, megfigyeléseket, amelyekről az amerikai kutatók írtak.

Szecsuan vizsgált területe (I. ábra) nagyon aktív volt a kutatót rengéseket megelőző időszakban is.



I. ábra. Kína Ny-Szechuan tartománya „Y” alakú töréses zóna. Sungpan—Pingwu epicentrális terület

46 esetben figyeltek meg  $M \geq 5$ -ös méretű földrengést a 636-tól 1975-ig terjedő időszakban. A földrengések töréses zónákhoz kapcsolódnak. Két különösen aktív periódust állapítottak meg az 1597–1760 és 1920–1926 közötti időszakokban.

A műszeres megfigyelések szerint a rengések fészkmélysége a vizsgált területen 10–25 km volt, csak néhány esetben számítottak 25–40 km közötti értéket.

A rengések tér- és időbeli eloszlása bizonyos sajátosságot mutatott. Megfigyelték, hogy valahányszor a II-vel jelölt zónában rengés keletkezett, hamarosan válasz-rengés pattant ki Sungpan környezetében (IV. zóna) és fordítva.

Miután Tayiban 1970. február 24-én egy  $M=6,25$ -ös rengés keletkezett, várható volt egy rengés kihatása a III-as zónában is.

Sungpan és Mouwen környezetében nagyszabású vizsgálatokat indítottak (gravitációs, mágneses mérések, új szeizmológiai állomásokat létesítettek, ismételt geodéziai és radon méréseket hajtottak végre).

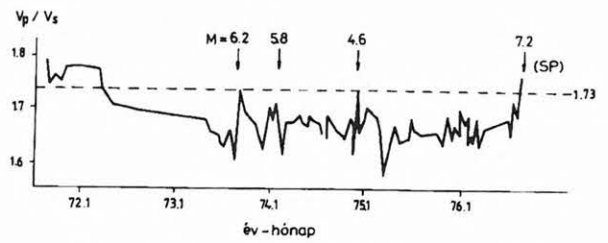
A mérések elemzése után 1975 novemberében a Szecsuani Szeizmológiai Hivatal (SZSZH) „földrengés tendencia” konferenciát tartott, amelynek végkövetkeztetése szerint egy  $M \geq 6$ -os méretű rengésre lehet számítani Sungpan—Mouwen térségében a következő 6 hónapban.

Véleményüket a következő megfigyelésekre alapozták:

1. Szeizmicitás. A II. zónában 1920 és 1968 között három aktívabb időszak volt, ezek mindegyikében egy-egy  $M \geq 7$ -es méretű rengés előfordult. Ezeket az aktív időszakokat 3–8 évvel megelőzte az I-es zónában egy fokozott szeizmicitás, szintén  $M \geq 7$ -es rengéssel. A két törésvonal egy „Y” két ágát képezi és kapcsolatukhoz nem fér kétség.

1973. február 6-án egy  $M=7,9$ -es méretű rengés keletkezett Luhuo-ban (I. zóna). Ezen nagyrengés után a II. zóna aktivitása megnövekedett, de Sungpan—Pingwu környezete (III. öv) nyugalomban maradt.

2.  $v_p/v_s$  anomáliákat ( $v_p$  a longitudinális,  $v_s$  a transzverzális hullámok sebessége) figyeltek meg (2. ábra). Az anomális időtartamból egy  $M=6,5$ -ös méretű rengésre következtettek. Zárójelben jegyezték meg a hivatkozott amerikai kutatók, hogy nem volt elég hosszú a megfigyelési idő, és a Sungpan—Pingwui rengések után nem folytatták tovább a méréseket. Az sem derült ki, hogy hol mérték a sebességeket.

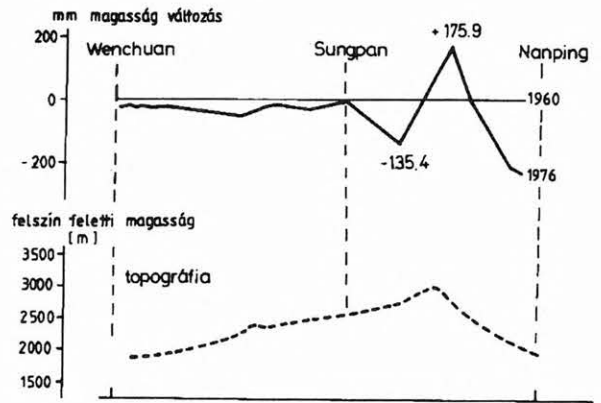


2. ábra. Longitudinális és transzverzális hullámok sebesség-arányának változása az epicentrális területen 1972-től 1976-ig

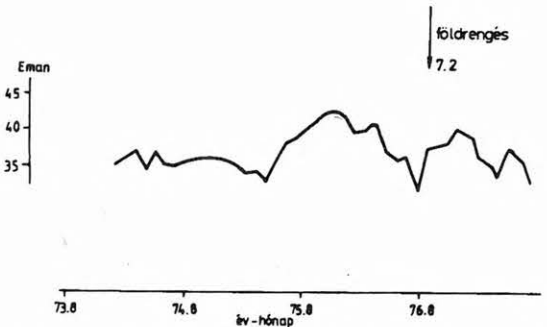
3. Ismételt geodéziai mérések 1961 és 1976 között Sungpan és Nanping között 20 mm/év változást állapítottak meg (3. ábra).

4. Radon koncentrációt 20–30 helyen mértek. A talajvíz radon koncentrációja a sungpani állomáson 1975 márciusában kezdett növekedni és 1975 végére 29%-kal meghaladta az átlagos szintet (4. ábra).

A kínai szakértők nagy különbséget állapítottak meg a radonmérő állomások között. Célszerűnek látták, ha néhány „kulcs”-állomásra hagyatkoznak. A különböző típusú anomáliáknak



3. ábra. Magasságváltozás Sungpan és Nanping között. A mérések 1960-ban és 1976-ban történtek



4. ábra. A sungpani radonmérő állomáson megfigyelt értékek

különböző értékelést adtak. A Sungpanban megfigyelt kút adatait közép-, a kutzanit rövid távú előrejelzésre használták.

5. Sungpan, Pingwu és Nanping területén, annak ellenére, hogy a lehullott csapadék átlagos volt, a talajvízszint csökkent. Néhány helyen a kutak kiszáradtak, a bambusz ültetvények károsodtak, a panda medvék élettere beszűkült.

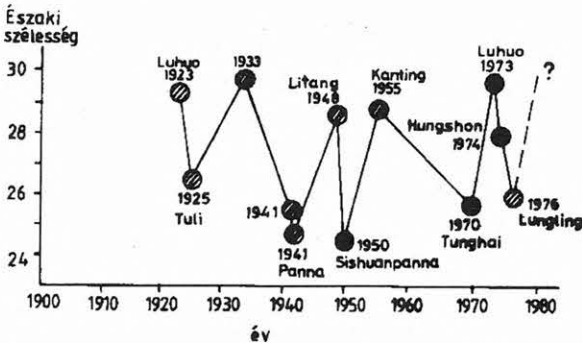
1976 márciusától bizonyos „makroszkopikus anomáliákat” figyeltek meg: A források vizének íze, szaga, színe megváltozott, némely helyen földgáz tört elő a közethasadékokból, begyulladt, nehéz volt eloltani. Egy kútban gázkitörést figyeltek meg, mintát vettek és elemezték. Az eredmény 25,1% CO<sub>2</sub>, 72% N<sub>2</sub>, 1,8% O<sub>2</sub> volt.

Állatok szokatlan viselkedését is megfigyelték április és május folyamán.

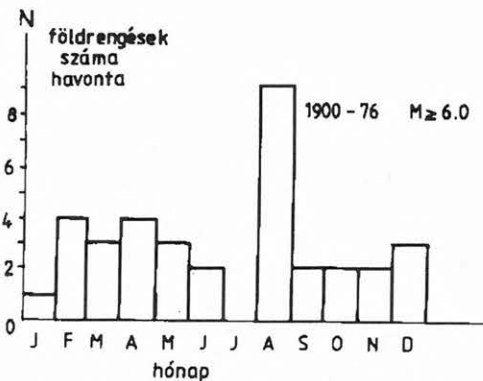
Időközben Lunglingben, Jünnan tartomány nyugati részében egy M=7,6-os földrengés keletkezett (1976. május 29.).

A kínai kutatók megállapították, hogy a nagyrengek váltakozva fordulnak elő az ország északi és déli részén (5. ábra). Feltételezhetjük, hogy a nagyszerkezeti egységek között kapcsolat lehet.

Nem találtak azonban magyarázatot arra, hogy miért keletkezett a nagyrengek többsége augusztusban (6. ábra).



5. ábra. A földrengések váltakozva fordulnak elő északon és délen



6. ábra. Nagyrengek havi gyakorisága

A SZSZH egy újabb földrengés tendencia konferenciát hívott egybe 1976. június 4-én. A konferencia eredményeképpen jelentést nyújtottak be a hatóságoknak, amely szerint a II-es zónában Peichuantól Kantingig, nagy valószínűséggel egy M=6-os méretű rengés várható a következő 1-2 hónapban.

1976 júniusában egy „nemzeti konferenciát” hívtak egybe, amelyen az a vélemény vált uralkodó, hogy II-es zóna déli részén (több száz kilométerre a majdani epicentrumtól) várható egy M=6-os méretű rengés. A jelentésben további vizsgálatokat szorgalmaztak Mienjang, Yaan, Wenchiang és Kantze térségében.

A szeizmológiai állomások számát megnövelték és a gravitációs, mágneses, tellurikus mezőt gyakrabban, több helyen mérték. A megfigyelésben részt vevő személyek száma 280-ról (1975) 4800-ra növekedett.

1976. július 16-án és 24-én két újabb jelentést adtak ki, amelyekben megerősítették a földrengés bekövetkezését.

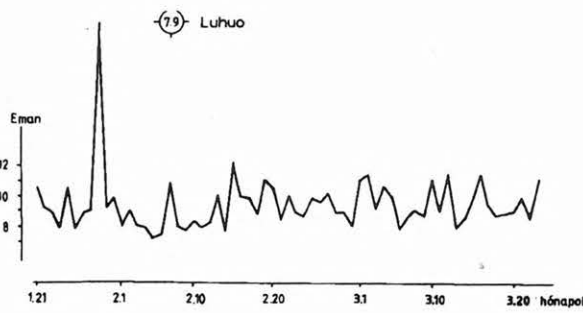
Miközben hatalmas erőfeszítéseket tettek a szeiszmikus előrejelzésére, a vizsgált területről keletre a tangsani katasztrófa közeledett (1976. július 28-án éjjel Tangsan romba dőlt, hivatalos kínai adatok szerint 240 000 ember meghalt, a sebesültek száma egymillió körülire becsülhető).

Augusztus 2-án és 7-én, főleg a makroszeizmikus megfigyelések elemzése, az SZSZH-t további két jelentés kiadására készítette, amelyekben augusztus 13-án, 17-én és 23-án egy M=7-es méretű földrengést prognosztizáltak, Mouwen—Peichuan vagy Kanting—Luting térségében. Ezt a következtetést tellurikus, geomágneses adatok, talajvízszint-változás és az állatok különleges viselkedése alapján vonták le. Az adatok értékelésére empirikus formulát használtak, de részleteket nem sikerült megtudni az idézett amerikai kutatóknak. Legvalószínűbb, hogy az „Y” alakú töréses zóna két ágának találkozási pontján lévő, Kutzan város meleg vizű forrásának radon koncentráció növekedése játszott döntő szerepet. Megfigyelték, hogy a kút vizének ugrásszerű radontartalom növekedése után 6—11 nappal az I. vagy a II. töréses zónában nagy rengés keletkezett (7/a., 7/b. ábrák).

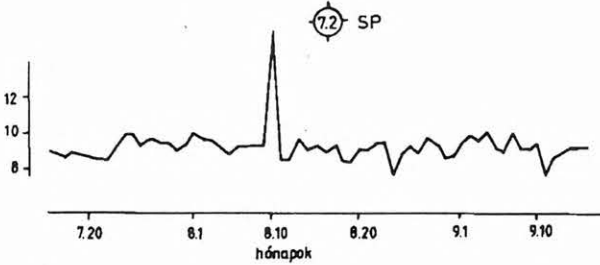
A kutzani mérőállomáson megfigyelt ugrásszerű radon koncentráció után augusztus 17-én szükségállapotot rendeltek el. A II-es zóna 200—300 km-es hosszán evakuálták a lakosságot, főleg öregeket és gyerekeket.

Augusztus 16-án 22 óra 6 perckor M=7,2-es méretű rengés keletkezett a Huya (III.) törésvonal



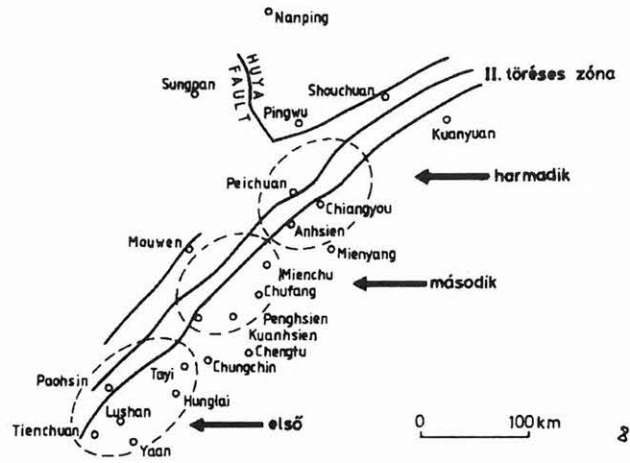


7a. ábra. Radon koncentráció változása a kuzhanyi állomáson a luho-i földrengés (M=7,9) előtt

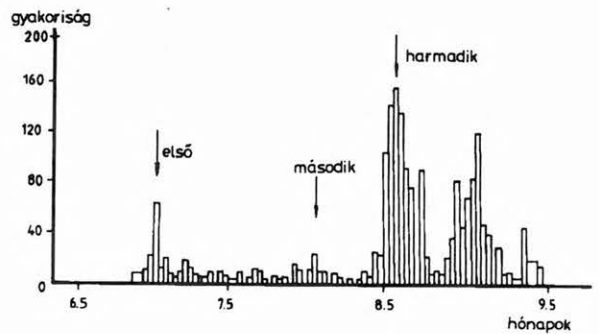


7b. ábra. Radon koncentráció változása a kuzhanyi állomáson a sungpan-pingwai (M=7,2) földrengés előtt

Július végére a nagyobb állatok viselkedése vált szokatlanná a fészkekhez közelebbi területen (8., 9. ábrák).



8. ábra. Makroszkopikus anomáliák migrációja. Elsősorban az állatok szokatlan viselkedését vették figyelembe



9. ábra. Makroszkopikus anomáliák változása

környezetében, meglehetősen távol a prognosztizált epicentrális térségtől.

Meglepő, hogy az augusztus 22-én és 23-án keletkezett rengéseket az SZSZH 12 órával előbb jelezte, tellurikus áramok, az állatok szokatlan viselkedése és a szeizmikus csend alapján (nem voltak utórengek).

Az amerikai kutatók megemlítették, hogy a három előrejelzett időpont jól megfelelt a három rengés keletkezési időpontjának. Bizonytalanok maradtak azonban annak a kérdésnek az eldöntésében, hogy a három időpont egy rengés három lehetséges idejét jelentette, vagy három különböző rengés kipattanási idejét.

A fentiekben csak utaltunk a rengéseket megelőző, nem műszeres megfigyelések fontosságára. Talán nem érdektelen ezeket jelenségeket egy kicsit részletesebben ismerni.

A földrengéseket megelőző néhány hét folyamán 1297 esetben jelentettek anomáliákat, amelyek részben az állatok szokatlan viselkedésében (fényképeket közöltek, amelyeken villanyoszlopon és villanydróton kapaszkodó patkányok, háztetőn lévő nyulak láthatók, sertések igyekeztek óljaikból kitörni) nyilvánult meg.

Bizonyos törvényszerűségeket figyeltek meg az állatok viselkedésében. 1976 júliusát megelőzően főleg kisebb állatok váltak nyugtalaná, a rengés keletkezési helyétől több száz kilométerre D-re!

A Sanghaji Biofizikai Intézetben kutatják az állatok különös viselkedésének okait. Megfigyeléseik szerint az állatok nyugtalaná válásának ideje fajspecifikus (2. táblázat).

A rengést megelőző néhány hét folyamán oszlop és labda alakú földrengés-fényeket is megfigyeltek.

Az epicentrumtól 75 km-re július 21-én három hivatásos szeizmológus társaságában levő tv-stáb egy 1 méter átmérőjű tűzgömböt látott, amely tőlük 100 m-re a földfelszíntől kb. 10–15 m magasra felszökött, miközben egy pingponglabda méretre zsugorodott, majd egy ívelt pálya mentén a föld felszínét elérve eltűnt.

A földrengéseket megelőzően 1000 esetben figyeltek meg tűzgömböt, egyetlen éjszakán ötvenet. Napközben kis füstlabdákat jelentettek. A tűzgömbök főleg folyómedrek és törészónák kereszteződésénél

állat	földrengést megelőző idő
kutya	félóra—napok
csirke	1—3 nap
patkány	1—5 naptól két hétig
hal	néhány órától 10 napig
sertés	néhány órától egy napig
fácán	1—2 nap
kígyó	2—3 nap (kb. 10 nap, ha téli álomból ébred)
csikó, tehén, ló, birka	néhány órától egy napig
tigris	néhány óra
medve	néhány óra
papagáj, kanári, hattyú	15 perctől néhány óra

2. táblázat

keletkeztek. Gyakran kén- és fokhagymaszagot éreztek.

A tűzgömbök valószínűleg az ezen a területen lévő földgáz égéséből származtak. Földrengések előtt gázkítöréseket is tapasztaltak.

A kínaiak évszázadok óta megfigyeltek „földrengés hangokat”, amelyeket a helyi lakosság a „hegyek hangjának” nevezett. A rengés előtt néhány hónappal mély dübörgésekkel, majd a rengés keletkezésének időpontjához közeledve magasabb hangokat hallottak.

A földrengéshangok és az előrengések között gyakran nincs kapcsolat. Helyesebben szólva a szeizmogramokon nem láttak rengéseket, amikor a hangokat hallották.

Növények szokatlan növekedése, fonnyadása valószínűleg a talajvíz változásával hozható kapcsolatba. Érdekes, hogy a gyümölcsfák (alma, körte) 1976 tavaszán virágoztak, termést hoztak, majd júniusban és augusztusban újra virágba borultak.

A bambusznád nagyon érzékeny a talajvíz szintjének a változására, hamar fonnyad. A törés zónában volt a legszembetűnőbb a változás.

#### Összefoglalva:

A vizsgált területen, viszonylag hosszú idejű megfigyelési sorozat állt rendelkezésre. Az előrejelzett rengések mind nagyok voltak. A feszültség felhalmozódás során jelentős változások keletkeztek a majdani epicentrális területnél lényegesen nagyobb környezetben. Valószínűleg ez az egyik oka annak, hogy az epicentrális terület meghatározásában elég jelentős volt a hiba.

A földrengések keletkezését megelőzően sok a ma még meg nem magyarázott jelenség. Az empirikus összefüggések megbízhatóságáról keveset tudunk. Ugyancsak nem tisztázott az állatok szokatlan viselkedésének az oka.

Úgy tűnik, a közvetlen riasztás a legnagyobb gond és mindaddig az is marad, amíg a fészekben folyó feszültség felhalmozódás folyamatát nem tudjuk megbízhatóan ellenőrizni.

### Földrengés előrejelzés a Szent András-törésvonal mentén

Talán nem kell indokolnunk, hogy miért foglalkozunk ennek a területnek a vizsgálatával.

Ez a törésvonal a Pacifikus lemezt választja el az Észak-atlanti lemeztől. E két lemez találkozásánál földrengésfészkek sűrűsödése figyelhető meg, vulkánok kíséretében.

A Szent András-törés környezetében várható földrengések méretének és keletkezési helyének becslését elsősorban az tette lehetővé, hogy ez a térség, földrengés előrejelzés szempontjából, a világ legjobban kutatott területe. Több száz szeizmográfal figyelik, és regisztrálják nemcsak a nagyobb, hanem az egészen kicsi, ún. mikrorengéseket is. Meghatározzák a rengések keletkezési idejét, helyét, méretét, térbeli eloszlását és egyéb paramétereit. Folyamatosan elemzik az eredményeket. A törés zóna aktivitásában bekövetkezett bármilyen változást azonnal jeleznek. Folyamatosan nyomon követik a terület geofizikai tereiben bekövetkezett változásokat, mérik a törésvonal két oldalának relatív mozgását.

Kimutatták, hogy a törésvonal egyes szakaszainak vízszintes mozgása eltérő. Egyik részen kúszás, lassú elcsúszás történik, másik részén centiméteres ugrások közben oldódik ki a feszültség. Néhány helyen azonban az elcsúszás gyors és több méteres lehet. Ilyen elmozdulások okozták az 1857-es és az 1906-os földrengéseket.

A különböző jellegű elmozdulások, elcsúszások, szeizmikus kúszások, földrengésekkel járó elmozdulások és rugalmatlan deformációk elemzéséből E. WALLACE meghatározta a törésvonal földrengés potenciálját. Az elmúlt 20 millió éves időtartam figyelembevételével kiszámította, hogy 50—200 évente nagy erejű földrengés várható a törés zónában. Ez a prognózis még túl sokat nem mond, egyedül az épületek méretezésénél lehet és kell felhasználni.

A fenti becslések megbízhatósága ellenőrizhető, ha a nagyon rövid megfigyelési időtartamot valamilyen módon meghosszabbítjuk. Különösen fontos ez Kaliforniában, ahol — Kínával ellentétben — az ismert okok miatt meglehetősen rövid múltra tekint a földrengések megfigyelése.

Abból indultak ki, hogy a már megfigyelt nagy rengések jól megfigyelhető nyomokat hagynak a felszínen és a felszínközeli rétegekben. A múltban keletkezett, ún. nagy paleorengések méretének, gyakoriságának vizsgálatára tehát van mód.

A legátfogóbb paleorengés kutatást Los Angeles-től 55 km-re északra Pallet pataknál K. E. SIEH hajtotta végre. Az egymást követő elcsúszások a törésvonal mentén többször megszakították a patakmederben lerakódott rétegeket, ugyanakkor elzárták a víz folyásának az útját. A széttöredezett rétegekre újabbak települtek és kialakult egy bonyolult földtani szerkezet. SIEH feltárta a területet és szénizotópos módszerrel meghatározta az egyes rétegek korát. Elemzése alapján megállapította, hogy az elmúlt 1400 év alatt legalább 9 nagy földrengés volt a vizsgált területen.

További vizsgálatok szerint a Szent András-törésvonal Mojave szakaszán 50—300 év telik el két nagy rengés között. Ezen a területen legutóbb 1857-ben figyeltek meg nagy erejű földrengést.

A tapasztalatok azt mutatják, hogy még a Szent András törés zónában is a kutatók csak a nagyobb rengések gyakoriságára és várható keletkezési helyére tudnak becslést adni. A rengés keletkezésének időpontját, a kívánt pontossággal, még nem lehet prognosztizálni.

### **A magyarországi földrengések előrejelzésének nehézségei**

Olyan méretű rengések, mint amelyeket Kínában előre jeleztek, hazánkban nem fordulnak elő. Ezt meglehetősen biztosan állíthatjuk, hiszen az ilyen nagyméretű rengéseknek nyoma marad a felszínen és a felszín alatti rétegekben. Ilyen paleorengésekre utaló nyomokat hazánkban nem találtunk.

Viszonylag hosszú megfigyelési időszakról (455-től) vannak ugyan feljegyzéseink, de csupán az elmúlt 300 év földrengéseinek történetét tekinthetjük megbízhatóbbnak.

A hazai földrengések keletkezése előtt szokatlan jelenségeket, néhány kivételtől eltekintve (az 1834-es érmelléki és az 1985-ös berhidai rengés), nem tapasztaltak.

Nem állnak rendelkezésre — néhány területtől eltekintve — olyan, a kisebb aktív zónák felderítésére vonatkozó mérési sorozatok (ismételt geodéziai és geofizikai mérések és folyamatos szeizmológiai megfigyelések), amelyekből tömeg árendezési folyamatokra és a várható nagyobb rengés méretére és keletkezési helyére lehetne következtetni.

Hiányoznak olyan megfigyelések és empirikus összefüggések, mint amelyek Kínában sikerre vezettek. Nincsenek olyan paleorengésekre utaló nyomok, mint amilyeneket Kaliforniában megfigyeltek.

Úgy tűnik tehát, hogy a hazai rengések előrejelzésével kapcsolatban alig lehet valamit mondani.

Bizonyos megfontolások alapján a rengések keletkezési helyét, az adott forrásból várható legnagyobb méretű rengést néhány esetben becsülhetjük.

Abból az ismert tényből kell kiindulnunk, hogy a földrengések keletkezését megelőzően egy feszültség felhalmozási folyamat játszódik le. Az ismételt geodéziai mérések [JOÓ I. 1984] szerint a hazánk túlnyomó részére kimutatott, 1 mm/év-nél kisebb vertikális mozgások, valamint a negyedkor folyamán tapasztalt süllyedések és emelkedések [RÓNAI A.] mértéke bizonyítja, hogy a feszültség felhalmozódás folyamata hazánkban lassú.

A kőzetblokkok bonyolult mozgását létrehozó, a kéregre ható regionális erők csak lassan változnak. A mozgások létrejöttét a kőzetek szilárdsága, a töréses felületek közötti súrlódások akadályozzák, feszültségek halmozódhatnak fel, amelyek földrengések formájában is kioldódhatnak.

A földrengések keletkezésének zónái tehát bizonyos szerkezetekhez kötődnek és ezért stabilitást kell, hogy mutassanak.

Geomorfológiai, neotektonikai vizsgálatokkal eldönthető, hogy a mozgások stabilitása milyen hosszú időszakra érvényes (néhány ezer, vagy 1—2 millió év). Nyilván egy hosszabb idejű időszak azonos földrengéstörténete, több, hazai viszonylatban nagyobbak számító rengés együttes hatása — ha nem is hagy látható nyomot a felszínközeli rétegekben — esetleg már megmutatkozhat az ősföldrajzi kép változásában. Ez azért is valószínű, mert a sík területeken viszonylag kis mozgások is megváltoztathatják a folyók, patakok mozgásának irányát, folyóteraszok, hordalékkúpok jellegét.

A nagyobb rengések közötti időszakok természetesen nem tekinthetők rengésmentesnek, a feszültség felhalmozódás folyamata — különösen bonyolult földtani felépítésű fészkek esetében — nem zavartalan. A szeizmikus csendet kisebb rengések időnként megszakítják.



A tapasztalatok azt mutatják, hogy a rengések méretének csökkenésével exponenciálisan növekedik a rengések száma. Nyilván annál több kis rengés keletkezik, minél nagyobb és bonyolultabb a rengéseket generáló földtani szerkezet. A nagyobb rengések kialakulása előtt a főrengésnél kisebb rengésekből álló sorozat jelzi a feszültség felhalmozás folyamatának tényét.

A fent vázoltakat századunkban keletkezett legnagyobb rengéseink (Kecskemét 1911, Eger 1925, Várpalota 1927, Dunaharaszti 1956, Berhida 1985) fészkekaktivitása alátámasztotta. A felsorolt rengések 30 km-es környezetében a főrengést megelőző 200 évben is kisebb-nagyobb rengéseket figyeltek meg. Valószínűleg a 18-ik és 19-ik századi rengéseknél is hasonló a helyzet, csak nincs elegendő megfigyelés a rengések keletkezése előtti időszakból. Elképzeléseinket alátámasztja, hogy a komáromi, a móri, az érmelléki, valamint a jászberényi források a főrengést követő utórengések lecsengése utáni időszakában is kisebb-nagyobb rengésekkel jelezték a fészkek környezetében történő feszültség felhalmozódás folyamatát.

A potenciálisan rengésveszélyes területek közé tehát nemcsak azokat a fészkeket kell sorolni, amelyek már nagyobb rengéseket generáltak, hanem azokat a zónákat is, amelyek több kisebb ( $I_0 \leq 5^\circ$  MSK) rengést gerjesztettek az elmúlt 300 év során.

A várható legnagyobb rengés méretére is adhatunk becslést. Abban az esetben, ha a statisztikai

értékelésre megfelelő — elegendően hosszú — megfigyelési időszak áll rendelkezésre, az  $M_{\max}$  számítható.  $M_{\max}$  becsülhető a gerjesztő törésfelület méreteiből, a törésvonal hosszából is, empirikus képletek segítségével.

Beszéltünk a különböző sebességgel mozgó blokkokról, amelyek mentén a feszültségek felhalmozódnak. Elvileg lehetőség lenne az aktív területeket kiterjeszteni a blokkhatárokra, ami azt jelenti, hogy ha két blokk között már megfigyeltünk rengéseket, akkor az egész peremzónában számítani kell rengésekre, függetlenül az addigi megfigyelések eredményeitől.

A földrengés fészkek területi elrendeződésében a táblarögök határa csak néhány esetben tükröződik. A földtani kutatások alapján bizonyított törésvonalak sem rajzolódna ki az epicentrális területek eloszlásában. Az esetek többségében, a csak néhány adat alapján megrajzolt izoszeizták alakjából a töréses zóna térbeli helyzetét biztonsággal megállapítani nem lehet.

Az aktív területeken végrehajtott geomorfológiai, geofizikai, földtani és geodéziai kutatások a potenciális fészkek felderítésében segíthetnek. A hazai rengések keletkezési helyének és méretének megállapításával kapcsolatos nehézségek ismertetése után nem meglepő, ha a rengések keletkezési idejének a prognosztizálását egyelőre nem tartjuk megvalósíthatónak.

*Szeidovitz Győző*

## *A geofizika alkalmazásának története a magyar vízkutatásban*

A vízkutatás (pontosabban: vízföldtani célú kutatás) során a geofizikai módszerek alkalmazása hazánkban viszonylag új keletű. Néhány évtizeddel ezelőtt a vízzel szemben támasztott mennyiségi és minőségi követelmények elég egyszerűen kielégíthetőek voltak, főleg morfológiai megfigyelések, geológiai és hidrogeológiai felvétel, valamint a korábbi tapasztalatok alapján. Ahogy azonban a társadalmi és technikai fejlődés során a vízigények egyre növekedtek, a víznyerési és vízfelhasználási helyek egyre kevésbé estek egybe, a felszíni vizek felhasználásához kapcsolódó víztisztítás pedig egyre

bonyolultabb és költségesebb feladattá vált és így a figyelem egyre inkább a felszín alatti (tisztább és védettebb) vízadók felé fordult, úgy növekedett fokozatosan a geofizikai módszerek szerepe. A magyarországi vízkutatás jellemző feladata általában nem az, hogy egyszerűen „vizet találjunk”. Az ország földtani felépítéséből következően a medence területeken egy taláalomra lemélyített fúrás nagy valószínűséggel találna vizet; hogy milyen minőségű vizet és mennyit, az persze már más kérdés. A fő cél (nem a geofizikai kutatás, hanem a vízkutatás, vízellátás fő célja) az, hogy a megfelelő minőségű és